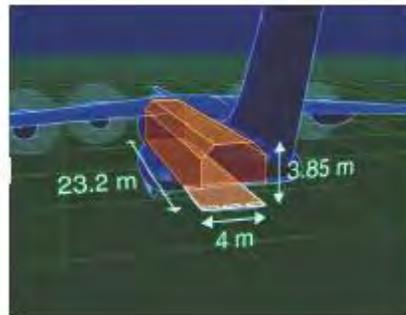
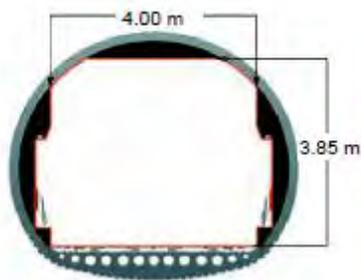




MÓDULO VII

PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO



JAVIE GEJO GARCÍA

ÍNDICE

| | |
|--|----------|
| TEMA I. Precauciones de seguridad - aeronaves y talleres | PÁG. 2. |
| TEMA II y III. Herramientas | PÁG. 14. |
| TEMA IV. Equipos de comprobación | PÁG. 48. |
| TEMA V Planos, diagramas y normas..... | PÁG. 71. |
| TEMA VI Ajustes..... | PÁG. 99. |
| TEMA VII Cables eléctricos y conectores | PÁG. 139 |
| TEMA VIII Remaches | PÁG. 157 |
| TEMA IX Tuberías y tubos flexibles | PÁG. 203 |
| TEMA X Resortes | PÁG. 219 |
| TEMA XI Cojinetes | PÁG. 232 |
| TEMA XII Transmisiones | PÁG. 240 |
| TEMA XIII Cables de mando | PÁG. 254 |
| TEMA XIV.I Chapas metálicas | PÁG. 280 |
| TEMA XIV.II Materiales compuestos y no metálicos | PÁG. 287 |
| TEMA XV Soldadura | PÁG. 298 |
| TEMA XVI Masa y centrado de aeronaves | PÁG. 351 |
| TEMA XVII Hangaraje y manejo..... | PÁG. 357 |
| TEMA XVIII Técnicas de desmontaje | PÁG. 396 |
| TEMA XIX Hechos anormales | PÁG. 410 |
| TEMA XX Procedimientos de mantenimiento | PÁG. 426 |

TEMA I

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD -
AERONAVES Y TALLERES

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD - AERONAVES Y TALLERES

Seguridad eléctrica

Seguridad fisiológica

Para protegernos contra los riesgos de la electricidad, deberá usarse, guantes de goma, gafas de seguridad, y otros equipos.

Seguridad contra el fuego

Debemos dejar el área donde hay aparatos eléctricos limpia de materiales inflamables que son innecesarios.

Nos aseguraremos de que no hay rizados o dobleces en los cables. Cuando algún hilo de cobre está roto, la corriente pasará por los restantes y por tanto éstos soportarán una intensidad mayor y por ello el calor será también mayor

Seguridad alrededor de gases comprimidos.

La figura 11-1, muestra una típica botella de nitrógeno.



Figure 11-1. A typical nitrogen bottle.

Deberemos de tener en cuenta cuando trabajemos con o alrededor de gases comprimidos:

- Inspecciona frecuentemente los tubos flexibles por roturas y rasgaduras.
- Asegúrate que no haya pérdidas de fluido
- El sistema ha de tener sumideros y ser drenado cada cierto tiempo
- El aire usado para usarlo como spray de pintura debería ser filtrado para quitar aceite y agua
- No uses aire comprimido para limpiar las manos o ropa. La presión puede forzar a los desechos a entrar en la piel dando lugar a infecciones
- No pulverices aire comprimido en el área donde están otras personas
- Los tubos flexibles deben ser estirados, enrollados y almacenados correctamente cuando no son usados

Muchos accidentes ocurren cuando se montan o se inflan las ruedas del avión. Usaremos jaulas de protección y reguladores de presión para evitar sobrepresiones.

Seguridad alrededor de materiales peligrosos

Nos fijaremos en las etiquetas de seguridad, que nos indicarán el tipo de riesgo existente y qué tipo de equipo de seguridad hemos de usar.



Figure 11-2. A risk diamond.

En el diamante de riesgo podemos apreciar, cuatro colores:

- Rojo, inflamabilidad,
- Amarillo, reactividad
- Azul, salud
- Blanco, riesgo especial

En el rojo y amarillo, también vendrá escrito un número de 0 a 4 (no riesgo o riesgo muy importante).

El color blanco, contiene una palabra o abreviación para significar el riesgo especial. Por ejemplo: RAD es radiación, Acid para materiales ácidos, CARC para materiales cancerígenos, W tachado con una línea significa alta reactividad al agua.

Seguridad alrededor de herramientas de máquina

En el taller nos exponemos a riesgos cuando usamos equipos como taladradoras, afiladores, ...

Precauciones para el uso de taladradoras:

- Llevar protección en los ojos
- Sujeciones adecuadas
- Configura las adecuadas rpm a la máquina
- Para la máquina cuando quieras ajustar el trabajo
- Limpia el área cuando termines

Precauciones para el uso del torno:

- Protección en los ojos
- Usa herramientas afiladas
- Deja que el portabrocas se pare por él solo, no uses la mano
- Examina que las herramientas no tengas grietas antes de comenzar el trabajo
- No conectes herramientas en el torno, porque podrían ser expulsadas durante el funcionamiento.
- Antes de medir el trabajo, espera a que pare el torno.

Precauciones en el uso de la fresadora;

- Protección en los ojos
- Limpiar el área
- Seleccionar herramientas apropiadas
- No cambies la velocidad de la fresa durante su funcionamiento

Precauciones en el uso del afilador

- Protección en los ojos
- Inspeccionar la rueda del afilador
- No fuerces la rueda del afilador cuando la instales, porque podría salir despedida en el funcionamiento

Precauciones cuando se suelda

- No debe haber tanques de combustible cerca
- No debe haber procesos de pintado
- El avión no debe estar a una distancia menor de 35 pies
- El área debe estar acordonada
- Deben de haber extintores cerca
- El avión que está siendo soldado debe estar en posición de remolque con los frenos liberados y si está en el hangar, las puertas del hangar han de estar abiertas.

Seguridad en línea de vuelo

En línea de vuelo el ruido viene desde muchos sitios: APU (auxiliar power unit), camiones de combustible, camiones del equipaje. Todos ellos pueden producir pérdidas de audición.

Podemos usar protección auditiva externa, cascos o interna, dentro del canal auditivo.

Protección contra el fuego

Requerimientos para que ocurra el fuego

Tres cosas son necesarias: Combustible, calor y oxígeno

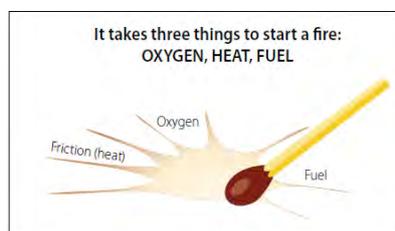


Figure 11-3. Three elements of fire.

Clasificación de fuegos

Hay tres clases, A, B y C.

1. Clase A: El fuego es debido a materiales combustibles ordinarios, como papel, ropa, madera, ...

2. Clases B: El fuego es debido a productos derivados del petróleo u otros líquidos combustibles, grasas, disolventes, pinturas,...
3. Clase C: El fuego es debido a motivos eléctricos
4. Clase D: El fuego es debido a metales inflamables.

Tipos de extintores

Los extintores de agua son el mejor tipo para usar en fuegos de clase A. El agua tiene dos efectos en el fuego: Quita el oxígeno del fuego y enfría el material que está siendo quemado.

Sin embargo, no se recomiendan para fuegos de la clase B, porque los derivados del petróleo flotan en el agua. En fuegos de clase C, tampoco se deben usar porque la corriente eléctrica en presencia de agua agrava sus consecuencias.

En fuegos de clase D, tampoco se usará agua porque el metal ardiendo en presencia del agua fría puede explotar.

Los extintores de agua se pueden operar de varias maneras. Algunos son bombeados a mano y otros son presurizados. Los de presión pueden tener un contenedor de gas en el de agua.

Los extintores de dióxido de carbono (CO₂), se usan para incendios clase A, B, y C, extinguiendo el fuego al privarlo de oxígeno (fig. 11-4) y enfriar el material.

No uses los extintores de CO₂ para fuegos de clase D, porque el metal puede explotar.



Figure 11-4. Carbon dioxide fire extinguisher.

Cuando usamos los extintores de CO₂, sus partes pueden llegar a estar extremadamente frías, por ello debemos llevar ropa que nos proteja.

También hemos de tener cuidado en sitios cerrados, por la desaparición del oxígeno en el lugar.

El CO₂, del extintor es contenido por una anilla aislante, pero al ser quitada puede ser liberado.

Extintores de hidrocarbon halogenado (Freón) son efectivos en fuegos de clase B y C. También pueden ser usados para los de clase A y D pero son menos eficientes.

Carbon tetrachloride (Halon 104), CCl₄, es extremadamente tóxico.

| Extinguishing Materials | Classes of fire | | | | Self-Generating | Self-Expelling | Cartridge of N ₂ Cylinder | Stored Pressure | Pump | Hand |
|--|-----------------|----|---|---|-----------------|----------------|--------------------------------------|-----------------|------|------|
| | A | B | B | D | | | | | | |
| Water and antifreeze | X | | | | | | X | X | X | X |
| Soda-acid (water) | X | | | | X | | | | | |
| Wetting agent | X | | | | | | X | | | |
| Foam | X | X | | | X | | | | | |
| Loaded stream | X | X+ | | | | | X | X | | |
| Multipurpose dry chemical | X+ | X | X | | | | X | X | | |
| Carbon dioxide | | X+ | X | | | X | | | | |
| Dry chemical | | X | X | | | | X | X | | |
| Bromotrifluoromethane —Halon 1301 | | X | X | | | X | | | | |
| Bromochlorodifluoromethane —Halon 1211 | | X | X | | | | | X | | |
| Dry powder (metal fires) | | | | X | | | X | | | X |

+ Smaller sizes of these extinguishers are not recognized for use on these classes of fires.

Figure 11-5. Extinguisher operation and methods of expelling.

| Group | Definition | Examples |
|-----------------|---|---|
| 6 (Least toxic) | Gases or vapors which in concentrations up to 20% by volume for durations of exposure of up to approximately 2 hours do not appear to produce injury. | Bromotrifluoromethane (Halon 1301) |
| 5a | Gases or vapors much less toxic than Group 4 but more toxic than Group 6. | Carbon dioxide |
| 4 | Gases or vapors which in concentrations of the order of 2 to 2½% for durations of exposure of up to approximately 2 hours are lethal or produce serious injury. | Dibromodifluoromethane (Halon 1202) |
| 3 | Gases or vapors which in concentrations of the order of 2 to 2½% for durations of exposure of the order of 1 hour are lethal or produce serious injury. | Bromochloromethane (Halon 1011) Carbon tetrachloride (Halon 104) |
| 2 | Gases or vapors which in concentrations of approximately ½ to 1% for durations of exposure of up to approximately ½ hour are lethal or produce serious injury. | Methyl bromide (Halon 1001) |

Figure 11-6. Toxicity table.

Inspección de extintores

Debemos de chequear lo siguiente:

- Emplazamiento adecuado para el extintor
- Sellantes de seguridad no rotos
- La suciedad exterior ha de ser quitada
- Indicadores en rango operable
- Peso correcto
- No obstrucción en la boquilla
- No daño obvio

Identificación de extintores

Las marcas de la figura 11-7, deben ser puestos en los alrededores de los extintores. Asegurarse de que un extintor de clase A está en la zona de fuegos de clase A, también para B, C y D.

Estas marcas del tipo de extintor se pueden poner en la carcasa o en las paredes (fig 11-8)



3. Multipurpose Dry Chemical



Figure 11-7. Typical extinguisher markings.



Figure 11-8. Identification of fire extinguisher type location.

Usando los extintores

Cuando se usen los extintores, quita el pin que te permite mover la maneta para activar el agente. Ponte 8 pies y apunta la base del fuego o llamas. Aprieta la palanca y barre de lado a lado el sitio hasta extinguir el fuego.

Prevención de Incendios

- Está totalmente **prohibido fumar** en las áreas de fabricación. Solo está autorizado en áreas definidas y acotadas.
- Utiliza los recipientes autorizados para contener productos inflamables.
- Utiliza los recipientes autorizados de recogida de desechos.
- No sobrecargues las líneas eléctricas. Cualquier anomalía en los enchufes, clavijas... equipos eléctricos, debe ser comunicada al responsable de área para su reparación. Presta especial atención a los calentadores portátiles en zonas de café.
- Mantén libres y limpias las rejillas de ventilación de los equipos eléctricos y de los equipos informáticos.
- Mantén libres y despejados los accesos a Extintores, Bocas de Incendio Equipadas (BIEs), pulsadores de alarma y salidas de emergencia.
- En tu zona debes conocer la ubicación exacta de los medios de extinción.



8. Exposición y contacto con productos químicos (Mek, Alodine, Sellante, Pinturas)

- Utiliza correctamente los productos químicos

(Ver FICHAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS))

- Se cuidadoso evita todo contacto con estos productos, incluso con la ropa de trabajo
- Observa lo especificado en las normas generales del manejo de productos.
- Utiliza los equipos de protección individual anotados en las fichas de seguridad.
- Utiliza la mascarilla siempre que realices trabajos prolongados (>5 min.) de limpieza con MEC
- En caso de duda consulta con tu Jefe de Equipo
- Periódicamente se inspeccionará el correcto y seguro manejo de los productos



9. Riesgo de contacto eléctrico accidentalmente con cables deshilachados, enchufes en mal estado.

- Revisa antes de su uso el buen estado de los equipos eléctricos.
- Comunica las anomalías que detectes, no realices tu mismo las reparaciones, no improvises.
- Observa lo especificado en la norma de uso de equipos eléctricos.

Periódicamente se revisarán los equipos e instalación eléctrica

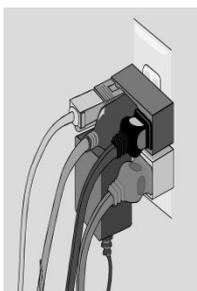


Formación Requerida

- Cursillo básico de seguridad a todos los trabajadores.
- Curso para trabajadores autorizados en el manejo de equipos de elevación y transporte.
- Curso de incendio para trabajadores de equipos de 1ª intervención.
- Curso de primeros auxilios para trabajadores de equipos de emergencia

Equipos Eléctricos

- Antes de utilizar un aparato o instalación eléctrica, asegúrate de su perfecto estado. No utilices cables dañados, clavijas de enchufes resquebrajados...
- Examina regularmente los cables de alimentación y que la instalación sea supervisada por el servicio de mantenimiento.
- Utiliza los órganos de mando previstos del aparato eléctrico. No alteres ni modifiques los dispositivos de seguridad. No desconectes nunca tirando del cable de alimentación.
- No utilices aparatos eléctricos cuando accidentalmente se encuentren mojados o húmedos.
- Desconecta inmediatamente en caso de fallos o anomalías.
- La herramienta dispone de orificios de ventilación, no los tapes, mantenlos limpios.
- En caso de avería, anomalía (calentamiento excesivo, hormiguelo, chispas, humos...) Da parte de dicha anomalía.
- Evita toda reparación provisional (cinta aislante..) que al final resultarán definitivas. Es mejor reemplazarla.
- No abras nunca las protecciones o cubiertas de las instalaciones o equipos eléctricos. Respeta las señalizaciones.



MASCARILLA FFA1-A2 (VAPORES ORGÁNICOS)

¿PARA QUE SIRVEN?

- Para proteger las vías respiratorias contra vapores orgánicos y partículas.

USO

- Monta el arnés introduciendo la tira perforada por la hebilla y presionando el cierre en la longitud deseada. Repite la operación con la segunda tira.
- Ajusta el respirador sobre la cara y coloca el arnés sobre la cabeza hasta lograr una posición cómoda.
- Ciérrate las tiras posteriores, sobre la parte posterior del cuello, con ambas manos.
- Tira alternativamente de los extremos de las bandas superiores e inferiores hasta conseguir un ajuste adecuado y cómodo



- *Para comprobar el ajuste coloca la mano sobre la válvula de exhalación y exhale. Si la pieza se hincha ligeramente y no hay fugas de aire entre la cara y los bordes del respirador, el ajuste es correcto.*

MANTENIMIENTO

- Limpia periódicamente las partes que están en contacto con la piel.
- *Cuando no se utilicen deben guardarse en la bolsa suministrada para prolongar la vida de la mascarilla.*

¿CUANDO LO CAMBIO?

Cuando se aprecie olor a disolvente (MEC-TOLUENO).

Mascarilla FFP2-P3 contra polvo

¿PARA QUE SIRVEN?

- Para proteger las vías respiratorias contra polvos.

USO

- Son mascarillas para partículas para proteger las vías respiratorias frente a polvos. **No ofrece protección contra gases o vapores.**
- La duración dependerá de la intensidad de uso a que se ve sometida. Si la resistencia a la respiración aumenta, se deberá cambiar.
- Asegúrate siempre del correcto ajuste de la mascarilla con la cara.
- Utiliza siempre las dos gomas de sujeción.
- Una vez puesta tapa con tus manos la mascarilla e intenta respirar, si lo consigues está mal colocada.

MANTENIMIENTO

- Limpia periódicamente las partes que están en contacto con la piel.
- Cuando no se utilicen deben guardarse en la bolsa suministrada para prolongar la vida de la mascarilla.

¿CUANDO LO CAMBIO?

- Se cambiarán cuando se encuentren dañadas con cortes, roturas.

Cuando aprecies que la resistencia a la respiración aumenta por saturación del equipo.

TEMA II Y III
PRÁCTICAS DE
TALLERES Y
HERRAMIENTAS

INTRODUCCIÓN

El proceso de medición de longitudes y trazado de las piezas en instalaciones se ha convertido en una parte fundamental del desarrollo tecnológico: sin el uso de unas técnicas adecuadas sería imposible la producción en serie y la unificación de criterios en la industria.

Cada actividad requiere una precisión determinada, quitar precisión en la medición y construcción se puede convertir en una falta de calidad inadmisibles, de la misma forma que un exceso de celo en la toma de medida y exigencia de trazado se puede convertir en un lastre económico difícil de soportar en una economía de libre mercado y competencia.

Se consideran suficientes las siguientes precisiones:

Tabla 1.

| | |
|---|--------------------|
| <u>Construcción de edificios.</u> | <u>1 mm.</u> |
| <u>Construcción de estructuras metálicas.</u> | <u>0,1 mm.</u> |
| <u>Automoción.</u> | <u>0,01 mm.</u> |
| <u>Industria aeronáutica.</u> | <u>0,001 mm.</u> |
| <u>Nueva tecnología de misiles.</u> | <u>0,0001 mm.</u> |
| <u>Instrumentos científicos.</u> | <u>0,00001 mm.</u> |

Un buen técnico debe conocer los instrumentos de precisión más simples y habituales, como son los que se estudiarán en esta unidad didáctica.

1. APARATOS DE MEDIDA DIRECTA E INDIRECTA

1.1. Metro

Medir una longitud significa compararla con la unidad de medida para ver cuántas veces está contenida esta última en la primera.

El metro es la unidad de medida de longitud del Sistema Internacional; se define como la distancia que viaja la luz en el vacío en $1/299.792.458$ segundos. Esta norma fue adoptada en 1983 cuando la velocidad de la luz en el vacío fue definida exactamente como $299.792.458$ m/s.

Hay varias herramientas de medida a las que usualmente se les denomina metro; distinguiremos las más usadas en la industria y las instalaciones.

Cinta métrica

Se usa en medidas de longitud considerables; la precisión que aporta es de 1 cm. Habitualmente, requiere de dos personas para medir, una a cada extremo de la cinta; se tiene que tener la precaución de no estirar la cinta y de que no se cree una curva excesiva.

Figura 1. Cinta métrica.



Flexómetro

Es la herramienta más popular. Muestra una precisión de mm, y es fiable en esos márgenes. Los más usuales varían desde 2 m hasta 5 m. En la medida que aumenta la longitud la cinta metálica tendrá que ser más ancha y arqueada para facilitar que una persona sola lo pueda utilizar; existen flexómetros electrónicos que nos indican la medida en una pantalla lectora, tiene memorias, etc.

Fig. 2. Flexómetro.



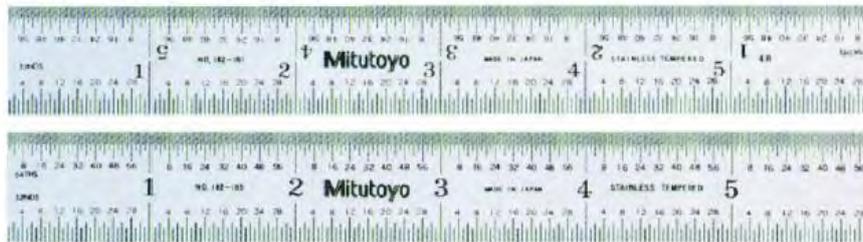
Fig. 3. Flexómetro Digital.



Regla metálica

Suele cubrir un longitud de entre 15 y 100 cm. Tiene una exactitud de 1 mm. También se usa para trazar líneas rectas.

Fig. 4 Regla metálica.

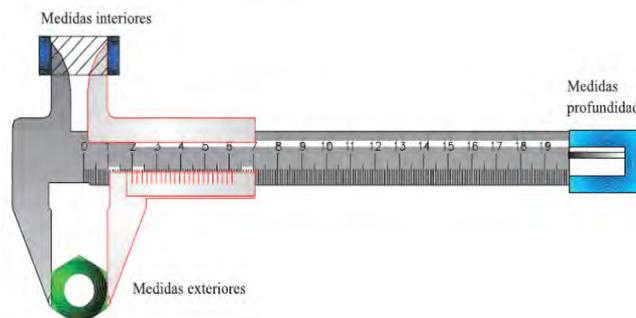


Metro láser

Es el metro de última tecnología. Mide fácilmente y con una precisión bastante aceptable distancias de todo tipo.

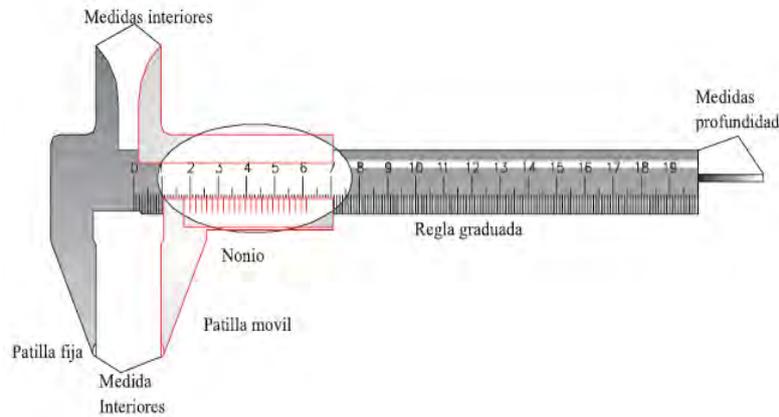
1.2. Calibre

Figura 5.



Se emplea para realizar la medida de tres diferentes tipos de dimensiones: las exteriores de objetos colocados entre sus pinzas, la medida de dimensiones interiores y profundidades de huecos (véase la figura.)

Figura 6.



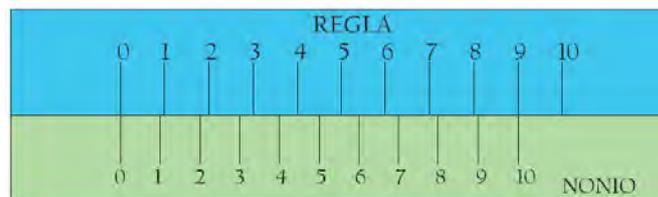
Está diseñado en dos piezas, una que es la regla fija y la otra que es una reglilla móvil (Verde); a la reglilla se le llama “nonio” o “vernier” y permite aumentar la precisión de lectura de la regla principal que es la parte fija (Azul).

La apreciación del calibre se mide dividiendo la menor dimensión de la regla por el n° de divisiones del nonio.

$$\text{Apreciación} = \frac{\text{Menor división de la regla.}}{\text{número de divisiones del nonio}} = \frac{d}{n}$$

Pongamos un ejemplo de nonio decimal.

Figura 8. Nonio.

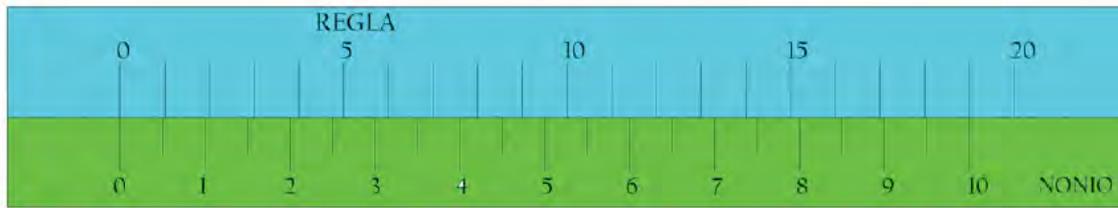


La apreciación será de:

$$\text{Apreciación} = \frac{\text{Menor división de la regla.}}{\text{número de divisiones del nonio}} = \frac{1 \text{ mm.}}{10} = 0,1 \text{ mm.}$$

En un nonio de 20 divisiones veremos que existe una mayor apreciación:

Figura 9. Nonio 20 divisiones.



$$\text{Apreciación} = \frac{\text{Menor división de la regla.}}{\text{número de divisiones del nonio}} = \frac{1 \text{ mm.}}{20} = 0,05 \text{ mm.}$$

También hay nonios de 50 divisiones, cuya base teórica es igual al anterior.

Figura 10. Calibre digital.



1.3. Micrómetro

Figura 11 Detalle nonio micrómetro.



Figura 12. Micrómetro.



Es un instrumento de medida directa diseñado para la medida de espesores de objetos situados entre dos superficies de contacto, una de ellas fija y otra móvil, unida a la cabeza de un tornillo; dependiendo del tipo, permite realizar mediciones de hasta una milésima de milímetro (0.001 mm); los más usados realizan medidas de 0.01 mm de apreciación.

Está diseñado de forma que para medir la distancia hacemos avanzar un tornillo sobre una escala que está situada a lo largo de un soporte fijo (regla principal, graduada principalmente en

mm.); también se observa otra escala circular situada en el perímetro de la rosca. Al avance que produce el tornillo al girar una vuelta se le denomina PASO DE ROSCA.

La precisión del micrómetro se obtiene por tanto, dividiendo el paso de rosca H entre el número de partes N en que está dividido el limbo circular antes citado.

Por ejemplo:

Paso de rosca = 0.5 mm.

Divisiones = 50.

$$\text{Apreciación} = \frac{\text{Paso de rosca.}}{\text{número de divisiones del nonio}} = \frac{0.5 \text{ mm.}}{50} = 0,01 \text{ mm.}$$

Figura 13. Micrómetro digital.



Calibración del micrómetro

Lo primero que se tiene que hacer para comprobar si el micrómetro funciona correctamente es buscar el ERROR DE CERO.

Consiste en realizar una medida cerrando completamente el tornillo, sin ninguna pieza; si la medición es cero, el micrómetro no tiene error cero, pero si la medida es positiva o negativa habremos detectado un error cero.

El error cero se mantiene constante en todas las mediciones y cualquier medida que tomemos lo contendrá; podemos incluso medir bien restando el error a la medida, si es positivo, o restándosele si es negativo.

Lectura sobre un micrómetro

Se coloca la pieza a medir sobre las dos superficies de contacto, giramos el tornillo hasta hacer contacto con la pieza; en el tramo final del acercamiento debemos coger el tornillo de la corona de su extremo, que tiene un mecanismo de embrague que permite darle la presión necesaria de la superficie de contacto con la pieza sin dañar la rosca. De esta forma la cabeza lectora ya está situada.

La escala longitudinal está dividida en medios milímetros, cuyo número va quedando al descubierto a medida que avanza el tornillo; a esta cantidad se le añadirá un complemento

obtenido multiplicando el número marcado sobre el limbo circular por la longitud a que corresponde cada una de esas divisiones, es decir, la precisión del instrumento.

Ejemplo 1

Si queda al descubierto en la escala longitudinal la marca situada entre el milímetro 8 y el 9, indicará que la longitud buscada es 8.50 mm y algo más; si sobre el limbo circular queda señalada la marca correspondiente al número 0, la longitud completa sería 8.5 mm.

$$\text{Resultado} = 8 + 0,5 + 0 = 8.5 \text{ mm.}$$

Ejemplo 2

Si queda al descubierto en la escala longitudinal la marca situada entre el milímetro 8 y el 9, indicará que la longitud buscada es 8.50 mm y algo más; si sobre el limbo circular queda señalada la marca correspondiente al número 25, y la precisión del micrómetro es $p = 0.01 \text{ mm}$ (correspondiente a los micrómetros habituales), entonces el complemento buscado valdría 0.25 mm, de manera que la longitud completa sería 8.75 mm.

$$\text{Resultado} = 8 + 0,5 + 0,25 = 8,75 \text{ mm}$$

Ejemplo 3

Si queda al descubierto en la escala longitudinal la marca situada entre el milímetro 6 y el 7, indicará que la longitud buscada es 6.50 mm y algo más; si sobre el limbo circular queda señalada la marca correspondiente entre el número 14 y el número 15, y la precisión del micrómetro es $p = 0.01 \text{ mm}$ (correspondiente a los micrómetros habituales), entonces el complemento buscado valdría 0.145 mm, de manera que la longitud completa sería 6.645 mm.

$$\text{Resultado} = 6 + 0,5 + 0,14 + 0,005 = 6,645 \text{ mm}$$

Precauciones:

1. No desmontar ninguna parte del micrómetro.
2. El husillo está montado de manera que no pueda ser retirado del aislante interior. Evitar desplazarlo más allá del límite de capacidad.
3. No utilizar elementos punzantes o lápices eléctricos para marcar sobre el micrómetro.
4. Si es de digital, la pantalla de cristal líquido (LCD) se apaga automáticamente transcurridos 20 minutos aproximadamente. Para encenderla, basta con girar levemente el husillo o pulsar el botón ZERO/ABS.

1.4. Goniómetros

El goniómetro es una herramienta de medición de ángulos; está formado por un círculo graduado con una escala de 360° y superficie plana que sirve de base y referencia.

Mide los ángulos con la regla que gira sobre el centro del círculo graduado.

La apreciación del goniómetro está en función del número de divisiones de nonio.

$$\text{Apreciación} = \frac{\text{Menor división de la regla.}}{\text{número de divisiones del nonio}} = \frac{d.}{n}$$

Figura 14. Goniometro.



Figura 15 Goniometro digital.



En las medidas, como todos los aparatos que llevan nonio, se presentan los mismos tres posibles casos:

- Que coincida el cero del nonio con una medida exacta.
- Que no coincida, pero sí lo haga cualquier división del nonio.
- Que no coincida ni el cero ni ninguna división del nonio.

Para el resultado de la medida se seguirá el mismo criterio descrito en el calibre y en el micrómetro.

1.5. Comparadores

Los comparadores son unos útiles que tienen una medida fija y conocida o que se puede fijar, de esta manera se compara la pieza con el útil y sabemos si es igual o presenta alguna variación; en esta unidad didáctica vamos a ver los siguientes:

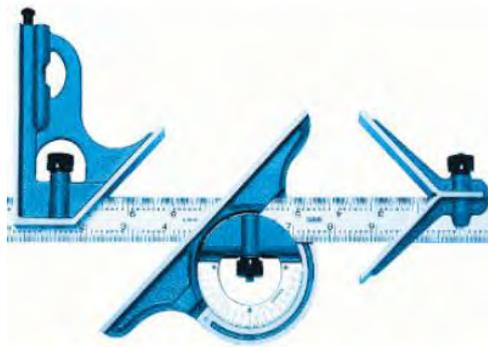
- Escuadras.
- Galgas de espesores.
- Calibres de diámetros.
- Calibres pasa no pasa.
- Galgas para radios.
- Peines de rosca y plaquetas de rosca.
- Mármol.

Escuadras

Las escuadras son útiles de medida indirecta o por comparación; se utiliza para comparación de ángulos.

Se utiliza colocando el ángulo de la pieza que queremos comparar sobre la pieza, mirando al trasluz para observar si algún rayo de luz pasa entre la pieza y la escuadra; si esto ocurre, la pieza no tiene el ángulo que queremos comparar.

Figura 16. Juego de escuadra universal.



Galgas de espesores

Son láminas de distintos espesores (0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; etc.); se usan para la medición indirecta por comparación de la separación o huecos que hay entre dos superficies o piezas.

Se hacen pasar las galgas por el hueco a medir, aumentando su espesor hasta que encontramos una que no es capaz de pasar, entonces sabremos que la medida del hueco es superior a la última que pasa e inferior a la que no pasa.

Figura 18. Juego de Calibres para Espesores.



Calibres de diámetros

Son un juego de varillas calibradas; se usan para medir diámetros de agujeros muy pequeños, por ejemplo agujeros de pulverizadores de gasóleo, pasos de válvulas de expansión, etc.

Calibres pasa no pasa

Es un útil de medida indirecta por comparación. Son piezas calibradas que sirven para medir diámetros; es una pieza que tiene dos separaciones a medidas muy precisas, se busca la pieza que comparándola con la barra o el tubo se obtiene que una pasa y la otra no, de esa manera sabremos que la medida está entre las dos de referencia.

Calibres para radios

Es un útil de medida indirecta por comparación. Son un juego de plantillas de semicírculos. Sirve para determinar el radio de tubos y agujeros. (fig. 19)

Figura 19. Calibre radios.



Figura 20. Juego de Calibres para Roscas.



Peines de rosca y plaquetas de rosca

Es un juego de útiles de medida indirecta por comparación. Consta de una serie de peines de acero que tienen indicado el tipo de rosca a la que corresponden. (fig. 20)

Podremos encontrarnos con los que miden las roscas tipo métrica (60°) de paso en mm. (6 x 100) y los tipo whithworth (55°) y paso en pulgadas 20G.

Transportador de ángulos

Es una herramienta que permite fijar un ángulo manualmente o bien cogerlo de otra pieza; para ello se apoya sobre la pieza muestra y se aprieta el tornillo, con lo cual el ángulo queda fijado.

Una vez fijado podemos comparar con otra pieza, leer el ángulo obtenido o trazar ese ángulo en otro sitio.

Comprobador de diámetros de brocas

Es una herramienta de medición indirecta por comparación; consiste en una placa metálica que tiene realizados los diámetros más usuales de brocas y marcados sobre la misma; haciendo pasar la broca sabremos cuál es su medida que corresponderá a la más grande por la que puede pasar.

Figura 22. Transportador de ángulos.

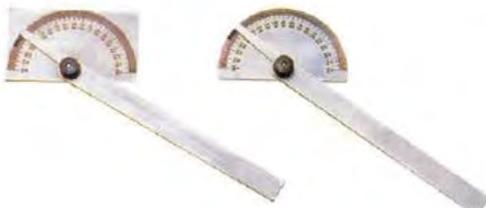
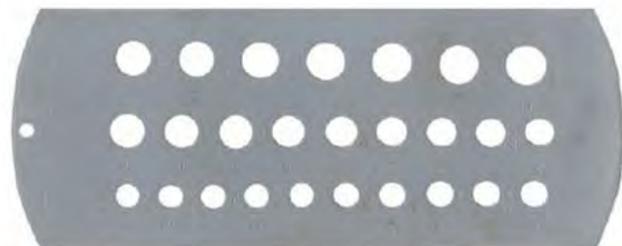


Figura 23. Comprobador diámetro brocas.



1.6. Niveles

El nivel es una herramienta que permite determinar la existencia de varios ángulos respecto de la horizontal. Generalmente están preparados para comprobar la horizontal (0°), la vertical (90°) y la posición intermedia (45°).

Suelen tener una burbuja que se mueve sobre un recipiente y unas líneas de límite; si esa línea se encuentra entre esas dos líneas el nivel es correcto, si no es así, existe un desplazamiento.

Para el trazado de instalaciones se emplean niveles láser que permiten fijar la horizontal en todo el edificio con el puntero láser.

Figura 24. Nivel forma arco magnético.



Figura 25. Nivel de aluminio.



3. CALIBRACIÓN DE APARATOS DE MEDICIÓN

Calibrar un aparato de medición consiste en realizar la comprobación de su fiabilidad; para eso necesitamos unas herramientas patrón o unas medidas patrón.

Las herramientas patrón son las que han sido comprobadas rigurosamente por un laboratorio especializado en la materia y están certificadas. Se realiza la medida con la herramienta patrón y después con la herramienta a comprobar; si no hay variación, se determina que la herramienta funciona correctamente, si el error es inadmisibile, entonces se desechará o mandará a reparar la herramienta.

Otra forma de comprobar es con medidas patrón; son útiles que están certificados y conocemos su medida exacta; medimos con la herramienta y si nos da la esperada, está en condiciones de uso, si no es así, se procederá de la manera anterior.

ANEXO. Tablas

| MÚLTIPLO | EQUIVALENCIA |
|------------------------------|-------------------|
| Terámetro (Tm): | 10^{12} Metros |
| Gigámetro (Gm) | 10^9 Metros |
| Megámetro (Mm) | 10^6 Metros |
| Kilómetro (km) | 10^3 Metros |
| Hectómetro(hm) | 10^2 Metros |
| Decámetro (dam) | 10^1 Metros |
| metro: Unidad básica del SI. | 1 Metros |
| decímetro (dm) | 10^{-1} Metros |
| centímetro (cm) | 10^{-2} Metros |
| milímetro (mm) | 10^{-3} Metros |
| micrómetro (μ m) | 10^{-6} Metros |
| nanómetro (nm) | 10^{-9} Metros |
| angstrom (Å) | 10^{-10} Metros |
| picómetro (pm) | 10^{-12} Metros |
| femtómetro o fermi (fm) | 10^{-15} Metros |
| attómetro (am) | 10^{-18} Metros |
| zeptómetro (zm) | 10^{-21} Metros |
| yoctómetro (ym) | 10^{-24} Metros |

A continuación se dan unas tablas de medidas de conversión entre unidades de longitud y superficie del Sistema Métrico al Sistema Inglés.

| LONGITUD | | | | | | | |
|-------------|----------|----------|---------|------------|-------------|-----------|------------|
| UNIDAD | PULGADAS | PIES | MILLAS | MILIMETROS | CENTIMETROS | METROS | KILOMETROS |
| Pulgadas | 1 | 0.0833 | - | 25.4 | 2.54 | 0.0254 | - |
| Pies | 12 | 1 | - | 304.8 | 30.48 | 0.3048 | - |
| Millas | 63,36 | 5,28 | 1 | - | - | 1,609,344 | 1,609,344 |
| Milímetros | 0.03937 | 0.003281 | - | 1 | 0.1 | 0.001 | - |
| Centímetros | 0.3937 | 0.032808 | - | 10 | 1 | 0.01 | - |
| Metros | 393.701 | 328.084 | - | 1 | 100 | 1 | 0.001 |
| Kilómetros | 39,37 | 3,280.8 | 0.62137 | - | 100 | 1 | 1 |

| ÁREA O SUPERFICIE | | | | | | |
|-----------------------|--------------------|----------------|----------|----------------------|-----------------------|------------------|
| Unidad | Pulgadas cuadradas | Pies cuadrados | Acres | milímetros cuadrados | Centímetros cuadrados | Metros cuadrados |
| Pulgadas cuadradas | 1 | 0.006944 | - | 645.16 | 64.516 | 0.00064516 |
| Pies cuadrados | 144 | 1 | - | 92,903.04 | 9,290.304 | 0.09290 |
| Acres | - | 43,56 | 1 | - | - | 4,046.8564 |
| Milímetros Cuadrados | 0.00155 | - | - | 1 | 0.01 | - |
| Centímetros Cuadrados | 0.1550 | 0.001076 | - | 100 | 1 | 0.0001 |
| Metros Cuadrados | 1,550.0031 | 1.076.391 | 0.000247 | - | 10 | 1 |

FUNCIONAMIENTO, FUNCIÓN Y UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE COMPROBACIONES ELÉCTRICAS GENERALES

Medida de intensidad

La medida de intensidad se realiza mediante el amperímetro. Se conecta en serie con el circuito cuya corriente se quiere medir, tal como se indica en la Figura 16.9, Es aconsejable que la resistencia interna del instrumento de medida (R_A) sea lo más baja posible. De esta forma, se evitan caídas considerables de tensión (V_A) en el amperímetro y consumos de potencia elevados.

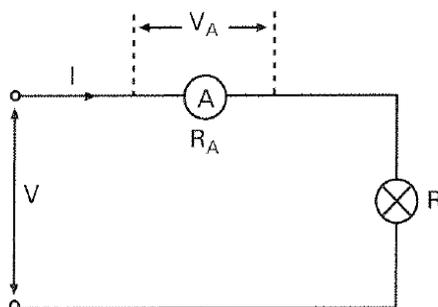


Figura 16.9. Medida de intensidad con amperímetro.

Para medidas de C.A. es indiferente la polaridad de conexión. Sin embargo, para C.C. hay que conectar el amperímetro según se indique en la polaridad del mismo, de otra manera la aguja tendrá a indicar en sentido contrario. Para aparatos de medida digitales no es tan importante esta consideración, puesto que son capaces de indicar lecturas negativas en su display.

Cuando la corriente a medir es muy elevada resulta difícil encontrar el aparato de medida adecuado para realizar una medida directa. En estos casos se recurre a sistemas de apoyo que consiguen ampliar el alcance de medida sin cambiar de amperímetro. Para corriente continua se emplean los shunts y para corriente alterna los transformadores de intensidad.

Medidas de tensión

La medida de tensión se realiza mediante el voltímetro. Se conecta entre los extremos cuya tensión se quiere medir, tal como se indica en la Figura 16.17. Es importante que la resistencia del instrumento de medida (R_v) sea alta, para así evitar consumos de corriente (I_v) y potencias elevadas.

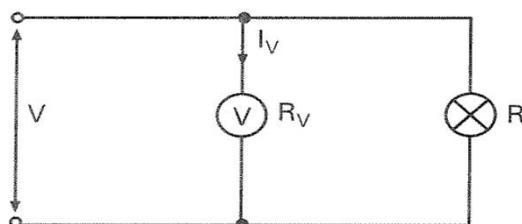


Figura 16.17. Medida de tensión con voltímetro.

Para ampliar el alcance de un voltímetro se recurre a la conexión en serie de resistencias adicionales o al empleo de transformadores de tensión. Dado que los transformadores sólo funcionan para corrientes alternas, se utilizarán sólo transformadores para realizar medidas de tensiones elevadas en C.A.

Medidas de potencia

Para realizar la medida de potencia el método más utilizado es mediante el vatímetro electrodinámico o ferrodinámico, tanto para C.C. como para C.A. Recordemos que el vatímetro consta de dos circuitos medidores: el circuito amperimétrico se conecta en serie con el circuito y posee una resistencia muy baja, mientras que el voltimétrico se conecta en paralelo y posee una resistencia muy elevada (Figura 16.22). Para C.C. el aparato indica directamente el producto de la tensión por la intensidad, dando como resultado de la medida la potencia media. Para C.A., el aparato indica directamente el producto de la tensión por la intensidad y por el $\cos \varphi$, dando como resultado de la medida la potencia activa.

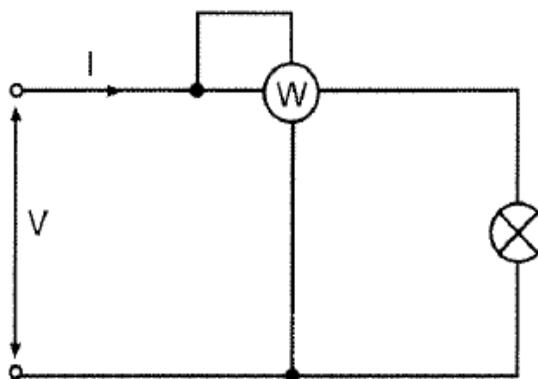


Figura 16.22. Medida de potencia con vatímetro.

Dado que el par de giro de la aguja indicadora del sistema de medida electrodinámico depende de los sentidos relativos de las corrientes por las bobinas fijas y móvil, pudiera ocurrir que al conectar el vatímetro, la aguja tendiese a moverse hacia el cero de la escala. Para solventar este incidente bastará con invertir la conexión de una de las bobinas.

Es habitual que los fabricantes de vatímetros construyan aparatos de medida con varios alcances de medida, proporcionando diferentes conexiones y alcances para la tensión aplicada a la voltimétrica y amperimétrica. Para determinar la constante de la escala, en estos casos, habrá que multiplicar el alcance de la tensión por el alcance de la intensidad y dividirlo entre el número total de divisiones de la escala.

El polímetro

El polímetro o multímetro es un aparato de medida portátil que se utiliza para medir diferentes magnitudes eléctricas, como, por ejemplo, tensión y corrientes en C.C. y C.A., resistencia, capacidad, prueba de continuidad, prueba de diodos y transistores. La misma palabra indica su función: poli-metro, muchas medidas (Figura 16.21).

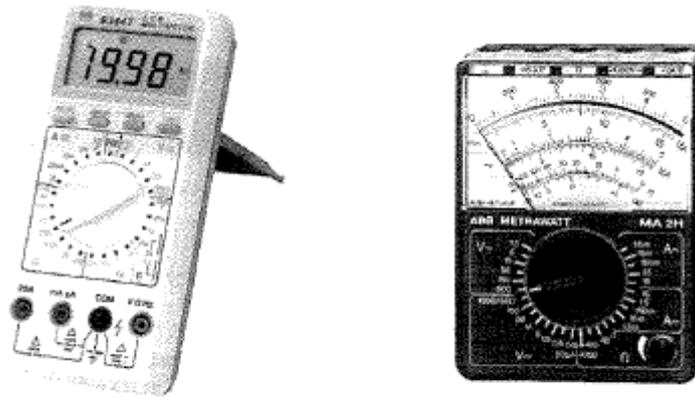


Figura 16.21. Pólímetros analógicos y digitales.

Existen en el mercado una gran diversidad de modelos de pólímetros. Las diferencias suelen estar en la forma de leer la medida del aparato (indicadores de aguja o analógicos e indicadores digitales) y en la forma de seleccionar la magnitud a medir, que por lo general suele consistir en un conmutador giratorio.

A continuación, y como ejemplo ilustrativo, damos una relación de los campos de medición de un determinado modelo de polímetro comercial:

- Tensiones para C.A. y C.C. (200 mV-2-20-200-1000 V).
- Intensidades para C.A. y C.C. (200 μ A- 2- 20-200 mA-2 A).
- Resistencias (200 Ω -2-20-200 K Ω -2-20 M Ω).
- Capacidades (2000 pF-20-200 nF-2-20 μ F).
- Inductancias (20-200 mH-2-20 H).
- Continuidad y prueba de diodos.

A primera vista da la impresión de que debe existir mucha diferencia entre manejar un modelo de polímetro u otro. Pero no es así, ya que en el momento que se adquiere una cierta práctica en el manejo de uno de los modelos, prácticamente ya se saben manejar todos.

Los polímetros digitales presentan una lectura a base de cifras numéricas que facilita bastante la interpretación de la medida. En los polímetros analógicos o de aguja hay que elegir la escala adecuada y tener cuidado en no equivocarse con la constante de escala a aplicar.

Sistemas avanzados de medida

El avance experimentado en los últimos años en la fabricación de microprocesadores y microcomputadores ha producido un fuerte avance en el desarrollo de nuevos instrumentos de medida, mucho más versátiles y de tamaño más reducido. Gracias a estos avances se ha aumentado el número de parámetros que se pueden medir con un solo instrumento a partir de las señales básicas de entrada (V e []). Además, se le ha dotado de una gran capacidad de comunicación con otros elementos de la instalación.

También es posible la conexión de los aparatos de medida con ordenadores personales a través de un bus de comunicaciones. De esta forma, se consigue procesar una gran cantidad de datos en un tiempo reducido. Con estas combinaciones se pueden efectuar muchas medidas a la vez, para, por ejemplo, realizar un control instantáneo de la energía consumida, establecer alarmas en caso de que alguna magnitud alcance valores inadecuados, evitar sobrecargas en las líneas, realizar estudios estadísticos, etc.

TECNOLOGÍA INTRODUCCIÓN.

Con estos consejos prácticos sobre elección, uso y manejo de las herramientas más comunes utilizadas en el trabajo, pretendemos que mediante su aplicación por parte del alumno, este realice los trabajos de manera efectiva y segura. Si desde el comienzo no se usan las herramientas adecuadas a cada trabajo, las consecuencias serán: trabajos de poca calidad, pérdidas de tiempo y deterioro de herramientas y materiales.

Estos apuntes también contienen algunos conceptos básicos sobre la tecnología de herramientas y materiales específicos de la industria aeronáutica y que son necesarios desde el inicio del curso.

Una faceta de las más fundamentales de todo mecánico, **ES EL ORDEN Y LIMPIEZA DE SU PUESTO DE TRABAJO**, siendo este, una *fiel imagen del profesional que allí trabaja*. Un puesto de trabajo limpio y ordenado facilita un trabajo efectivo y rápido, pues tiene las herramientas listas y a la vista en todo momento.

Otra faceta importante de mecánico es la de **ser observador**, mirando y comprobando lo adecuado del montaje e idoneidad de las piezas que se están instalando.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE HERRAMIENTAS DE MANO:

En mecánica cada útil o herramienta se fabrica para su propio cometido y aunque un trabajo lo podamos realizar con distintas herramientas, siempre es una la más adecuada para realizarlo, en las mejores condiciones y mayor efectividad. Siempre se debe usar la herramienta apropiada y la más rápida y segura de las que conozcamos.

No deben utilizarse llaves que no se ajusten a la tuerca o tornillo de forma adecuada. La no observación de esta norma, supone estropear (redondear) la tuerca y ensanchar las bocas de las llaves, quedando inútiles en poco tiempo.

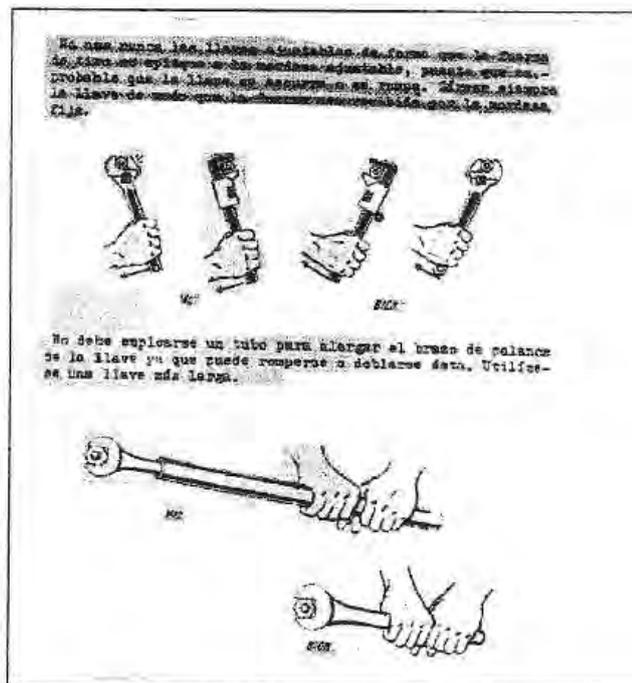
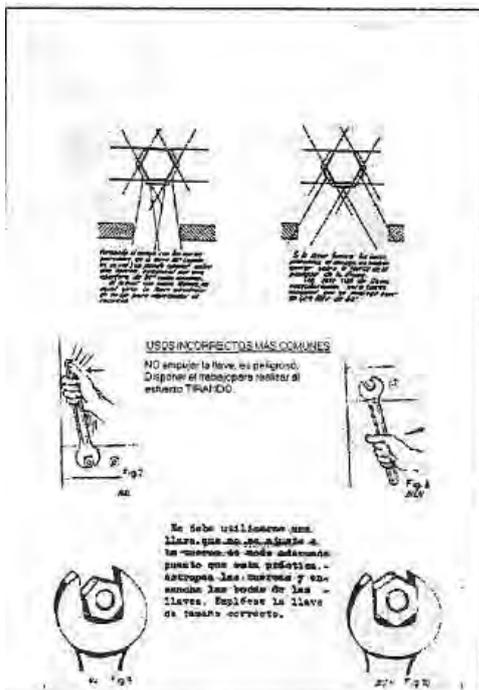
Por norma:

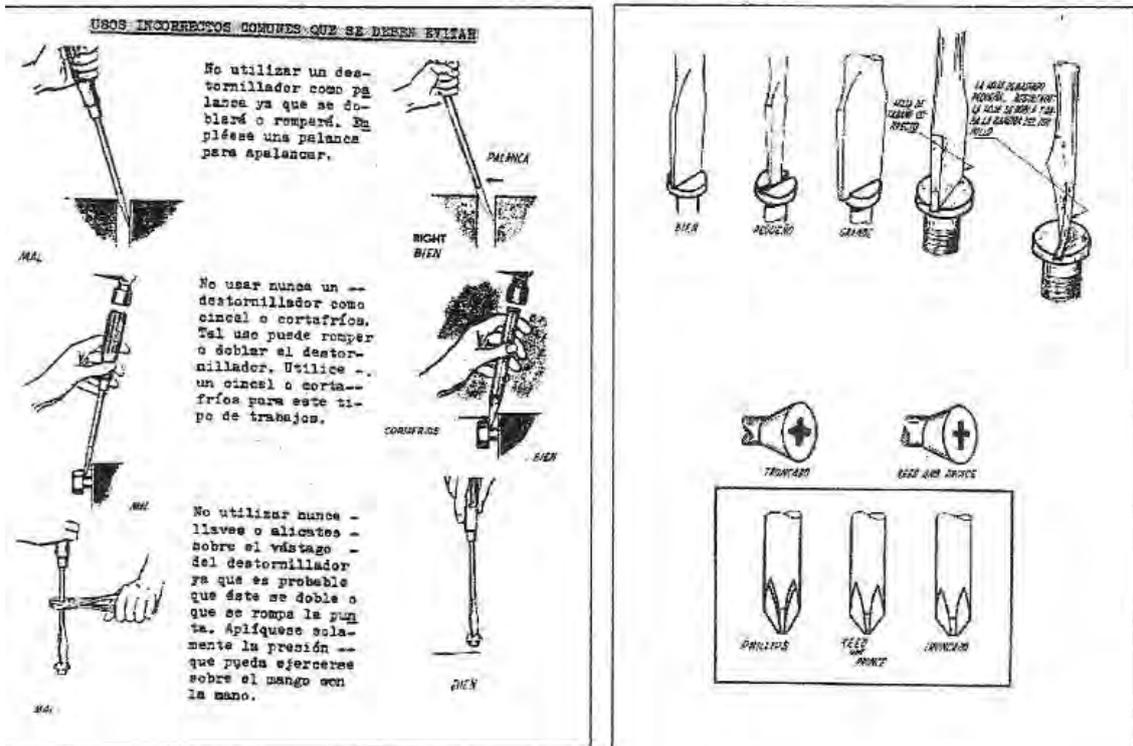
- Es preferible una llave cerrada a una abierta.
- Para aflojar o apretar,, el esfuerzo se realiza TIRANDO y nunca empujando. El esfuerzo se controla mejor, evitando posibles daños y accidentes.

En aeronáutica es poco recomendable el uso de llaves ajustables, pero cuando se usen, el esfuerzo no debe hacerse sobre la mordaza móvil, este debe recaer sobre la mordaza fija.

No debemos usar un tubo, como prolongador, para aumentar el brazo de palanca de la llave. Usar la llave adecuada, ya está construida con el brazo de palanca correcto.

En cuanto a destornilladores, no todos valen para todos los tornillos. El destornillador debe ajustarse perfectamente en el alojamiento del tornillo, de otra manera dañaremos este o tendremos mayores dificultades, empleando más tiempo. El destornillador no debe usarse como palanca, botador, espátula..., los daños provocados son irreversibles por no haber sido diseñados para tales cometidos. Los destornilladores se pueden afilar, pero no lo hagas sin saber.





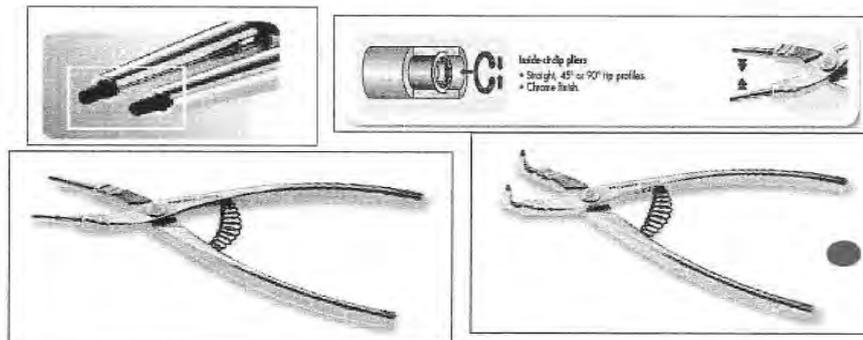
PROCEDIMIENTOS EN DESMONTAJES Y MONTAJES.

- Cuando se desconectan tuberías, siempre debemos instalar tapones (en tuberías y fitting), papel aluminio, plástico o similar para evitar la entrada de suciedad, que pueda provocar la contaminación del flujo que circule por dichas tuberías. La suciedad puede ocasionar la obstrucción de calibres o mal funcionamiento de válvulas y otros sistemas.
- Durante los desmontajes se deben etiquetar y marcar todas las piezas, de forma adecuada, para su perfecta identificación en el proceso de montaje. RESPETAR EL CÓDIGO DE COLORES, FIJARSE EN LA POSICIÓN DE MONTAJE ANTES DE DESMONTARLO, MARCAS, ETC.
- Cuando se van desmontando las diferentes partes, es conveniente inspeccionarlas por evidencia de roturas u otros daños, etiquetando el material dañado para su posterior reparación, si fuera posible.
- Fundamentalmente todo tipo de piezas de tamaño reducido y restos de alambre y pasadores deben ser controlados, para evitar que puedan introducirse en lugares que produzcan daños.
- Todas las partes que queden abiertas deben taparse para evitar la entrada de F.O.D.
- No pueden volver a instalarse nuevamente, ningún tipo de platos o arandelas (elásticas) de freno pasadores o alambre de frenar.
- Si de forma accidental se nos cae algún objeto o pieza en partes de la aeronave, no se podrá arrancar esta hasta su localización, por el riesgo que pueda existir.
- Osar solamente, pasadores y alambre con tratamientos contra la corrosión Y con los diámetros que correspondan con los agujeros donde se alojan.

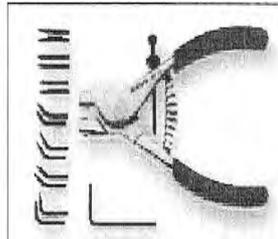
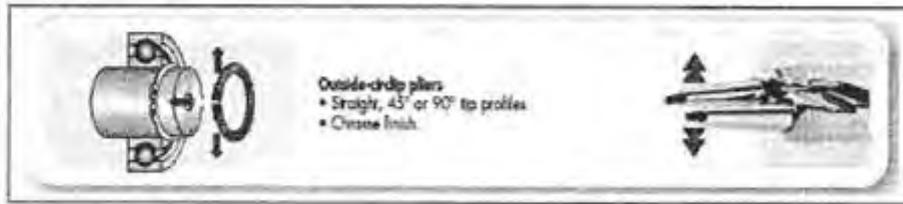
- Todas las juntas **tóricas y retener**, deben ser sustituidos por unos nuevos, engrasándolos antes de instalarlos con su propio fluido, caso de tener dudas en cuanto a lo apropiado o no de este fluido, engrasar con vaselina neutra.
- Tomar conciencia desde el inicio de las prácticas es muy importante, ya que, se adquiere hábito y se termina haciendo de forma mecánica y si necesidad de pensarlo.
- Un puesto de trabajo que se mantenga limpio y ordenado evita accidentes y mejora el rendimiento y efectividad del operario que allí trabaja.



ALICATES DE PUNTA REDONDA PARA CIRCLIP DE INTERIOR



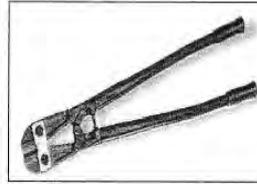
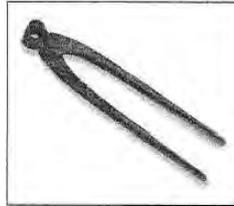
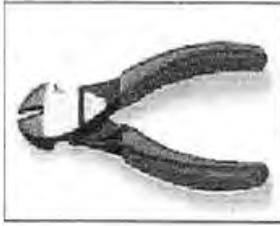
ALICATES DE PUNTA REDONDA PARA CIRCLIP EXTERIORES



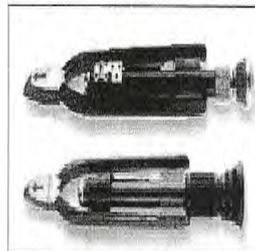
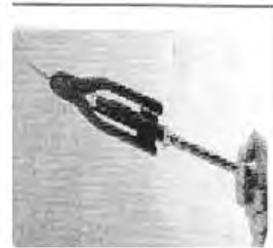
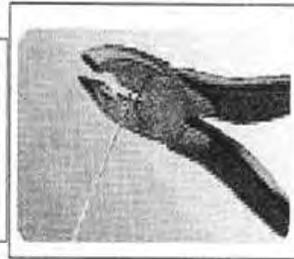
MORDAZAS



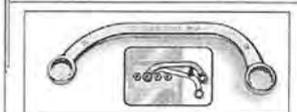
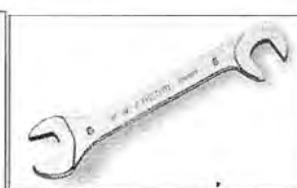
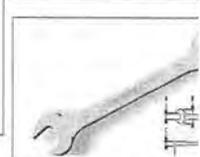
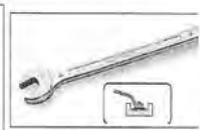
ALICATES DE CORTE



ALICATE TORNO



Llaves Fijas



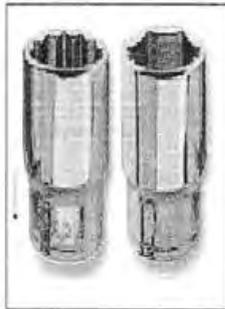
LLAVES DE CARRACA Y LLAVE INGLESA



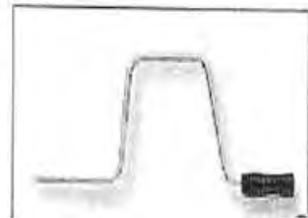
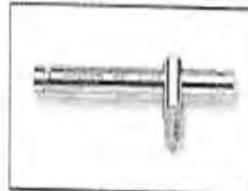
LLAVES DE TIRA Y DE FONTO



LLAVES DE VISO



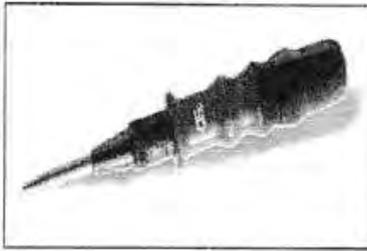
ACCESORIOS



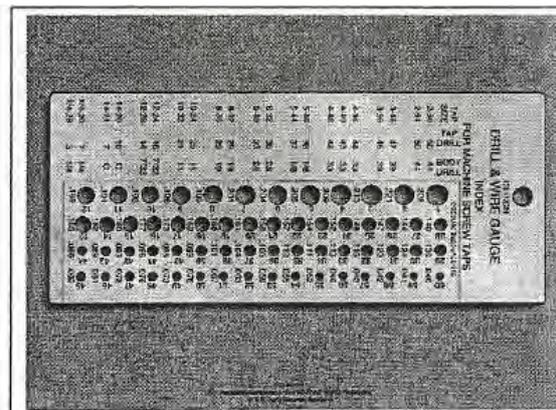
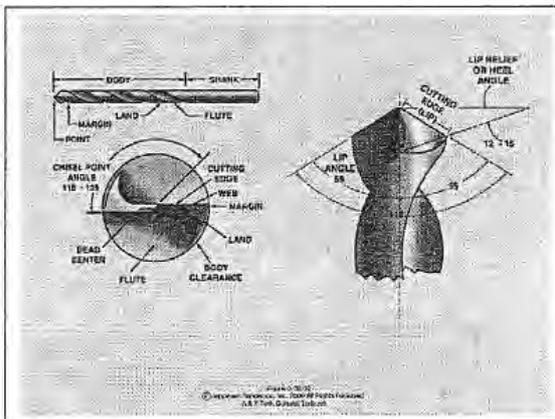
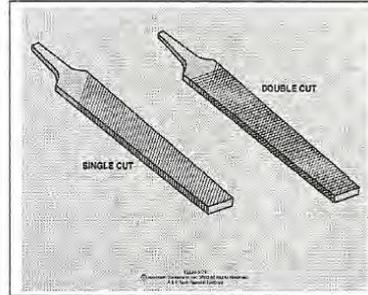
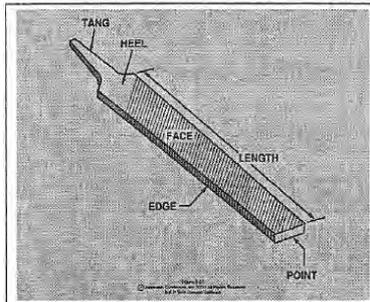
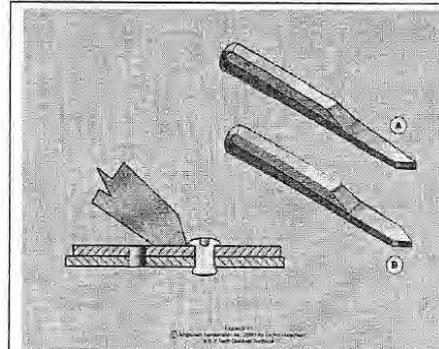
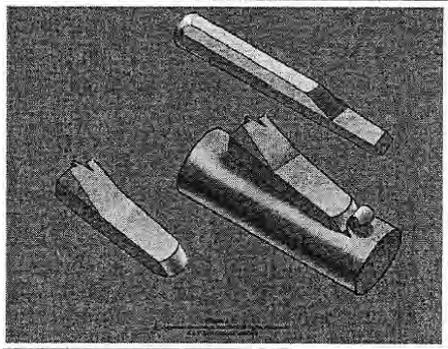
MARTILLOS



BOTADORES Y GRANETES

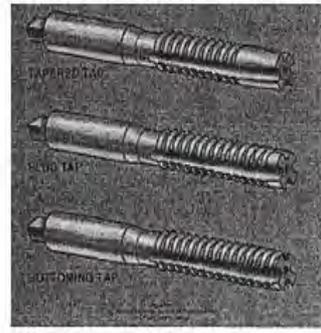
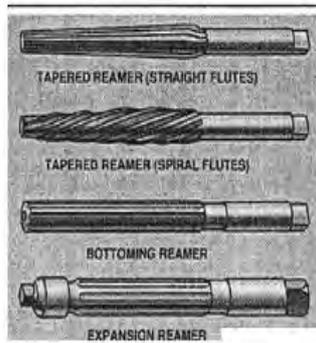


HERRAMIENTAS DE CORTE

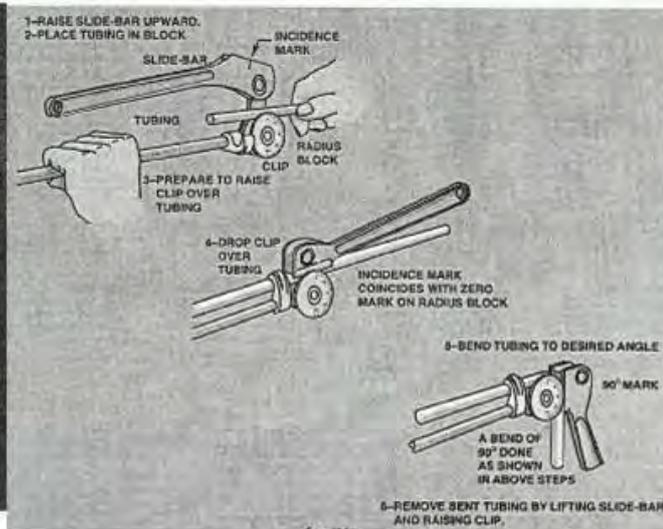
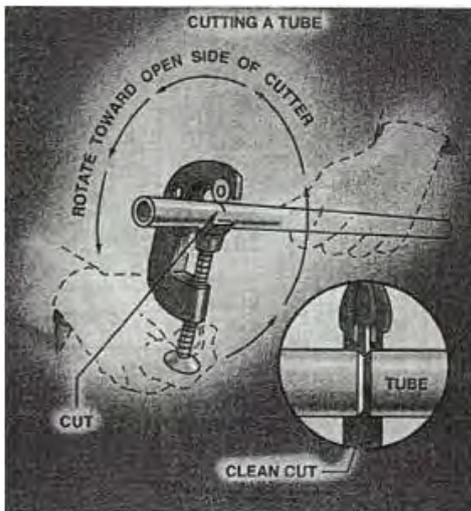
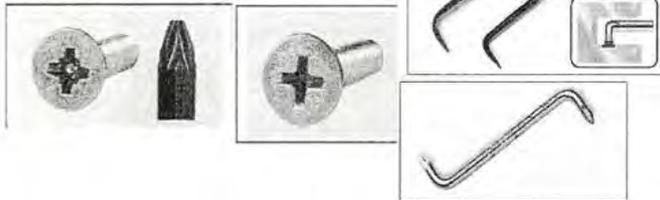


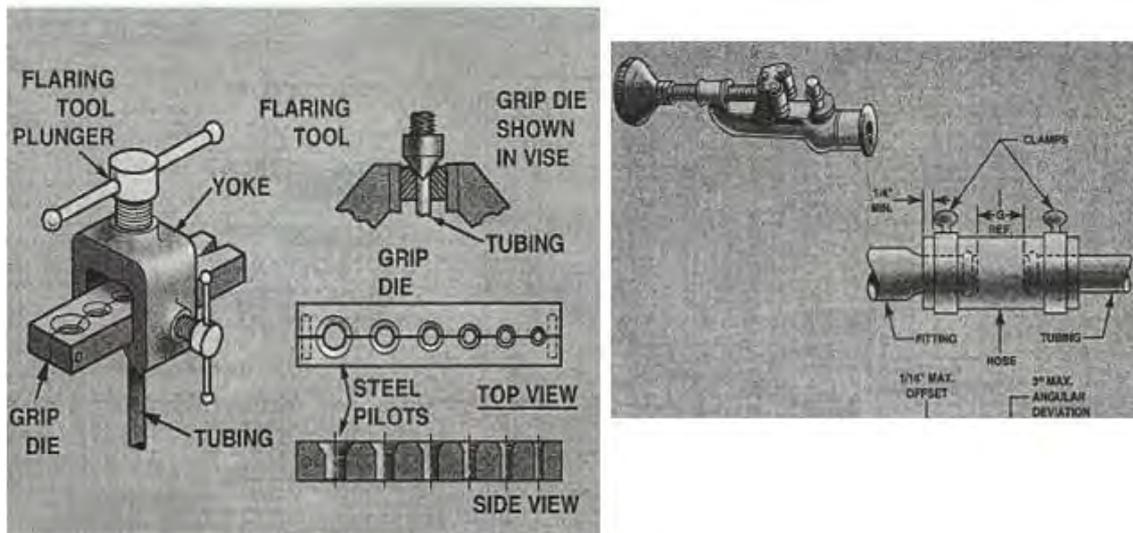
ESCARIADOR

MACHO DE ROSCAR



DESTORNILLADORES





GENERALIDADES SOBRES TORQUES O PARES DE APRIETE.

La tornillería roscada tiene que apretarse al valor designado del par de apriete, para evitar tanto un par de apriete insuficiente, como uno excesivo.. El par de apriete insuficiente de la tornillería roscada, puede provocar un fallo prematuro y/o un desgaste excesivo de las tuercas, pernos y compon-entes estructurales. Los componentes estructurales ha"ñ sido*** diseñados, " de forma que, las tuercas y pernos que los aseguran, deben proporcionar una presión suficiente para transmitir la carga de un componente estructural a otro. Un par de apriete insuficiente puede producir una deformación anormal de los componentes estructurales, lo cual puede producir desgastes y, más críticamente, vibraciones y tensiones de fatiga, que a su vez pueden provocar un fallo prematuro. Un par de apriete excesivo puede producir un daño inmediato a los componentes estructurales, debido a la presión excesiva,. En casos extremos la rosca del perno o de la tuerca, pueden pasarse y provocar un bloqueo defectuoso

En todo caso, los aprietes incorrectos en tuercas y tornillos, provocan alguno de los problemas que citamos a continuación:

Tornillos con par de apriete INSUFICIENTE

Provocan fallos prematuros y/o desgastes excesivos de los elementos que sujetan; deformaciones anormales en componentes estructurales por la incorrecta transmisión de las cargas, provocando vibraciones, desgastes y fatiga del material y por fin la rotura prematura.

Tornillos con par de apriete EXCESIVO:

Provocan la rotura del material por fatiga, pasar de rosca los tornillos y tuercas y por lo tanto una insegura sujeción que puede acabar en alguna de las siguientes roturas:.

- 1.- El tornillo parte por su zona central.
- 2.- Se parte por la cabeza.
- 3.- Se pasa de rosca, por rotura de sus filetes.

A.- Sufren roturas o deformaciones, las piezas a las que pretende unir.

Tomillos con apriete IRREGÜLAR. Provocan deformaciones y fugas.

Todo lo anterior tiene que convencernos de la necesidad de aplicar apriete a todos los tornillos y además, el apriete que le corresponda, según las instrucciones de mantenimiento o tablas de torques estándar. **LLAVES DINAMOMETRICAS O TORQUÍMETROS**

Es posible apretar un perno o tornillo, usando cualquier tipo de llave, siempre que la llave se use dentro de los límites de medida de la misma. Los límites de medida de algunos torquímetros, con relación al par de apriete del tamaño del cuadradillo, están listados en la tabla siguiente. Para información detallada, referirse al manual del fabricante del torquímetro.

USO DEL TORQUIMETRO

Normalmente los torquímetros se usan conjuntamente con piezas de unión, que pueden conectarse al cuadradillo de arrastre del torquímetro, y a la cabeza del perno.

Cuando hablamos de torque, queremos decir, Momento de fuerza o Par de apriete, es decir, una *Fuerza por una Distancia.*

MOMENTO = FUERZA x DISTANCIA

Los torques se aplican con llaves dinamométricas, conocidos como torquímetros en el lenguaje coloquial aeronáutico. Los torquímetros pueden disponer de una o varias escalas, razón por la que con bastante frecuencia, deberemos transformar la unidad de medida antes de aplicar el apriete (torque), a un tornillo.

Habitualmente usamos tablas de equivalencias para realizar las transformaciones o conversiones de unas unidades a otras.



PARA CONVERTIR EN: **N*m** (Newton por Metro).

- **m*Kgs** (Metros Por Kilos) multiplicar por 9,81 (1 **m*kg**=9,81 **N*m**)
- **In*Lbs** (Pulgadas Por Libras) multiplicar por 0,1128 (1 **In*Lbs**=0,1128 **N*m**)
- **Ft*Lbs** (Pies Por Libras) multiplicar por 1,35 (1 **Ft*Lb**=1,35 **N*m**)

PARA CONVERTIR EN: **m*kg** (Metros por Kilo).

- **N*m** (Newton Por Metros) multiplicar por 0,102 (1 **N*m**=0,102 **m*kg**)
- **In*Lbs** (Pulgadas Por Libras) multiplicar por 0,015 (1 **In*Lbs**=0,015 **m*kg**)
- **Ft*Lbs** (Pies Por Libras) multiplicar por 0,138 (1 **Ft*Lb**=0,138 **m*kg**)

PARA CONVERTIR EN: **In*Lbs** (Pulgada por Libra).

- **N*m** (Newton Por Metros) multiplicar por 8,863 (1 **N*m**=8,863 **In*Lbs**)
- **m*kg** (Metros Por kilos) multiplicar por 86,90 (1 **m*kg**=86,90 **In*Lbs**)
- **Ft*Lbs** (Pies Por Libras) multiplicar por 12 (1 **Ft*Lb**=12 **In*Lbs**)

PARA CONVERTIR EN: **Ft*Lbs** (Pies por Libra).

- **N*m** (Newton Por Metros) multiplicar por 0,738 (1 **N*m**=0,738 **Ft*Lbs**)
- **m*kg** (Metros Por kilos) multiplicar por 7,24 (1 **m*kg**=7,24 **Ft*Lbs**)
- **In*Lbs** (Pulgadas Por Libras) multiplicar por 0,083 (1 **Ft*Lb**=0,083 **Ft*Lbs**)

IMPORTANTE.- Cada vez que se utiliza una llave dinamométrica, para aplicar un torque, previamente, introduciremos el valor del aprieta que s-s vaya a dar, en la escala adecuada, una vez terminada la acción de dar el torque y antes de guardar la llave dinamométrica, se vuelve a colocar en el mínimo de su escala, para que los muelles queden en reposo. Así conservaremos la llave en perfecto estado, durante más tiempo.

A LA HORA DE ELEGIR. EL TAMAÑO DE **TORQUIMETRO** MÁS ADECUADO AL TORQUE QUE TENGAMOS QUE APLICAR, SIEMPRE SE PROCURARÁ. QUE DICHO TORQUE QUEDE LO MÁS CENTRAL POSIBLE, DENTRO DE LA ESCALA DEL TORQUÍMET.R.O USADO. "DEBIENDO EVITAR LOS extremos", ya que el **ERROR** puede llegar. HASTA EL 20%. USÁS LA ZONA CENTRAL DE LA ESCALA!!

En las tareas de mantenimiento, seguimos unos procesos de trabajo, en los que se nos van dando las instrucciones y procedimientos para ejecutar dichas tareas correctamente. Entre estas instrucciones, los manuales técnicos no dan los torques que llevan los tornillos que vamos instalando, estos son los torques **ESPECIALES**, puesto que están aplicados sobre tornillos concretos que desarrollan trabajos también concretos. Tienen preferencia sobre los demás torques que pudiéramos encontrar para este mismo tornillo.

Existe otro tipo de torques, que los encontramos en tablas contenidas en los manuales técnicos, son los torques **ESTÁNDAR**, y los aplicaremos cuando no tengamos el dato del torque especial. Los torques estándar están estudiados para tornillos de iguales características, pero que no van

instalados en un lugar específico; siendo el mismo torque estándar para todos los tornillos de las mismas características, aunque se monten en diferentes lugares. Para localizarlos en las tablas es necesario conocer el diámetro, del tornillo y el paso o el número de hilos por pulgada, o bien

Conocer SU P/N

"LOS TORQUES ESPECIALES TIENEN PREFERENCIA SOBRE LOS TORQUES ESTÁNDAR." RECOMENDACIONES SOBRE TORQUES EN GENERAL:

* Como norma los tornillos **NO** se deben aflojar (quitar el torque inicial) con un torquimetro, ni con una llave de carraca, se debe utilizar una llave fija o de vaso con material rígido; cuando la tuerca este floja, se usara la carraca para mayor rapidez. Durante el montaje del tornillo procederemos a la inversa, aproximando la tuerca con la carraca y finalmente aplicando el apriete con el torquimetro.

* La utilización de las herramientas, en general, debe hacerse realizando el esfuerzo sobre la mismas "**tirando**" y nunca "**empujando**", para el mejor control del esfuerzo y prevención de accidentes o daños.

Para dar correctamente los torques y en prevención de errores, el esfuerzo debe ser aplicado, sobre la llave, de forma progresiva y uniforme. Los tirones bruscos, pueden provocar que la llave "salte", sin haber alcanzado el rango del torque para el se había ajustado la llave. También es importante estar comprobando, continuamente, que la llave no resbale de la tuerca.

PROCEDIMIENTO DE DAR EL PAR DE APRIETE

Para apretar una tuerca de forma segura y correcta, proceder de la forma siguiente:

*** En general tendremos que observar:**

a.-El tornillo debe estar limpio, sin restos de lubricante o suciedad. Algunos tornillos llevan una capa de lubricante, en estos casos no debe retirarse esta capa.

b.-Si la tuerca que se va torquear es del tipo Autofrenable, debemos considerar el valor de la fricción mínima., y añadirlo al torque especificado. La fricción mínima puede obtenerse, bien de las tablas, correspondientes, bien por medio de un torquimetro pequeño, mediante pruebas.

c- Cuando los torques son aplicados mediante la utilización de algún dispositivo intermedio entre torquimetro y tuerca deberemos considerar la posición de montaje del citado dispositivo, respecto del torquimetro.

Dichas piezas de unión pueden dividirse en dos tipos básicos, bien que sean concéntricas cuando el eje del cuadradillo del torquimetro se alinea con el eje del perno, o bien que no sean concéntricas cuando el eje del cuadradillo del torquimetro y el eje del perno no estén alineados. Cuando se utilice una pieza de conexión concéntrica, el par de apriete aplicado se lee directamente en el cuadrante indicador del torquimetro. Cuando se utilice una pieza de unión no concéntrica, es necesario diferenciar entre dos tipos:

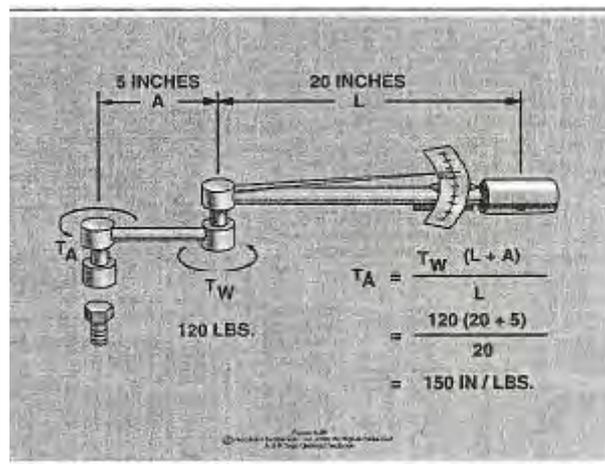
1. Si la extensión está instalada a 90° con respecto al maneral del torquimetro el par de apriete aplicado, se lee directamente en el cuadrante indicador del torquimetro.

2. Si la extensión está instalada a 180° con respecto al maneral del torquímetro, el valor del par de apriete indicado en el cuadrante indicador del torquímetro, debe convertirse al valor actual aplicado a la tuerca, usando la fórmula siguiente:

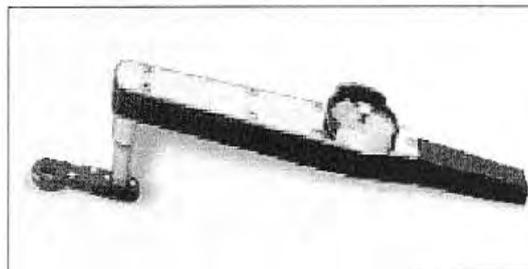
T_W = torque corregido
 T_a = torque recomendado
 L = longitud torquímetro
 A = longitud del dispositivo usado.

$$T_W = \frac{T_a \times L}{L + A}$$

3. Cuando se utilice una extensión curvada, referirse al paso anterior 2. La forma de la extensión y la construcción deben evitar distorsión entre el eje del torquímetro y el eje de extensión del torquímetro.



d.- Lo que gira es la tuerca, permaneciendo frenado el tornillo.



e.- Casos excepcionales, de girar el tornillo y no la tuerca, se compensara el rozamiento del espárrago sobre las paredes de su alojamiento, aplicando el torque máximo recomendado para ese tornillo, sin sobrepasar este máximo nunca.

f.- Para torquear una tuerca almenada y frenada con pasador de aletas, proceder como sigue:

- Colocar, en el torquímetro, el valor inferior del torque recomendado y aplicarlo a la tuerca. Caso de no coincidir el agujero para instalar el pasador, aumentaremos hasta el valor máximo del torque recomendado e iremos apretando la tuerca, poco apoco y observando hasta hacer coincidir el agujero, pero cuidando de no sobrepasar el torque máximo es decir, "sin saltar el torquímetro".

No sobrepasar nunca el límite máximo, establecido en las tablas de torques estándar. Lo habitual es que tengamos un valor mínimo y otro máximo, como torque recomendado Caso de tener un

sólo valor y al aplicarlo sobre la tuerca, el agujero no queda alineado, para el pasador, apretaremos hasta la siguiente almena que nos coincida con el agujero del tornillo.

Nunca aflojar el tornillo, por debajo del margen inferior del torque recomendado, para permitir el centrado del pasador.

g.- Cuando se instala un tornillo o espárrago sobre un agujero no pasante (ciego) , se debe tener la seguridad de que el extremo del tornillo no llega a tocar el fondo del agujero.

h.- Cuando se van a torquear grupos de tornillos sobre una misma superficie o plano de una pieza, no se debe aplicar el torque total desde el inicio, seguir la norma de:

1.-Aproximar todos a mano, lo más posible.

2.-Apretar todos con llave, hasta que toquen la arandela.

3.-Aplicar el torque de forma alternativa y diametralmente opuestos, nunca a tornillos adyacentes.

i.- Si vamos a torquear tornillos sobre piezas que han sido sometidas a calentamiento o enfriamiento, debemos esperar que las piezas recuperen la temperatura ambiente. En otro caso el tornillo podría quedar flojo o sobre apretado, según el caso.

j.- Cuando se aplica el torque sobre un tornillo nuevo, o tuerca no autofrenable, se recomienda apretarlo primero hasta el torque recomendado y aflojar media vuelta aproximadamente, para volver a torquear al valor recomendado. Esto limpia y suaviza la rosca.

k.- Para apretar la tornillería roscada que esté instalada a través de material plástico, goma o material similar, seguir el procedimiento siguiente:

1. Apretar una tuerca autofrenable, al 50 % del valor mínimo, establecido en las tablas.

2. Apretar una tuerca al 25 % del valor mínimo de par de apriete, indicado en las tablas

1.- En caso de error, si se ha sobrepasado el valor límite máximo del par de apriete, desmontar y sustituir los pernos sobre apretados.

m.- Para verificar el par de apriete de las tuercas, previamente torquedados, aplicar a la tuerca el valor del par de apriete, indicado

en las tablas, sujetando la cabeza del perno. Soltar la cabeza del

perno, aplicando todavía el par de apriete a la tuerca. Si la cabeza

del perno gira a un valor menor que el del mínimo par de apriete,

comprobar si la tuerca no está instalada en la parte no roscada del

vastago del perno.

n.- Cuando se utilicen pernos de acero inoxidable, lubricar los hilos

de rosca, utilizando compuesto antigripante.

o.- Cuando se utilicen pernos de acero inoxidable, utilizar tuercas fabricadas del mismo material. Para las tuercas y pernos de acero inoxidable.

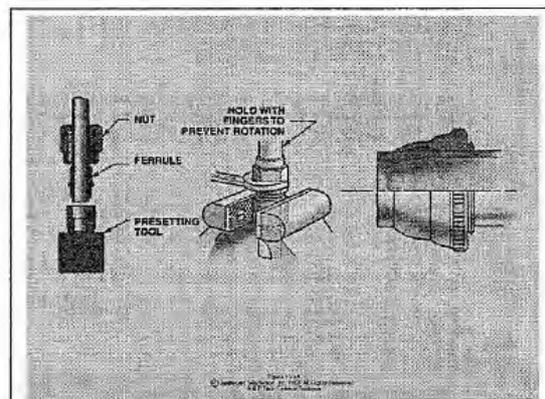
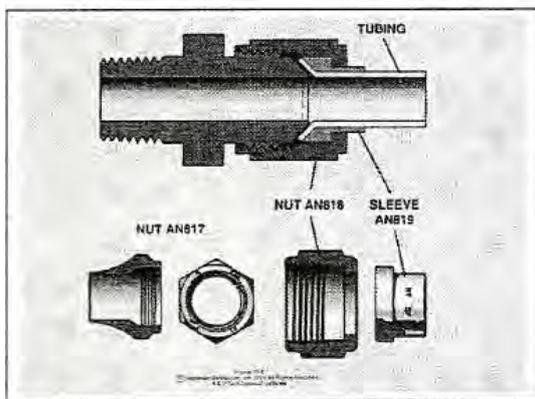
TOSERÍAS FLEXIBLES Y RÍGIDAS VALORES DE LOS PARES DE APRIETE

Las conexiones de unión utilizada para fijar los extremos de las tuberías flexibles o rígidas, deben apretarse a los valores de los pares de apriete indicados en las tablas. Los valores indicados han sido calculados, de forma que proporcionen una conexión rígida para evitar fugas, y, al mismo tiempo, mantener el cono de sellado con una deformación que se encuentre dentro de límites aceptables para futuras instalaciones.

PROCEDIMIENTO DE APRETADO

Para conseguir una instalación segura y reducir la posibilidad de fugas, proceder de la forma siguiente:

1. Asegurarse de que las aberturas de los extremos de los tubos y uniones, están limpias, a fin de evitar la entrada de materias extrañas en el sistema.
2. Colocar las tuberías flexibles y rígidas, tan lejos como sea posible de la estructura del helicóptero, lejos de los conductos de aire, cables y tubos de control. Las tuberías flexibles y rígidas del sistema de combustible y del sistema de aceite del motor, deben instalarse tan lejos como sea posible de cualquier cable eléctrico, siempre por encima de los cableados eléctricos, para reducir el riesgo de fuego, en caso de fugas.
3. Lubricar, cuidadosamente, las uniones. No dejar que el aceite de lubricación entre en las tuberías flexibles ni rígidas.
4. Antes de la instalación, asegurarse de que los conos no presentan evidencias de grietas, rebabas, ni bordes vivos, y que los conos son concéntricos con respecto a los manguitos. Los manguitos bloqueados en las tuberías flexibles o rígidas, no representan una causa de sustitución, toda vez que las tuercas deben poder girar sobre los manguitos.



5. Después de la instalación, el ensanchamiento (abocardado) de la tubería flexible o rígida tiene que estar correctamente en contacto con el cono de la unión. No usar nunca una tuerca para hacer el ensanchamiento (abocardado) en el extremo de la tubería flexible rígida; esto puede

dañar el cono de unión.

6. Colocar en su sitio la tuerca en la unión y apretar a mano hasta que el ensanchamiento de la tubería flexible o rígida esté correctamente en contacto con al cono de la unión. No usar nunca una llave antes de que el ensanchamiento entre en contacto con el cono, ya que de otra forma puede producirse daño en la superficie de sellado.

7. Cuando se aplique el par de apriete, sujetar la unión, usando para ello una llave.

EQUIVALENCIAS Y UNIDADES MAS OSADAS.

- MILLA TERRESTRE=1760 YARDAS=5280 PIES=1609,3 METROS.
- MILLA NAÚTICA=NUDO 0 MILLA/HORA=1853 METROS.
- YARDA=3 PIES=36 PULGADAS=0,91 METROS.
- PIE=12 PULGADAS=0,3 METROS.
- PULGADA=25,4 MILÍMETROS.
- GALON=8 PINTAS=3,7 8 LITROS.
- PINTA=0,550 LITROS.
- U.S. BARRIL DE PETROLEO=42 GALONES=158,97 LITROS.
- LIBRA=16 ONZAS=453,59 GRAMOS.
- ONZA=28,35 GRAMOS.

PRESIÓN.

- KGS/CM²=14,2 PSI (LBS/INCH²)
- KGS/CM²=1 ATMOSFERA.
- LBS/INCH² (PSI)=0.0703KGS/CM²=0,06894 BARES.
- 1 BAR=14,5 PSI

TEMPERATURA.

- 0°C=32°F
- 100°C=212°F

PARA CONVERTIR A °F:

$$F = 9/5 \cdot C + 32$$

multiplicar los °C por 1,8 y sumar

PARA CONVERTIR A °C:

$$C = (F - 32) \cdot 5/9$$

Restar 32 a los °F y multiplicar por

TABLA II. Dimensiones de las roscas para tornillos.

| Tamaño nominal | Diámetro exterior (pulg.) | Diámetro del paso (pulg.) | Diámetro de la raíz (pulg.) | Broca comercial para roscar después el 75 % aproximadamente de roscas cortadas o lima | Equivalente decimal de la broca para el roscado posterior |
|----------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|---|
| 0-80-F | 0.0600 | 0.0619 | 0.0438 | 3/64 | 0.0488 |
| 1-68 | 0.0750 | 0.0614 | 0.0488 | 5/64 | 0.0600 |
| 4-4-F | 0.0750 | 0.0628 | 0.0527 | 5/32 | 0.0595 |
| 7-7-F | 0.0750 | 0.0640 | 0.0540 | 5/32 | 0.0595 |
| 2-32-C | 0.0800 | 0.0764 | 0.0628 | 5/32 | 0.0700 |
| 4-4-F | 0.0800 | 0.0759 | 0.0637 | 5/32 | 0.0700 |
| 3-32-C | 0.0900 | 0.0855 | 0.0719 | 47 | 0.0765 |
| 5-2-F | 0.0900 | 0.0874 | 0.0738 | 45 | 0.0820 |
| 6-32 | 0.1120 | 0.0917 | 0.0714 | 46 | 0.0820 |
| 30 | 0.1120 | 0.0940 | 0.0729 | 44 | 0.0800 |
| 40-C | 0.1120 | 0.0958 | 0.0739 | 43 | 0.0800 |
| 48-F | 0.1120 | 0.0965 | 0.0848 | 42 | 0.0835 |
| 5-26 | 0.1250 | 0.1078 | 0.0888 | 40 | 0.0860 |
| 40-C | 0.1250 | 0.1088 | 0.0928 | 38 | 0.1015 |
| 44-F | 0.1250 | 0.1102 | 0.0958 | 37 | 0.1040 |
| 6-32-C | 0.1300 | 0.1177 | 0.0974 | 38 | 0.1066 |
| 36 | 0.1300 | 0.1200 | 0.1019 | 34 | 0.1110 |
| 48-F | 0.1300 | 0.1218 | 0.1056 | 33 | 0.1130 |
| 7-32 | 0.1510 | 0.1294 | 0.1077 | 31 | 0.1200 |
| 27 | 0.1510 | 0.1307 | 0.1104 | 31 | 0.1200 |
| 38 | 0.1510 | 0.1330 | 0.1149 | 1/8 | 0.1250 |
| 8-32 | 0.1640 | 0.1423 | 0.1207 | 30 | 0.1265 |
| 32-C | 0.1640 | 0.1437 | 0.1204 | 29 | 0.1280 |
| 36-F | 0.1640 | 0.1460 | 0.1279 | 29 | 0.1300 |
| 46 | 0.1640 | 0.1478 | 0.1315 | 28 | 0.1326 |
| 9-24 | 0.1770 | 0.1499 | 0.1229 | 28 | 0.1360 |
| 30 | 0.1770 | 0.1533 | 0.1237 | 27 | 0.1440 |
| 32 | 0.1770 | 0.1567 | 0.1264 | 26 | 0.1470 |
| 10-24-C | 0.1900 | 0.1639 | 0.1329 | 25 | 0.1495 |
| 28 | 0.1900 | 0.1668 | 0.1438 | 23 | 0.1640 |
| 36 | 0.1900 | 0.1694 | 0.1467 | 22 | 0.1670 |
| 32 | 0.1900 | 0.1677 | 0.1484 | 21 | 0.1680 |
| 12-24-C | 0.2160 | 0.1839 | 0.161 | 16 | 0.1770 |
| 28 | 0.2160 | 0.1928 | 0.1603 | 14 | 0.1820 |
| 32 | 0.2160 | 0.1907 | 0.1754 | 13 | 0.1880 |

Nota: C igual a standard de roscas best; F igual a standard de roscas fine.

TABLA DE TORQUE ESTÁNDAR

| Bolt, Stud or Screw Size | | Torque Values in Inch-Pounds for Tightening Nuts | | | |
|-----------------------------|-----------|---|--|--|--|
| | | On standard bolts, studs, and screws having a tensile strength of 115,000 to 140,000 p.s.i. | | On bolts, studs, and screws having a tensile strength of 140,000 to 160,000 p.s.i. | On high-strength bolts, studs, and screws having a tensile strength of 160,000 p.s.i. and over |
| | | Shear type nuts (AN305, AN304 or equivalent) | Tension type nuts and threaded machine parts (AN-310, AN305 or equivalent) | Any nut, except shear type | Any nut, except shear type |
| <i>NC</i> | <i>NF</i> | | | | |
| 8-32 | 8-36 | 7-9 | 13-15 | 14-17 | 15-18 |
| 10-24 | 10-32 | 12-15 | 20-25 | 23-30 | 25-35 |
| 1/4-20 | | 25-30 | 40-50 | 45-60 | 50-68 |
| | 1/4-28 | 30-40 | 50-70 | 60-80 | 70-90 |
| 5/16-18 | | 48-55 | 80-90 | 85-117 | 90-144 |
| | 5/16-24 | 60-85 | 100-140 | 130-172 | 140-200 |
| 3/8-16 | | 95-110 | 160-165 | 175-217 | 185-248 |
| | 3/8-24 | 95-110 | 160-190 | 175-271 | 190-351 |
| 7/16-14 | | 140-155 | 235-255 | 245-343 | 255-458 |
| | 7/16-20 | 270-300 | 450-500 | 475-628 | 500-758 |
| 1/2-13 | | 240-290 | 400-480 | 440-636 | 480-702 |
| | 1/2-20 | 290-410 | 450-690 | 585-840 | 650-900 |
| 9/16-12 | | 300-420 | 500-700 | 600-845 | 700-990 |
| | 9/16-18 | 480-600 | 800-1,000 | 900-1,220 | 1,000-1,440 |
| 5/8-11 | | 420-540 | 700-900 | 800-1,125 | 900-1,350 |
| | 5/8-18 | 660-790 | 1,100-1,300 | 1,200-1,730 | 1,300-2,160 |
| 3/4-10 | | 790-950 | 1,150-1,800 | 1,380-1,925 | 1,600-2,250 |
| | 3/4-16 | 1,300-1,510 | 2,300-2,500 | 2,400-3,500 | 2,500-4,500 |
| 7/8-9 | | 1,300-1,800 | 2,200-3,000 | 2,600-3,575 | 3,000-4,140 |
| | 7/8-14 | 1,800-1,800 | 2,500-3,000 | 2,750-4,650 | 3,000-6,300 |
| 1"-8 | | 2,300-3,000 | 3,700-5,000 | 4,350-5,925 | 5,000-6,840 |
| | 1"-14 | 2,300-3,300 | 3,700-5,500 | 4,600-7,250 | 5,500-9,000 |
| 1 1/8-8 | | 3,300-4,000 | 5,500-6,500 | 6,000-8,650 | 6,500-10,800 |
| | 1 1/8-12 | 3,000-4,300 | 5,000-7,600 | 6,000-10,250 | 7,000-13,500 |
| 1 1/4-8 | | 4,000-5,000 | 6,500-8,600 | 7,250-11,000 | 8,000-14,000 |
| | 1 1/4-12 | 5,400-6,600 | 9,000-11,000 | 10,000-16,750 | 11,000-22,500 |

FIGURE 6-13. Standard torque table (inch-pounds).

| | BOLTS STEEL TENSION | | | | BOLTS STEEL TENSION | | | | BOLTS ALUMINUM | | | |
|----------------------|---|--------|---|-------|--|--------|---|-------|---|-------|------------------------------|-------|
| | AN3 THRU AN26 AN42 THRU AN49 AN73 THRU AN81 AN173 THRU AN185 MS20033 THRU MS20046 MS20073 MS20074 AN509 NK9 MS24894 AN525 NK525 MS27029 | | | | MS20004 THRU MS20024 NAS144 THRU NAS158 NAS333 THRU NAS343 NAS583 THRU NAS599 NAS624 THRU NAS644 NAS1303 THRU NAS1320 NAS172 NAS174 NAS317 | | | | AN300 THRU AN2000 AN17300 THRU AN18600 AN30900 AN5250 MS27039D MS2489400 | | | |
| | NUTS | | | | NUTS | | | | NUTS | | | |
| | STEEL TENSION | | STEEL SHEAR | | STEEL TENSION | | STEEL SHEAR | | ALUMINUM TENSION | | ALUMINUM SHEAR | |
| | AN310 AN315 AN363 AN365 NAS1021 MS17825 MS21045 MS20355 MS20050 NAS679 | | AN320 AN364 NAS1022 MS17826 MS20364 | | AN310 AN315 AN363 AN365 MS17825 MS20365 MS21045 NAS1021 NAS679 NAS1291 | | AN320 AN364 NAS1022 MS17826 MS20364 | | AN3050 AN3100 NAS10910 | | AN3200 AN3640 NAS10220 | |
| FINE THREAD SERIES | | | | | | | | | | | | |
| NUT- BOLT SIZE | TORQUE LIMITS IN-LBS | | TORQUE LIMITS IN-LBS | | TORQUE LIMITS IN-LBS | | TORQUE LIMITS IN-LBS | | TORQUE LIMITS IN-LBS | | TORQUE LIMITS IN-LBS | |
| | MIN | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX |
| 3-36 | 12 | 15 | 7 | 9 | | | | | 5 | 10 | 3 | 6 |
| 1/4-28 | 20 | 25 | 12 | 15 | 25 | 30 | 15 | 20 | 10 | 15 | 5 | 10 |
| 5/16-24 | 50 | 70 | 33 | 40 | 80 | 100 | 50 | 60 | 30 | 45 | 15 | 30 |
| 3/8-24 | 100 | 140 | 60 | 85 | 120 | 165 | 70 | 90 | 40 | 65 | 25 | 40 |
| 7/16-20 | 160 | 190 | 94 | 110 | 200 | 250 | 120 | 150 | 75 | 110 | 45 | 70 |
| 1/2-20 | 450 | 500 | 270 | 300 | 570 | 630 | 300 | 400 | 180 | 260 | 110 | 170 |
| 9/16-18 | 480 | 590 | 290 | 410 | 770 | 950 | 450 | 550 | 280 | 410 | 150 | 200 |
| 5/8-18 | 800 | 1,000 | 480 | 600 | 1,100 | 1,300 | 650 | 800 | 380 | 540 | 230 | 360 |
| 3/4-16 | 1,100 | 1,300 | 660 | 780 | 1,250 | 1,550 | 750 | 950 | 550 | 670 | 270 | 420 |
| 7/8-14 | 2,000 | 2,500 | 1,300 | 1,500 | 2,650 | 3,200 | 1,800 | 1,900 | 950 | 1,250 | 560 | 800 |
| 1-14 | 2,500 | 3,000 | 1,600 | 1,800 | 3,500 | 4,200 | 2,100 | 2,800 | 1,200 | 1,800 | 750 | 1,200 |
| 1-1/4-12 | 3,700 | 4,500 | 2,200 | 3,300 | 4,500 | 5,500 | 2,700 | 3,300 | 1,600 | 2,400 | 950 | 1,500 |
| 1 1/8-12 | 5,000 | 7,000 | 3,000 | 4,200 | 6,000 | 7,300 | 3,800 | 4,400 | 2,100 | 3,200 | 1,250 | 2,000 |
| 1 1/4-12 | 9,000 | 11,000 | 5,400 | 6,600 | 11,000 | 13,400 | 6,800 | 8,000 | 3,800 | 5,800 | 2,300 | 3,650 |
| COARSE THREAD SERIES | | | | | | | | | | | | |
| 8-32 | 12 | 15 | 7 | 9 | | | | | | | | |
| 10-24 | 20 | 25 | 12 | 15 | | | | | | | | |
| 1/4-20 | 40 | 50 | 25 | 30 | | | | | | | | |
| 5/16-18 | 80 | 90 | 40 | 55 | | | | | | | | |
| 3/8-16 | 160 | 185 | 85 | 110 | | | | | | | | |
| 7/16-14 | 225 | 255 | 140 | 155 | | | | | | | | |
| 1/2-12 | 400 | 480 | 240 | 290 | | | | | | | | |
| 9/16-12 | 500 | 700 | 300 | 420 | | | | | | | | |
| 5/8-11 | 700 | 900 | 420 | 540 | | | | | | | | |
| 3/4-10 | 1,100 | 1,600 | 700 | 950 | | | | | | | | |
| 7/8-9 | 2,200 | 3,000 | 1,300 | 1,800 | | | | | | | | |
| 1-8 | 3,700 | 5,000 | 2,200 | 3,000 | | | | | | | | |
| 1 1/8-8 | 5,500 | 6,500 | 3,300 | 4,000 | | | | | | | | |
| 1 1/4-8 | 8,500 | 8,000 | 4,000 | 5,000 | | | | | | | | |

TEMA IV

EQUIPOS DE COMPROBACIÓN

1. CAJA DE PRUEBAS DE ESTÁTICAS

DESCRIPCIÓN GENERAL

un comprobador de estática es un sofisticado microprocesador programable, basado en transductores de última tecnología que permiten simular condiciones de altitud, velocidad y variaciones de velocidad vertical, para probar determinados sistemas de indicación en la aeronave, o aprovechar estas condiciones para realizar pruebas que así lo requieran.

Normalmente suministran presión (señales de velocidad) y vacío (para determinar señales de altitud), y una mezcla de ambas para generar señales de velocidad vertical.

El software contenido suele incorporar protectores para aislar los instrumentos del avión de posibles daños causados por condiciones de velocidad negativa y sobre presurización. Los límites de protección pueden ser programados desde un menú en las pantallas de los equipos.

Los límites de protección son calculados para actuar sobre válvulas de solenoide y salvaguardar los instrumentos del avión tales como: indicador de altitud, anemómetro, indicador de régimen de ascenso/descenso, etc. Asimismo, los comprobadores de Pitot/Estática aseguran una medición correcta para comprobar pérdidas en estos sistemas, incluyendo computadores de datos de aire, indicadores anteriormente citados, EPR (Engine Pressure Ratio) así como la estanqueidad en las distintas instalaciones.

Hoy en día, los comprobadores de sistemas neumáticos trabajan bajo la demanda de requerimientos RVSM.

Una bomba eléctrica interna es la encargada de suministrar vacío y presión hasta los límites de funcionamiento del equipo. Estos pueden estar en torno hasta 55.000 pies de altura y 6.000 pies por minuto en regímenes de ascenso o descenso. Además, normalmente, se alimentan a 115/220 voltios de alterna con frecuencias de 47/400 Hz, lo que permite utilizarlos en el avión directamente o en bancos de prueba.

DESCRIPCIÓN FÍSICA.

El equipo descrito a continuación es de características básicas, siendo muy similares los equipos que el alumno puede encontrar al realizar su trabajo.

CAJA DE TRANSPORTE

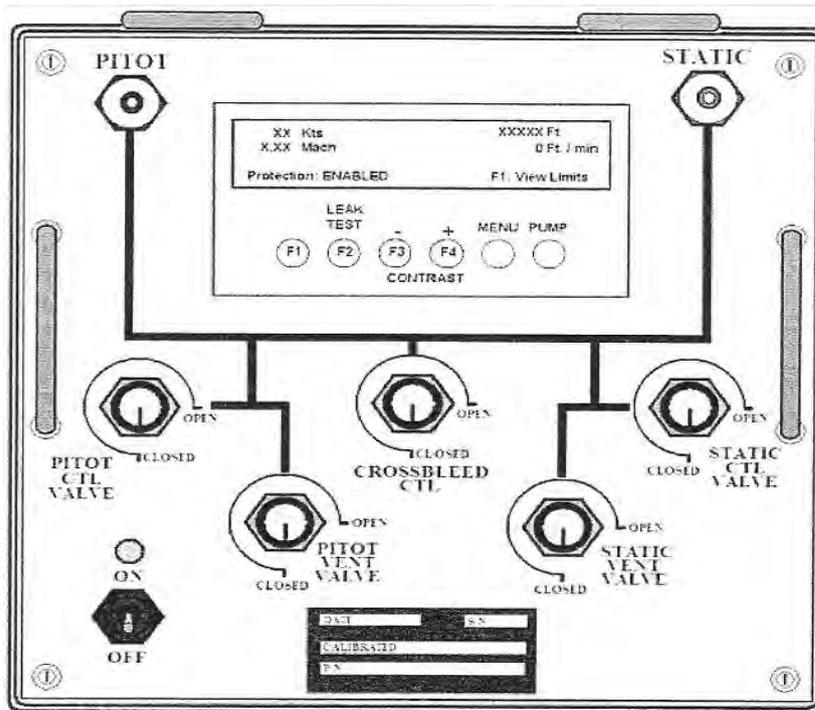
La caja de transporte está construida, normalmente, en fibra de vidrio, tanto en los laterales como en el panel inferior.

En la parte inferior se encuentran los soportes del panel de control. La parte superior tiene bisagras deslizantes para facilitar su desmontaje; también dispone de fijaciones para almacenar los manuales de operación, cables de alimentación y tuberías neumáticas.

PANEL DE CONTROL

Los controles que se indican a continuación son típicos. Pequeñas modificaciones en función del fabricante del equipo y de las flotas donde se utilizará determinarán una mayor o menor complejidad en su uso. No obstante, los mandos indicados a continuación nos los podremos encontrar en cualquier comprobador de neumático con funciones similares.

- *PITOT PORT* Conecta el Sistema PITOT de la aeronave al comprobador.
- *PANEL DE CONTROL* Permite visualizar las medidas realizadas, los límites programados de operación y la información de calibración. También permite programar los límites de operación de la bomba de neumático, tanto para valores de altitud, de velocidad y régimen de ascenso o descenso.
- *STATIC PORT* Conecta el sistema de estática al comprobador.
- *CONTROL PITOT* Permite presurizar el sistema del avión con velocidades comprendidas entre los márgenes de operación del comprobador.



- *CROSSBLEED CONTROL* Permite controlar las diferencias de presión entre los sistemas de PITOT y estática.
- *STATIC CONTROL* Controla la presurización de los sistemas de estática para simular condiciones de presión barométrica (altitudes) comprendidas entre los márgenes de operación del comprobador.
- *FUSES* Se instalan fusibles de protección para el equipo contra picos de tensión provocados por las distintas fuentes de alimentación (aeronave o banco).
- *POWER SNITCH* Es el encargado de permitir llegada de alimentación al equipo. El interruptor de alimentación sólo se debe de situar en posición ON después de abrir las válvulas de ventilación de estática y PITOT y haber cerrado las válvulas de control de PITOT y estática.
- *FUSED POWER ENTRY MODULE* Permiten conectar el equipo a la
- fuente de alimentación (aeronave o banco).
- *PITOT VENT* Libera la presión del sistema PITOT a la atmósfera ambiente.
STATIC VENT Libera la presión del sistema estático a la atmósfera ambiente.

ADAPTADORES Y TUBERÍAS.

Todo comprobador de estática contiene su propio kit de tuberías y adaptadores que permiten conectar el comprobador a la aeronave.

Las tuberías de PITOT suelen tener una longitud mínima de 8 metros y terminan en conectores rápidos auto-sellados que permiten su conexión a terminales PITOT de la aeronave. Se identifican por bandas de color rojo en cada uno de sus extremos.

Las tuberías de estática tienen características físicas similares a las tuberías de PITOT (longitud, conectores, etc.), pero disponen de bandas de color azul ó amarillo en sus extremos.

Adaptadores para tubo PITOT. Son capuchas de goma flexible que se utilizan para conectar las tuberías PITOT al tubo PITOT de la aeronave.

Adaptadores de tomas de estática. Permiten conectar las tomas de estática de la aeronave a las tuberías estáticas. Suelen estar normalizadas.

CABLES DE ALIMENTACIÓN

Se suministran instalaciones trifásicas para conectar el equipo a la instalación eléctrica de la aeronave o poder conectarle a bancos de trabajo (115/220 voltios de corriente alterna).

OPERACIÓN

La bomba de presión interna del comprobador es capaz de simular 650 nudos, y la bomba de vacío hasta 55.000 pies.

Con el control de alimentación cruzada, y las válvulas de ventilación de PITOT y estática cerradas el control de PITOT permite suministrar presión desde el equipo al sistema PITOT de la aeronave, lo que provoca una reacción en ambos que se traduce en una indicación de velocidad visualizada en la pantalla del equipo y en el instrumento que está siendo comprobado a través de las conexiones PITOT.

La válvula de control de estática tiene mandos similares al sistema de vacío del comprobador. Las dos válvulas de ventilación permiten igualar sus respectivos sistemas con la presión ambiente. La válvula de control de alimentación cruzada controla la presión diferencial en las líneas de vacío y de presión del comprobador. La operación adecuada de las distintas válvulas y el control de la presión suministrada por el equipo en las líneas de PITOT (presión) y/o estática (vacío) permiten tener lecturas de altitud, velocidad, régimen de ascenso/descenso en los indicadores de la aeronave y en la pantalla del equipo.

La exactitud y estabilidad de los transmisores permiten al técnico comprobar los sistemas de la aeronave sin la necesidad de utilizar cartas de corrección.

Circuitos de protección

Los sistemas de la aeronave están protegidos contra regímenes y presiones excesivos. Para ello se utilizan válvulas de seguridad y válvulas unidireccionales. Las válvulas de seguridad son válvulas de solenoide controladas por el equipo en función de los límites programados desde el panel de control.

Cuando la velocidad, la altitud o VSI se aproximan a los límites de protección programados aparece un indicador en la pantalla junto al parámetro afectado, avisando al operador que los límites están a punto de ser excedidos. Si no se toma una acción correctora y se supera dicho límite la válvula de solenoide asociada actúa y aísla los sistemas de la aeronave de las tuberías del comprobador.

No es usual que podamos programar velocidad y altitud negativa, pero los equipos vienen con protecciones en este sentido de aproximadamente hasta -30 nudos y -1.800 pies. Cuando alguno de estos límites es excedido tendremos avisos luminosos en la pantalla y los circuitos de protección serán activados.

Los equipos suelen disponer de un menú de guiado a través de un display LCD que ayuda al técnico durante la comprobación y puesta en marcha. El menú principal se divide en submenús que permiten al usuario fijar una serie de opciones controladas por teclas de función. Estas teclas de función permiten programar los límites máximos de operación, seleccionar el modo de medición de pérdidas, controlar el brillo de la pantalla, medidas de trabajo, etc.

Un pulsador independiente, normalmente identificado con la leyenda PUMP, permite inicializar la operación de la bomba, bien para suministrar presión y/o generar vacío.

A continuación se explica cómo proceder para programar un equipo típico; no obstante, **siempre debemos de leer y atenernos a las instrucciones suministradas por el fabricante del equipo con el que vamos a trabajar.**

EJEMPLO: COMPROBADOR DE PITOT-ESTÁTICAS DPS 350.

1.- AJUSTES INICIALES.

♦ Partiremos de una posición inicial de válvulas, antes de situar el interruptor de alimentación en ON.

VÁLVULA DE CONTROL DE PITOT Totalmente cerrada.

VÁLVULA DE CONTROL DE ESTÁTICA Totalmente cerrada.

VALV. DE VENTILACIÓN PITOT Totalmente abierta.

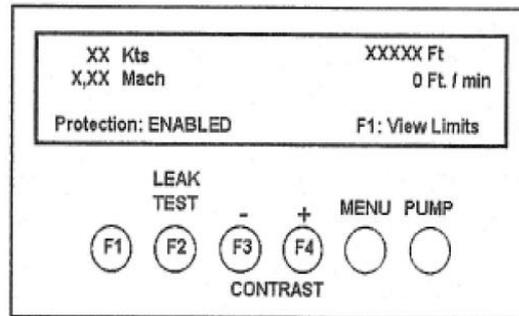
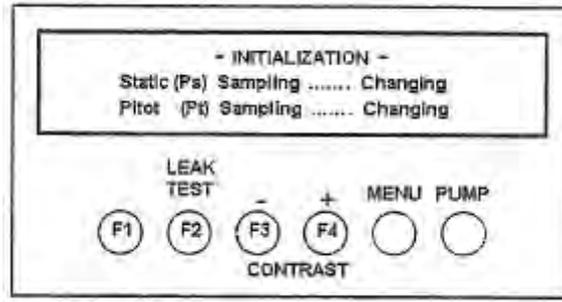
VALV. DE VENTILACIÓN ESTÁTICA Totalmente abierta.

CONTROL DE ALIMENTACIÓN CRUZADO Totalmente abierto. No utilizaremos fuerza excesiva para situar ninguna válvula. Han sido ubicadas válvulas de ajuste que permiten un cierre perfecto sin dañarlas; ahora bien, un forzado excesivo podría llegar a revirar el mando resultando la válvula dañada.

Es imperativo que las válvulas de ventilación estén abiertas y las de control cerradas antes de situar el interruptor en ON para prevenir correcciones de error auto-cero.

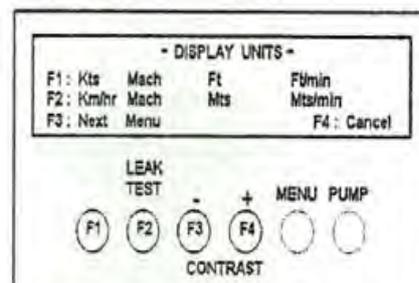
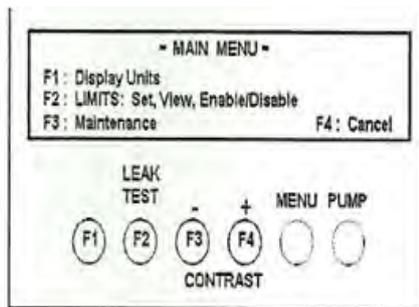
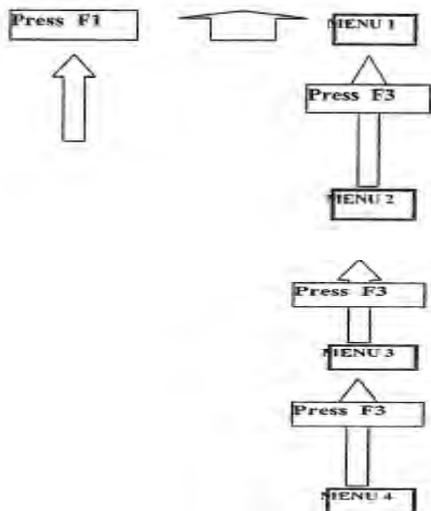
Si la unidad pierde la alimentación o el interruptor es ubicado a OFF por alguna razón mientras se ajusta la altitud y/o la velocidad abrir el CONTROL DE ALIMENTACIÓN CRUZADO y usar las válvulas de ventilación para ventilar el sistema.

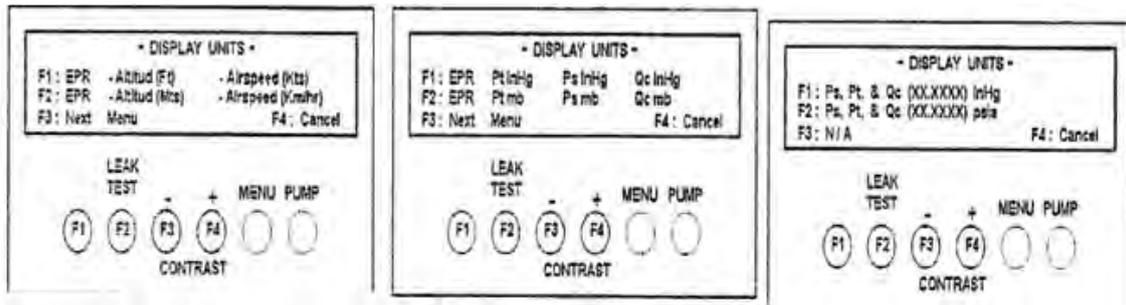
♦ Situar el interruptor de alimentación en ON. En este momento se inicia un test automático. Mientras dura esta auto-prueba se visualiza un mensaje que informa de esta condición en la pantalla. Una vez terminado aparecen los parámetros a programar.



2.- SELECCIÓN DE UNIDADES.

Normalmente todos los comprobadores permiten elegir entre unidades métricas o inglesas, tanto para: EPR, altitud, velocidad y VSI. Esta selección está disponible desde el menú inicial de la pantalla y determina la unidad de trabajo en las mediciones.



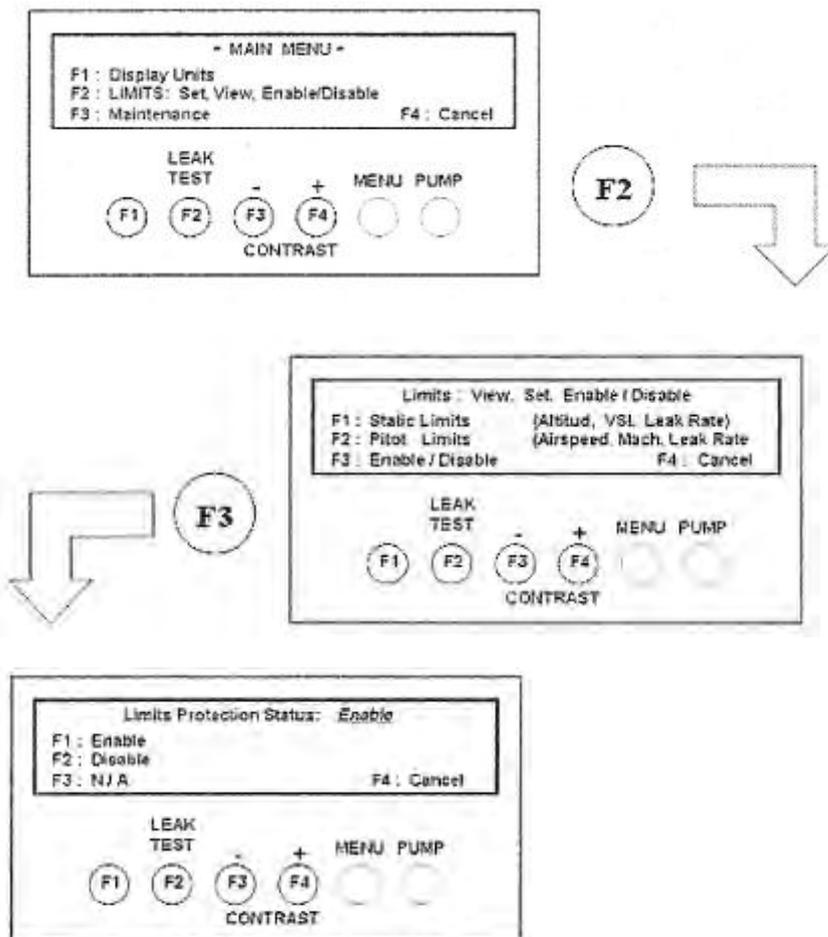


3. PROGRAMACIÓN DE LÍMITES DE PROTECCIÓN.

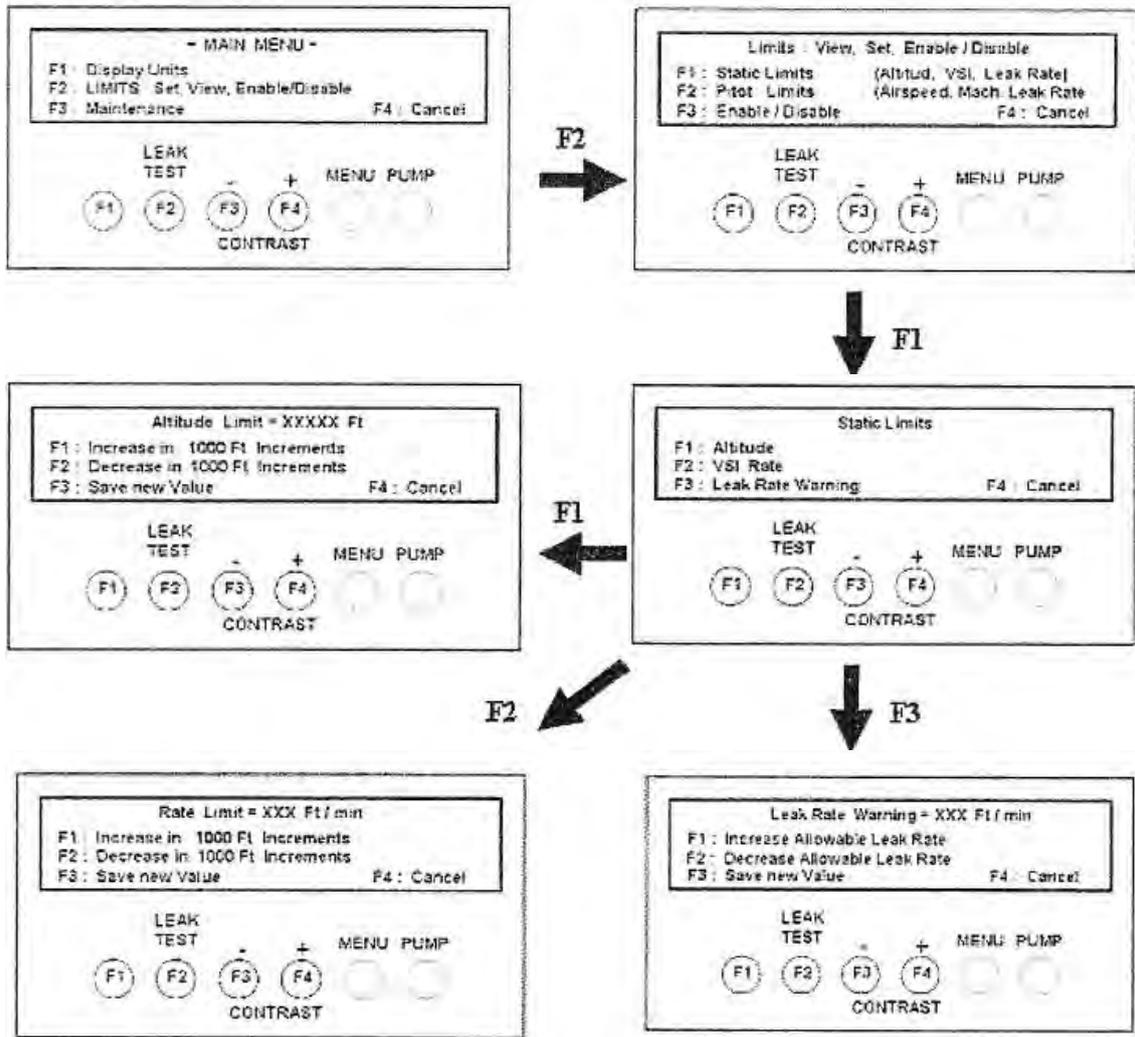
Los límites de protección permiten salvaguardar a los dispositivos a bordo de daños procedentes por un exceso de presión/vacío desde el equipo. Los límites de protección aíslan a la aeronave de situaciones que podríamos generar de forma inadvertida provocando condiciones de sobrepresión, excesiva velocidad vertical, velocidad negativa o altitud negativa.

Durante la comprobación de pérdidas del comprobador y de las instalaciones los límites deben de ser inhabilitados.

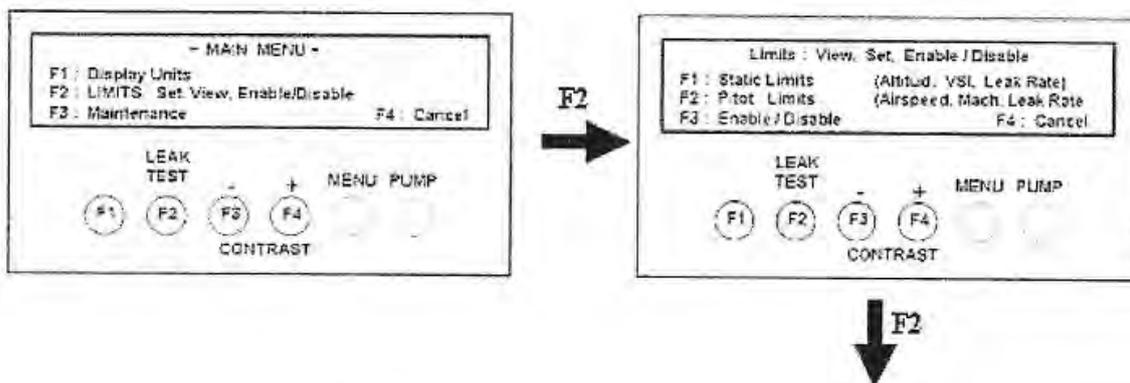
La habilitación o des habilitación de los límites de protección así como su programación se realiza desde el menú principal. Un submenú permite ajustar dichos límites en las unidades selectadas en el punto anterior.

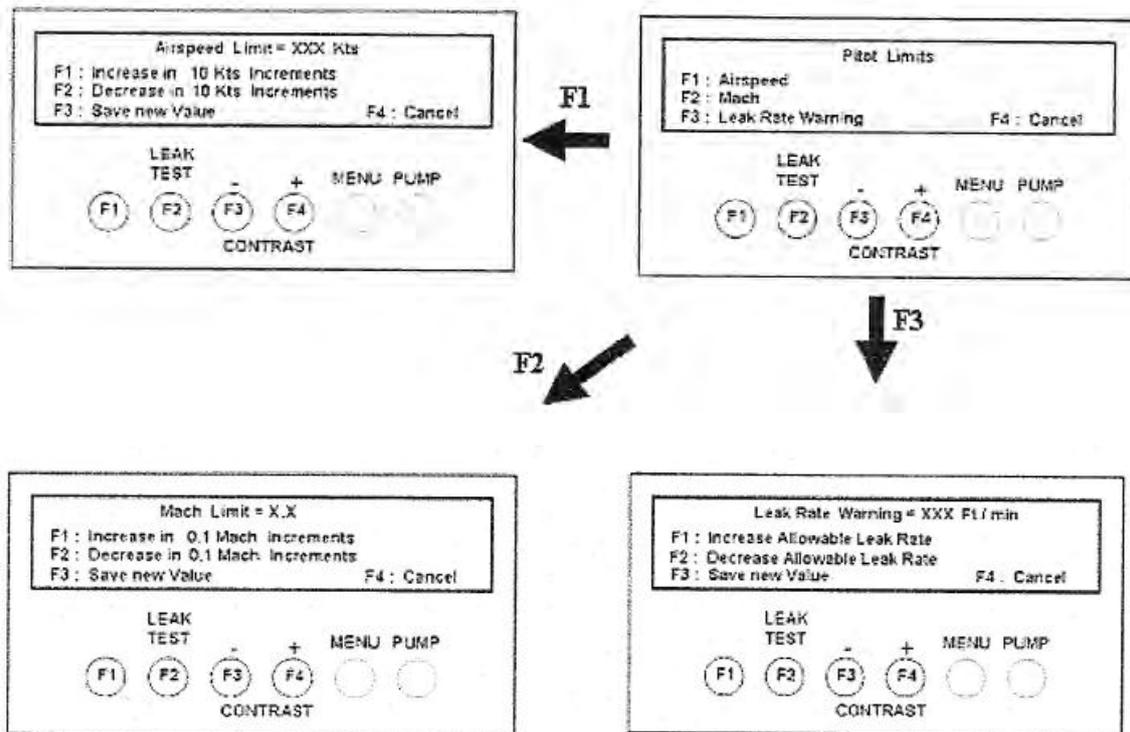


Los límites de la toma estática aseguran protección en la altitud, velocidad vertical (VSI) y régimen de pérdidas estáticas. Dichos límites son programables desde submenús.

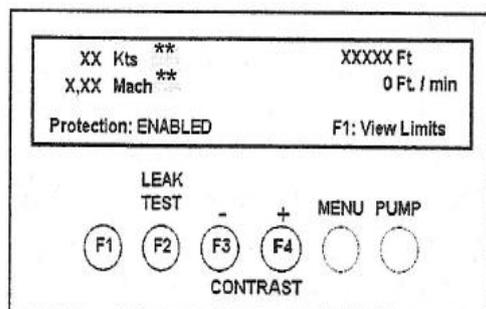


Los límites de las tomas PITOT aseguran protección contra máxima velocidad y régimen de pérdidas PITOT. Este límite también es programable desde submenú.





Se recomienda que el operador siempre programe los límites de protección en cada caso y que estén habilitados antes de suministrar presión a la aeronave o a sus equipos. Una marca en forma de doble asterisco (***) junto a un parámetro determinado, indica que dicho parámetro a sobrepasado su límite de protección.



Los límites que aparecen en pantalla antes de realizar la programación son los programados durante una operación anterior.

4.- REINICIO DE LA INSTALACIÓN ANTE EL DISPARO DE UNA PROTECCIÓN

4.1.- Limite de altitud excedido.

- ◆ Cerrar las válvulas de control de PITOT y estática.
- ◆ Abrir lentamente el control de alimentación cruzada hasta que la velocidad sea igual a 0 nudos.
- ◆ Abrir muy despacio la válvula de ventilación PITOT hasta que la altitud mostrada esté 2.000 pies por debajo del límite programado. En ese momento cierre dicha válvula. No exceder los regimenes de velocidad vertical mientras ventilamos el sistema o dispararemos la protección de VSI.

- ◆ Mediante submenú podemos reasentar la protección de límite excedido.
- ◆ Volver a abrir lentamente la válvula de control estática con cuidado de no exceder la VSI programada.

4.2.- Limite de régimen de velocidad vertical excedido.

- ◆ Cerrar totalmente la válvula de control estática.
- ◆ Permitir que el régimen de velocidad vertical se sitúe por debajo del límite programado. En este momento, mediante submenú, reasentar la protección del límite excedido.
- ◆ Abrir lentamente la válvula de control estática con cuidado de no exceder los límites de velocidad vertical (VSI) programados.

4.3.- Límite de velocidad excedido.

- ◆ Cerrar las válvulas de control de PITOT y estática.
- ◆ Abrir lentamente el control de alimentación cruzada hasta que la velocidad esté por debajo del límite programado.
- ◆ Mediante submenú podemos reasentar la protección de límite excedido.
- ◆ Reasentar la altitud a un valor adecuado para la prueba, abriendo muy despacio la válvula de control estática.
- ◆ Abrir muy despacio la válvula de control PITOT y proceder con el test.

5.- MEDICIÓN DE PÉRDIDAS EN EL COMPROBADOR.

Partiendo de las condiciones iniciales conectaremos las tuberías ciegas ó racores específicos a las tomas de PITOT y estática, asegurando la ausencia de pérdidas, tanto en el avión como en el comprobador (recordar marca azul para toma de estática y marca roja para toma PITOT). Si no disponemos de racores de conexión rápida o auto-sellados, asegúrense con cinta o conectores apropiados.

Conectar el cable de alimentación y situar el interruptor de alimentación en ON. Esperar a que la auto-prueba del equipo haya finalizado. Esto será indicado por la aparición de los parámetros en la pantalla del comprobador.

Si se pierde alimentación por alguna razón mientras se alcanza la altitud y/o la velocidad cerrar las válvulas de control de PITOT y estática, abrir el control de alimentación cruzada y utilizar la válvula de ventilación PITOT (PITOT VENT) para ventilar el sistema.

Presionar el pulsador de bomba (PUMP) para habilitar el funcionamiento de la bomba interna (presión/vacío).

Los límites de protección deben ser deshabilitados durante la comprobación de pérdidas para reducir el tiempo necesario de comprobación de este test.

5.1.- comprobación de pérdidas estáticas

- ◆ Cerrar las válvulas de ventilación de PITOT y estática.
- ◆ Asegurarse que el control de alimentación cruzada está abierto.

- ◆ Abrir lentamente la válvula de control de estática, teniendo en cuenta de no sobrepasar los valores de VSI programados en los límites, y estableciendo una altitud necesaria para realizar la prueba (normalmente 20.000 pies).
- ◆ Si se sobrepasan los límites programados necesitaremos reasentar dichas protecciones tal y como hemos visto antes.
- ◆ Cerrar la válvula de control estática cuando hayamos alcanzado la altitud de prueba requerida.
- ◆ Para empezar la comprobación de pérdidas deberemos de pulsar el botón LEAK TEST. En este caso nos puede aparecer un submenú para elegir pérdidas estáticas o pérdidas del sistema PITOT.
- ◆ Los valores de altitud y velocidad que aparecen en la pantalla son en los que empezará la medición de pérdidas.
- ◆ Deberemos permitir un tiempo de estabilización del equipo antes de iniciar la medición de pérdidas. Transcurrido este tiempo (aproximadamente 60 segundos) se iniciará un período de medición que podemos programar a partir de 2 minutos. Valores de pérdida de 50 pies por minuto pueden ser debidos a tolerancias de las instalaciones. Si los valores son superiores, deberemos de buscar la pérdida y repararla.
- ◆ En cualquier momento podemos cancelar la comprobación de pérdidas, así como reiniciarla.
- ◆ Cuando hayamos terminado, despacio, abrir la válvula de comprobación PITOT para devolver el sistema estático a la presión ambiente. Aseguramos que no ocurrirá una condición de velocidad negativa ventilando la presión estática a través de la válvula de ventilación PITOT.
- ◆ Recordar que no debemos sobrepasar los límites programados.

5.2.- COMPROBACIÓN DE PÉRDIDAS PITOT

- ◆ Cerrar la válvula de ventilación PITOT, pero dejar la válvula de ventilación estática abierta a presión ambiente para prevenir daños al altímetro de la aeronave.
- ◆ Cerrar el mando de alimentación cruzada.
- ◆ Abrir lentamente la válvula de control PITOT, sin sobrepasar los límites programados y establecer un valor de velocidad para realizar la prueba. Cuando se alcance dicho valor cerrar la válvula de control PITOT.
- ◆ Para empezar la comprobación de pérdidas deberemos de pulsar el botón LEAK TEST. En este caso nos puede aparecer un submenú para elegir pérdidas estáticas o pérdidas del sistema PITOT.
- ◆ Los valores de altitud y velocidad que aparecen en la pantalla son en los que empezará la medición de pérdidas.
- ◆ Deberemos permitir un tiempo de estabilización del equipo antes de iniciar la medición de pérdidas. Transcurrido este tiempo (aproximadamente 60 segundos) se iniciará un periodo de medición que podemos programar a partir de 2 minutos. Valores de pérdida de 2 nudos por

minuto pueden ser debidos a tolerancias de las instalaciones. Si los valores son superiores, deberemos de buscar la pérdida y repararla.

- ◆ En cualquier momento podemos cancelar la comprobación de pérdidas, así como reiniciarla.
- ◆ Después de completar la prueba, despacio, abrir la válvula de ventilación PITOT hasta que la velocidad sea de 0 nudos.
- ◆ Después de la comprobación de pérdidas y antes de quitar alimentación, los mandos deben quedar ubicados de la siguiente forma:

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| VÁLVULA DE CONTROL DE PITOT | Totalmente cerrada. |
| VÁLVULA DE CONTROL DE ESTÁTICA | Totalmente cerrada. |
| VALV. DE VENTILACIÓN PITOT | Totalmente abierta. |
| VALV. DE VENTILACIÓN ESTÁTICA | Totalmente abierta. |
| CONTROL DE ALIMENTACIÓN CRUZADA | Totalmente abierto. |

6.- COMPROBACIONES EN LAS INSTALACIONES DE LA AERONAVE

Partimos de la posición inicial de las válvulas indicadas anteriormente y habiendo conectado la alimentación al comprobador y las instalaciones de estática y PITOT.

- ◆ Situar el altímetro barométrico de la aeronave en 29,92 in hg. Situar el interruptor de alimentación en ON. Esperar la finalización de la auto-prueba.
- ◆ Programamos los límites de operación tal y como se ha visto en puntos anteriores, y habilitamos dichas protecciones para altitud, velocidad y velocidad vertical (VSI). Asegurarse que los límites de operación de los instrumentos de la aeronave nunca serán excedidos.

6.1.- COMPROBACIÓN DEL SISTEME. PITO?

Medición de pérdidas.

- ◆ Cerrar la válvula de ventilación PITOT y dejar abierta la válvula de ventilación estática a presión ambiente para prevenir daños al altímetro de la aeronave.
- ◆ Cerrar el control de alimentación cruzada para que el canal PITOT pueda establecer una presión diferencial (velocidad).
- ◆ Abrir la válvula de control PITOT y controlar la indicación en el anemómetro de la aeronave (normalmente 300 nudos). Alcanzada la velocidad deseada de prueba cerrar totalmente la válvula de control PITOT y realizar una comprobación de pérdidas según se ha visto anteriormente.

Comprobación de velocidad.

Debemos de partir de las condiciones iniciales y haber realizado el test de pérdidas de PITOT para el comprobador y para la aeronave.

- ◆ Cerrar la válvula de ventilación PITOT y dejar abierta la válvula de ventilación estática a presión ambiente para prevenir daños al altímetro de la aeronave.
- ◆ Cerrar el control de alimentación cruzada para que el canal PITOT pueda establecer una presión diferencial (velocidad).
- ◆ Abrir la válvula de control PITOT y controlar la indicación en el anemómetro de la aeronave hasta alcanzar la velocidad deseada. Cerrar totalmente la válvula de control PITOT y realizar una comprobación de pérdidas según se ha visto anteriormente. En este momento se pueden realizar las pruebas requeridas pues la velocidad ya está simulada. Rea justar una nueva velocidad, volviendo a abrir la válvula de control PITOT para incrementar dicha velocidad o la válvula de ventilación PITOT para hacerla decrecer.
- ◆ Comprobar los valores indicados con los marcados en la caja y comprobar si están dentro de tolerancia. Terminada la comprobación abrir la válvula de ventilación PITOT, manteniendo la de control PITOT cerrada, hasta alcanzar los 0 nudos.

6.2.- COMPROBACIÓN DEL SISTEMA ESTÁTICO

Partimos de la posición inicial de las válvulas indicadas anteriormente y habiendo conectado la alimentación al comprobador.

Medición de pérdidas.

- ◆ Cerramos las válvulas de ventilación estática y PITOT.
- ◆ Aseguramos que el control de alimentación cruzada está totalmente abierto.
- ◆ Abrir lentamente la válvula de control estática, manteniendo la velocidad vertical (VSI) por debajo de los límites programados hasta alcanzar la altitud deseada para la prueba. En este momento cerrar totalmente la válvula de control estática.
- ◆ Realizar una comprobación de pérdidas de estática tal y como se ha indicado anteriormente.

Comprobación de altitud

- ◆ Situar el altímetro barométrico de la aeronave en 29,92 in hg. Situar el interruptor de alimentación en ON. Esperar la finalización de la auto-prueba.
- ◆ Cerrar las válvulas de ventilación de estática y PITOT.
- ◆ Asegurarse que el control de alimentación cruzada está totalmente abierto.
- ◆ Abrir lentamente la válvula de control de estática, manteniendo la velocidad vertical por debajo de los límites programados hasta alcanzar la altitud deseada para realizar la prueba.
- ◆ Realizar la prueba de pérdidas tal y como se ha visto anteriormente. En este momento se pueden realizar las pruebas requeridas pues la altitud ya está simulada.
- ◆ Abrir lentamente la válvula de control de estática o la válvula de ventilación de estática para aumentar o disminuir la velocidad respectivamente, hasta alcanzar nuevas altitudes de comprobación.

- ◆ Terminado el test, abrir despacio la válvula de ventilación PITOT, controlando la velocidad vertical para devolver la aeronave a la elevación del campo.
- ◆ Ventilar el sistema de presión estático a través de la válvula de ventilación PITOT, asegura que no ocurrirá una condición de velocidad negativa.
- ◆ Después de la comprobación de pérdidas y antes de quitar alimentación, los mandos del comprobador deben quedar posicionados de la siguiente forma:

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| VÁLVULA DE CONTROL DE PITOT | Totalmente cerrada. |
| VÁLVULA DE CONTROL DE ESTÁTICA | Totalmente cerrada. |
| VALV. DE VENTILACIÓN PITOT | Totalmente abierta. |
| VALV. DE VENTILACIÓN ESTÁTICA | Totalmente abierta. |
| CONTROL DE ALIMENTACIÓN CRUZADO | Totalmente abierto. |

6.3.- COMPROBACIÓN COMBINADA PITOT/ESTÁTICA

Siempre deberemos comenzar la prueba por los niveles de altitud y velocidad más bajos. Para prevenir disparos indebidos por los circuitos de protección, debemos de asegurarnos de no sobrepasar los límites programados, sobre todo en regímenes de ascenso y/o descenso al cambiar de altitud y/o velocidad.

- ◆ Debemos de efectuar previamente comprobación de pérdidas en el equipo, y en los sistemas de PITOT y estática de la aeronave, tal y como se describe en puntos anteriores.
- ◆ Calibramos el altímetro de la aeronave a 29,92 in Hg.
- ◆ Los controles del comprobador deben de estar según las condiciones iniciales:

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| VÁLVULA DE CONTROL DE PITOT | Totalmente cerrada. |
| VÁLVULA DE CONTROL DE ESTÁTICA | Totalmente cerrada. |
| VALV. DE VENTILACIÓN PITOT | Totalmente abierta. |
| VALV. DE VENTILACIÓN ESTÁTICA | Totalmente abierta. |
| CONTROL DE ALIMENTACIÓN CRUZADO | Totalmente abierto. |

Antes de presurizar los sistemas de PITOT y estática, debemos de asegurarnos de tener la protección de límites activada a los valores adecuados para Altitud, velocidad, y régimen de velocidad vertical (VSI) de forma de no superar nunca los límites de los instrumentos de la aeronave.

- ◆ Cerrar las válvulas de ventilación de PITOT y estática y asegurarse que el control de Alimentación Cruzada está totalmente abierto.
- ◆ Abrir lentamente la válvula de control de Estática, observando en todo momento la velocidad Vertical (VSI) indicada en los instrumentos de a bordo, de forma que no se sobrepasen los

límites programados, hasta alcanzar el valor de altitud deseado para realizar las pruebas. Una vez alcanzado dicho nivel de altitud, cerramos totalmente la válvula de control de Estática.

- ◆ Cerramos el control de Alimentación Cruzada, para de esta forma poder establecer una presión diferencial (Velocidad).

- ◆ Observar en el instrumento de la aeronave las indicaciones de velocidad según se abre la válvula de control de PITOT, hasta que dicho indicador marque la velocidad elegida para hacer la prueba. Alcanzado este nivel de velocidad, cerrar totalmente la válvula de control de PITOT.

Si deseamos efectuar pruebas en otro nivel de altitud ó simulando otra velocidad, deberemos realizar uno de los siguientes procedimientos:

6.3.1.- Aumentar altitud.

- ◆ Abrir lentamente el control de Alimentación Cruzada hasta que la velocidad sea 0 nudos. Asegurarse que dicho mando permanece totalmente abierto.

- ◆ No ventilaremos el sistema PITOT a través de la válvula de Ventilación PITOT mientras tengamos indicación de altitud, ya que dicha acción causaría un incremento de velocidad.

- ◆ Ajustaremos el nuevo valor de altitud abriendo lentamente la válvula de control de Estática, hasta tener indicado el nuevo valor de altitud en el indicador de la aeronave.

- ◆ Abriendo el control de Alimentación Cruzada, sangraremos presión del sistema PITOT introduciendo aire en el sistema de estática, reduciendo la señal de vacío ó altitud.

- ◆ Cerramos el Control de Alimentación Cruzada, de forma que se establezca una presión diferencial en las instalaciones de PITOT (señal de velocidad)

- ◆ Comprobamos como las indicaciones de velocidad varían, al abrir lentamente la válvula de control PITOT, hasta alcanzar la velocidad deseada para realizar las pruebas. Alcanzado dicho nivel de velocidad, cerraremos totalmente la válvula de control de PITOT.

- ◆ No debemos de sobrepasar en ningún momento los límites programados de seguridad, sobre todo en variaciones de velocidad vertical.

6.3.2.- Disminuir altitud.

- ◆ Abrir lentamente el control de Alimentación Cruzada, hasta que la velocidad alcance los 0 nudos, dejando este control totalmente abierto. No ventilaremos el sistema PITOT a través de la válvula de Ventilación PITOT, para evitar un aumento de velocidad.

- ◆ Ajustaremos la altitud al nivel anterior abriendo lentamente la válvula de control Estática para aumentar, ó la válvula de Ventilación de Estática para hacer disminuir la presión, hasta establecer el nuevo nivel de altitud.

- ◆ Cerrar el Control de Alimentación Cruzada.

- ◆ Debemos de observar las indicaciones de velocidad en la aeronave, mientras abrimos lentamente la válvula de Control PITOT, hasta alcanzar el valor de velocidad deseado para realizar las pruebas. Alcanzado dicho valor de velocidad, cerrar totalmente la válvula de Control PITOT.

6.3.3.- Aumentar velocidad.

◆ Abrir lentamente la válvula de Control PITOT hasta establecer el nuevo nivel de velocidad. Un incremento de velocidad no debe afectar a la indicación en el altímetro.

6.3.4.- Disminuir velocidad

◆ Abrir lentamente el control de Alimentación Cruzada hasta que la velocidad sea 0 nudos. Asegurarse que dicho mando permanece totalmente abierto.

◆ No ventilaremos el sistema PITOT a través de la válvula de Ventilación PITOT mientras tengamos indicación de altitud, ya que dicha acción causarla un incremento de velocidad.

◆ Ajustaremos la altitud al nivel anterior abriendo lentamente la válvula de control Estática

◆ Abriendo el control de Alimentación Cruzada, sangraremos presión del sistema PITOT introduciendo aire en el sistema de estática, reduciendo la señal de vacío ó altitud.

◆ Cerramos el Control de Alimentación Cruzada, de forma que se establezca una presión diferencial en las instalaciones de PITOT (señal de velocidad)

◆ Comprobamos como las indicaciones de velocidad varían, al abrir lentamente la válvula de control PITOT, hasta alcanzar la velocidad deseada para realizar las pruebas. Alcanzado dicho nivel de velocidad, cerraremos totalmente la válvula de control de PITOT.

6.3.5.- Ajuste da velocidad y altitud

◆ Abrir lentamente el control de Alimentación Cruzada hasta que la velocidad sea 0 nudos. Asegurarse que dicho mando permanece totalmente abierto.

◆ No ventilaremos el sistema PITOT a través de la válvula de Ventilación PITOT mientras tengamos indicación de altitud, ya que dicha acción causarla un incremento de velocidad.

◆ Ajustaremos la altitud al nivel anterior abriendo lentamente la válvula de control Estática para aumentar, ó la válvula de Ventilación de PITOT para hacer disminuir la presión, hasta establecer el nuevo nivel de altitud.

◆ Abriendo el control de Alimentación Cruzada, sangraremos presión del sistema PITOT introduciendo aire en el sistema de estática, reduciendo la señal de vacío ó altitud.

◆ Cerramos el Control de Alimentación Cruzada, de forma que se establezca una presión diferencial en las instalaciones de PITOT (señal de velocidad).

◆ Comprobamos como las indicaciones de velocidad varían, al abrir lentamente la válvula de control PITOT, hasta alcanzar la velocidad deseada para realizar las pruebas. Alcanzado dicho nivel de velocidad, cerraremos totalmente la válvula de control de PITOT.

6.4.- FINALIZACIÓN DE PRUEBAS

◆ Después de finalizar todas las comprobaciones, abriremos lentamente el control de Alimentación Cruzada hasta que la velocidad sea 0 nudos. Asegurarse que dicho mando permanece totalmente abierto.

◆ Abrir lentamente la válvula de Ventilación PITOT hasta que la altitud disminuya hasta la elevación del campo. Para asegurarnos de no. generar una condición de velocidad negativa, es importante ventilar el sistema Estática, a través de la válvula de Ventilación PITOT, controlando en todo momento los límites de velocidad programados para que no se sobrepasen.

◆ Los controles del comprobador deben de quedar según las condiciones iniciales, antes de poner el selector de alimentación a OFF:

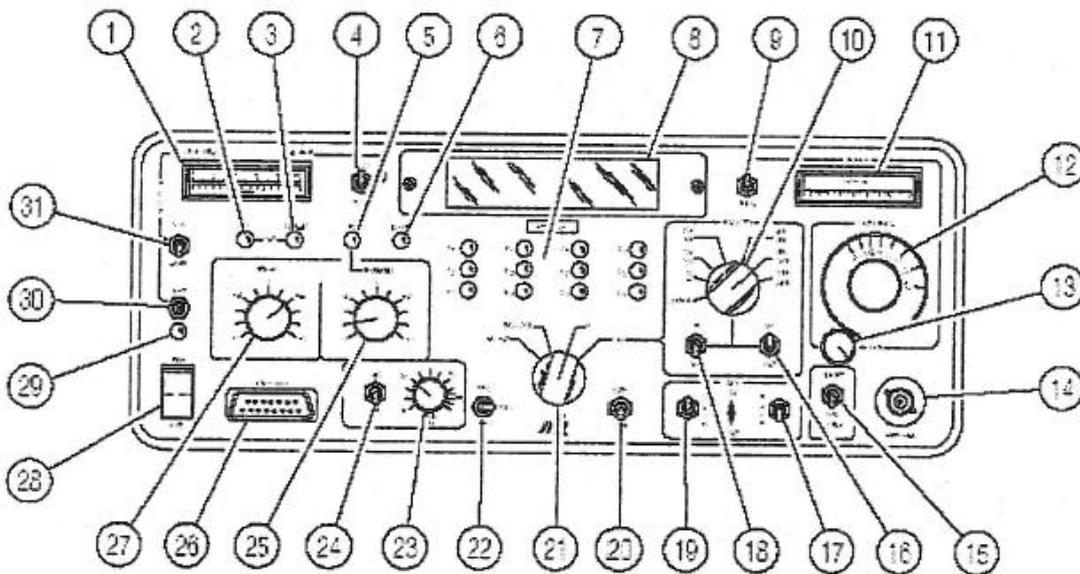
VÁLVULA DE CONTROL DE PITOT Totalmente cerrada. VÁLVULA DE CONTROL DE ESTÁTICA Totalmente cerrada. VALV. DE VENTILACIÓN PITOT Totalmente abierta.

VALV. DE VENTILACIÓN ESTÁTICA Totalmente abierta. CONTROL DE ALIMENTACIÓN CRUZADO Totalmente abierto.

◆ Desconectar la alimentación eléctrica y desmontar las instalaciones de PITOT y Estática de la aeronave y del comprobador.

2.-FUNCIONAMIENTO

MALETA XPDR/DME



A.1.- PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPONDER

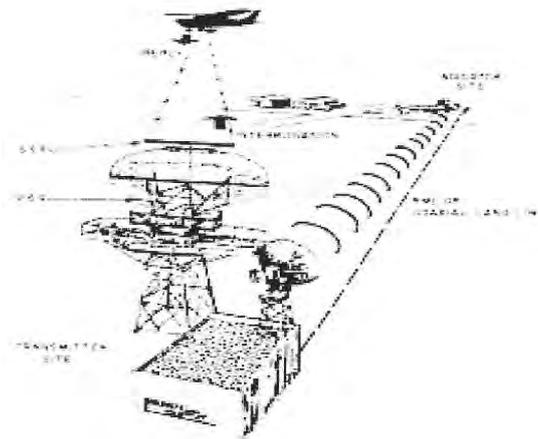
A.1.1.-INTRODUCCIÓN

El sistema de transponder es una parte integral del sistema de control de tráfico aéreo mediante el uso del radar.

En las estaciones de tierra de control de tráfico aéreo (ATC) hay dos tipos de radar:

Radar primario (PSR): funciona con los principios generales del radar, enviando una onda que al encontrarse con la aeronave se refleja y vuelve a la estación de tierra indicando al sistema la posición del obstáculo (aeronave) que provocó la reflexión. Radar secundario (SSR): intercambia códigos de respuesta con la estación de tierra a través del sistema de transponder.

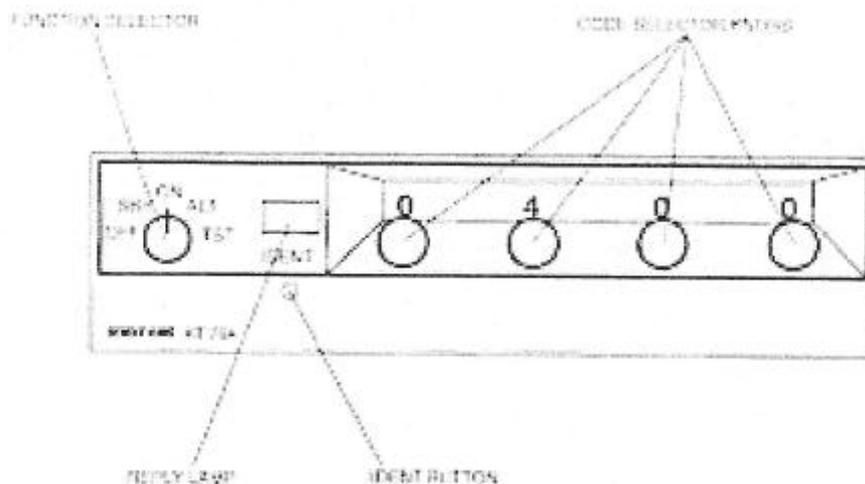
Ambos tipos de radar, se usan en conjunción para desarrollar el control completo de la situación del tráfico aéreo, presentado en la pantalla de radar.



A.1.2.- MODOS DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSPONDER

El modo de funcionamiento, se selecciona en la carátula o caja de control del sistema de transponder presente en la aeronave, a través del botón o botones de selección de modos.

Previamente a la selección del modo definitivo, el botón o botones de selección de modos, disponen de una posición de stand-by "SBY", en la que se coloca el transponder al ser conectado por primera vez para efectuar un calentamiento previo, necesario para comenzar a funcionar. El tiempo de permanencia en dicha posición está entre 45 segundos y 1 minuto, según los transponders.



1.2.1 .Modo "A"

El transponder de la aeronave, recibe una interrogación en este modo, por parte del radar, y responde suministrando un código de identificación formado por cuatro dígitos. Los dígitos son seleccionados por el piloto en la carátula o caja de control del sistema de transponder presente en la aeronave. El transponder envía información de código tanto si el botón de selección de modos se encuentra en modo "A", como en modo "C". (NOTA: en algunos transponders el modo "A" viene indicado simplemente como "ON" en las posiciones del botón de selección de modos)

1.2.2. Modo "C"

El transponder de la aeronave, recibe una interrogación en este modo, por parte del radar, y responde suministrando un código que indica la altitud de presión de la aeronave referida a la presión de atmósfera estándar a nivel del mar (1013 mbar ó 29,92 pulgadas de mercurio). La información de altitud de presión, le llega al transponder, procedente de otro equipo de la aeronave conectado al sistema de presión estática y que recibe el nombre de encoder o altícodeo. El botón de selección de modos debe encontrarse con el modo "C" seleccionado para que el transponder envíe información de altitud.

1.2.3 Modo "S"

Este es el modo en el que el transponder intercambia información con otro transponder de otra aeronave. Su uso va asociado al TCAS (Traffic collision avoidance system). No todos los transponders disponen de modo "S". (En particular, ninguno de la flota DGT). La maleta de rampa ATC-600A, no puede tampoco realizar comprobaciones de transponder en este modo.

A. 1.3.- TIPOS Y FORMA DE ONDA EN CADA MODO

El sistema de transponder funciona mediante onda de radar cuadrada o de pulsos



Existen dos pulsos en los extremos que identifican el modo de pregunta o respuesta, mediante la distancia entre ellos.

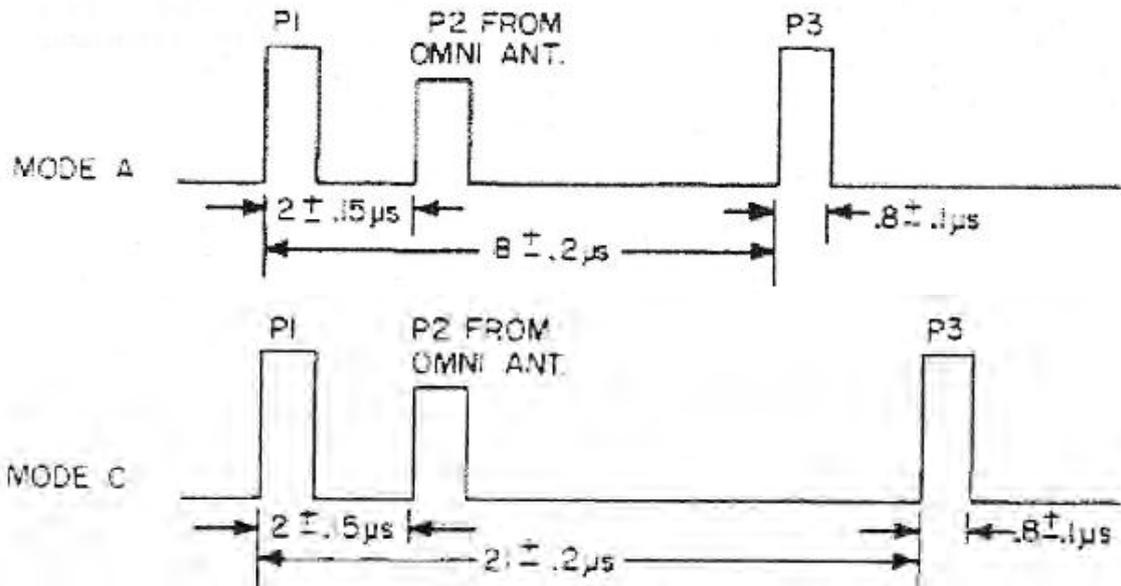
Los pulsos intermedios, se utilizan para enviar la información (cuando se transmite) o para discriminar la interrogación (cuando se recibe)

1.3.1 Interrogación

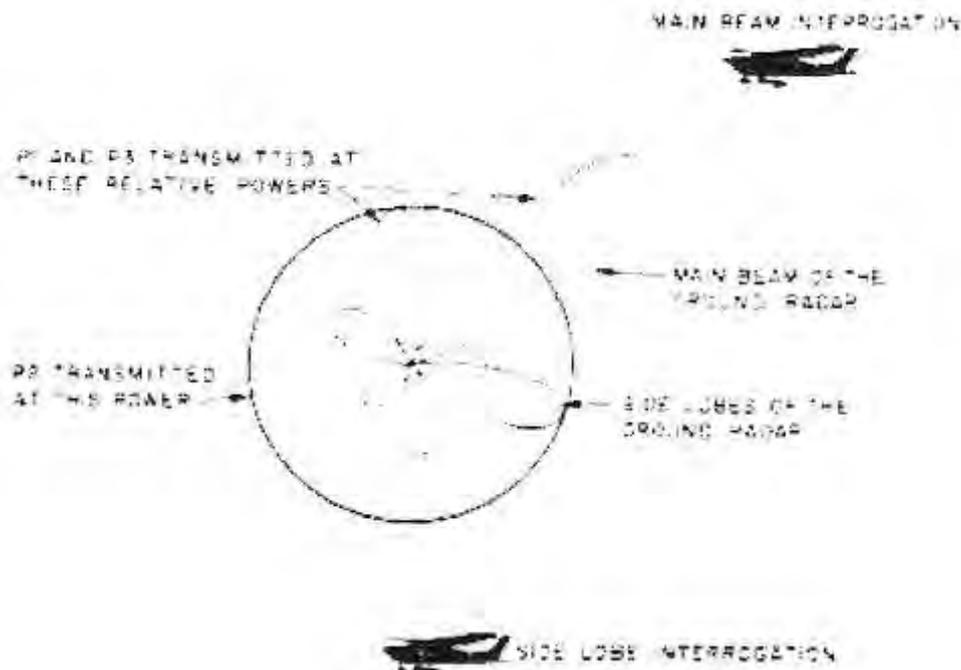
El radar de tierra manda una onda de interrogación al transponder limitada por los pulsos extremos P1 y P3. Según se quiera modo "A" ó "C", la distancia entre estos pulsos es distinta.

la frecuencia de interrogación es

$$1030 \pm 2 \text{ MHz.}$$



El pulso intermedio P2 es transmitido por una antena omnidireccional independiente del radar secundario, y sirve para discriminar que la interrogación está siendo realizada por el lóbulo principal del radar secundario que apunta al avión, y no por otro lóbulo lateral (Ver figura)



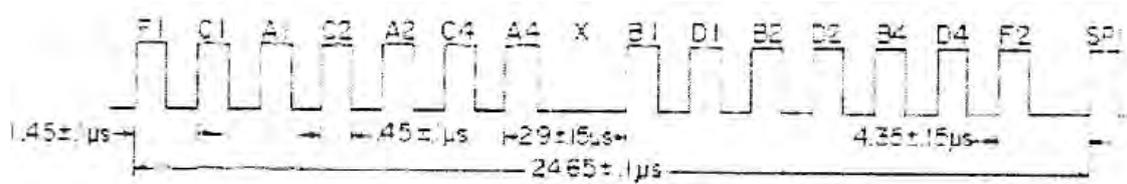
Si la altura de P2 es menor que P1 y P3 la interrogación es válida. Si la altura de P2 es igual o mayor que P1 y P3, la interrogación no es válida (procede de un lóbulo lateral). Es importante que el transponder sólo responda cuando es interrogado por el lóbulo principal, para determinar exactamente su posición con la respuesta.

1.3.2 Respuesta

Cuando el transponder recibe una interrogación en un modo, responde en ese modo. La frecuencia de respuesta es

1090 ± 3 MHz

La respuesta del transponder está formada por hasta 15 pulsos según la forma siguiente:



Los pulsos F1 y F2 conocidos como "Framing" indican el inicio y el final de la información, y deben mantener entre ellos una distancia definida. Los doce pulsos comprendidos entre ellos son los que contienen la información codificada.

El último pulso SPI es una identificación especial para el operador del radar de tierra. Se activa pulsando el botón de "IDENT" presente en el transponder. Esto lo realiza el piloto a petición del ATC.

El significado de los doce pulsos intermedios es diferente si el transponder está seleccionado en modo "A" ó "C°"

Los pulsos se nombran con una letra (de la "A" a la "D") y un número (1,2 ó 4) tal como se indica la figura anterior

MODO "A" Los doce pulsos sirven para indicar el código de cuatro dígitos seleccionado en el transponder. A cada dígito le corresponde una letra (por ejemplo, al primer dígito, la letra "A")

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | B | C | D |
| 7 | 7 | 7 | 7 |

Y al número seleccionado en ese dígito se le codifica con los pulsos de esa letra (Ej.: A1, A2 y A4) en código octal.

| A | A1 | A2 | A4 |
|---|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 |

MODO "C"

Los doce pulsos sirven para indicar la altitud de presión leída por el encoder del sistema de estática del avión.

A continuación, se indica un ejemplo:

TEMA V
PLANOS, DIAGRAMAS
Y
NORMAS

5 - Planos, diagramas y normas

Introducción

En el campo de las actividades técnicas, para la representación de los objetos se utilizan varios métodos de proyección, todos los cuales tienen sus propias características, méritos y desventajas.

El dibujo técnico corriente consiste en una proyección ortogonal, en la cual se utilizan representaciones relacionadas de una o varias vistas del objeto, cuidadosamente elegidas, con las cuales es posible definir completamente su forma y características.

No obstante, para la ejecución de estas representaciones bidimensionales es necesario el conocimiento del método de proyección, de modo tal que, cualquier observador sea capaz de deducir de las vistas la forma tridimensional del objeto.

En los numerosos campos técnicos y sus etapas de desarrollo, a menudo es necesario proporcionar dibujos de fácil lectura. Estos dibujos denominados representaciones pictóricas, entregan una vista tridimensional de un objeto, tal como éste aparecería ante los ojos de un observador. Para leer estas representaciones no es necesaria una formación técnica profunda sobre la materia.

Las representaciones pictóricas pueden presentarse por sí solas o complementarse con dibujos ortogonales.

Existen diversos métodos de representación pictórica, pero sus especificaciones difieren considerablemente y a menudo se utilizan en forma contradictoria.

El constante aumento de la comunicación técnica a nivel mundial, como también la evolución de los métodos de diseño y dibujo asistidos por computador con sus diversos tipos de representaciones tridimensionales, derivan en la necesidad de una clarificación de estos problemas, mediante la formulación de normas técnicas sobre la materia.

Concepto de Plano

La palabra gráfico significa referente a la expresión de ideas por medio de líneas o marcas impresas en una superficie. Entonces, un dibujo (plano) es una representación gráfica de algo real. El dibujo, por tanto, es un lenguaje gráfico porque usa *figuras* para comunicar pensamientos e ideas.

Como un dibujo es un conjunto de instrucciones que tiene que cumplir el operario, debe ser claro, correcto, exacto y completo. Los campos especializados son tan distintos como las ramas de la industria. Algunas de las áreas principales del dibujo son: Mecánico, arquitectónico, estructural y eléctrico.

El término dibujo técnico se aplica a cualquier dibujo que se utilice para expresar ideas técnicas.

Aplicación de los Planos

Tal como en el principio de los tiempos, el hombre ha usado dibujos para comunicar ideas a sus compañeros y para registrarlas, de modo que no caigan en el olvido.

El hombre ha desarrollado el dibujo a lo largo de dos ramas distintas, empleando cada forma para una finalidad diferente. Al dibujo artístico se le concierne principalmente la expresión de ideas reales o imaginarias de naturaleza cultural. En cambio, al dibujo técnico le atañe la expresión de ideas técnicas o de naturaleza práctica, y es el método utilizado en todas las ramas de la industria. En la actividad diaria es muy útil un conocimiento del dibujo para comprender planos de casas, instrucciones para el montaje, mantenimiento y operación de muchos productos manufacturados; los planos y especificaciones de muchos pasatiempos y otras actividades de tiempo libre.

Clasificación de los Planos

Los planos se pueden clasificar en:

- Plano General o de Conjunto
- Plano de Fabricación y Despiece
- Plano de Montaje
- Plano en Perspectiva Explosiva

Las cuales explicaremos en detalle a continuación.

Definiciones

Plano General o de Conjunto

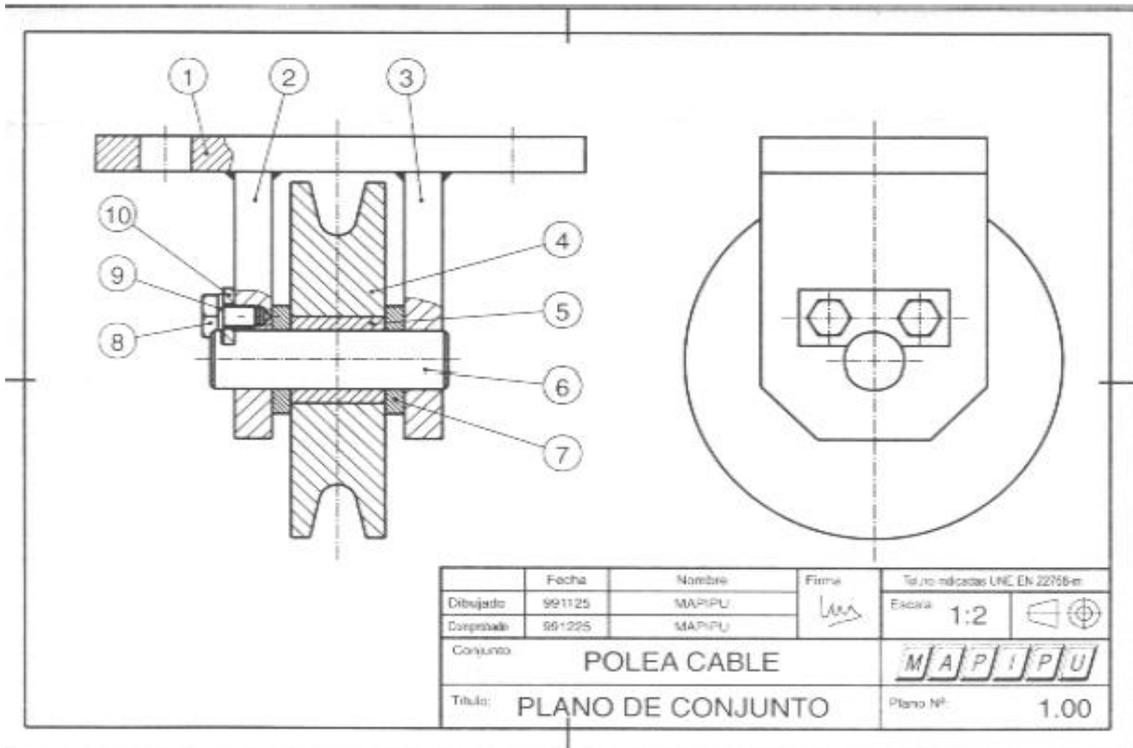
El Plano de Conjunto presenta una visión general del dispositivo a construir, de forma que se puede ver la situación de las distintas piezas que lo componen, con la relación y las concordancias existentes entre ellas.

La función principal del plano de conjunto consiste en hacer posible el montaje. Esto implica que debe primar la visión de la situación de las distintas partes, sobre la representación del detalle.

Del conjunto de la figura, observamos las siguientes características, aplicables en general a cualquier plano de conjunto.

A la hora de realizar el plano de conjunto, se deben tener en cuenta todas las cuestiones relativas de la normalización: formato de dibujo, grosores de línea, escalas, disposición de vistas, cortes y secciones, etc.

·En el plano de conjunto se deben dibujar las vistas necesarias. En la figura del ejemplo, no es necesario dibujar la vista del perfil izquierdo, puesto que ya se ven y referencian todas las piezas en el alzado. La hemos incluido para dar una mejor idea de la forma del conjunto.



Para ver las piezas interiores se deben realizar los cortes necesarios. Puesto que lo que importa es ver la distribución de las piezas, se pueden combinar distintos cortes en la misma vista. En el alzado del ejemplo, hemos representado un corte por el plano de simetría de las piezas 4, 5, 6 y 7 combinado con un corte de la placa 10 por el eje del tornillo y unos cortes parciales de las piezas 1, 2 y 3.

En el plano de conjunto hay que identificar todas las piezas que lo componen. Por eso hay que asignarles una marca a cada pieza, relacionándolas por medio de una línea de referencia. Estas marcas son fundamentales para la identificación de las piezas a lo largo de la documentación y del proceso de fabricación.

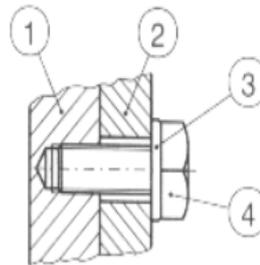
Para tener completamente identificadas las piezas, hay que incluir en el plano de conjunto una lista de elementos. En esta lista se debe añadir información que no se puede ver en el dibujo. Por ejemplo, las dimensiones generales, las dimensiones nominales, la designación normalizada, las referencias normalizadas o comerciales, materiales, etc. Debido a la importancia del marcado de piezas y de la lista de elementos, los trataremos ampliamente en los puntos siguientes.

Puesto que están perfectamente identificadas las piezas del conjunto, podemos simplificar su representación, especialmente en el caso de elementos normalizados o comerciales.

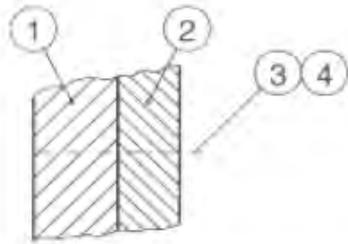
| | | | |
|-------|----------|-----------------------------|---------|
| 10 | 1 | Placa de fijación | |
| 9 | 1 | Arandela plana biselada 6,4 | DIN 125 |
| 8 | 1 | Tornillo hex. M6x16 mg 8.8 | DIN 933 |
| 7 | 2 | Arandela | |
| 6 | 1 | Eje | |
| 5 | 1 | Casquillo | |
| 4 | 1 | Rueda | |
| 3 | 1 | Soporte derecho | |
| 2 | 1 | Soporte izquierdo | |
| 1 | 1 | Placa Base | |
| Marca | Nº Pieza | Designación y observaciones | Norma |

En la figura siguiente representamos un conjunto con cuatro piezas, donde se ve claramente la situación de cada una de ellas.

| | | | |
|-------|----------|-----------------------------|---------|
| 4 | 1 | Tornillo hex. M6x16 mg 8.8 | DIN 933 |
| 3 | 1 | Arandela plana biselada 6,4 | DIN 125 |
| 2 | 1 | Pieza 2 | |
| 1 | 1 | Pieza 1 | |
| Marca | Nº Pieza | Designación y observaciones | Norma |



En la figura siguiente, hemos simplificado la representación del tornillo y de la arandela. Puesto que están perfectamente identificados, y quien lo vaya a montar tendrá los conocimientos suficientes para montar de forma correcta tanto el tornillo como la arandela, el resultado final será el mismo. De esta manera hemos simplificado el dibujo, facilitando su comprensión y reduciendo el tiempo de realización del mismo.



| | | | |
|-------|----------|-----------------------------|---------|
| 4 | 1 | Tornillo hex. M6x16 mg 8.8 | DIN 933 |
| 3 | 1 | Arandela biselada 6,4 | DIN 125 |
| 2 | 1 | Pieza 2 | |
| 1 | 1 | Pieza 1 | |
| Marca | Nº Pieza | Designación y observaciones | Norma |

A la hora de realizar el montaje, dispondremos de todas las piezas fabricadas sobre la mesa, de forma que, quien realice el montaje sólo necesita saber cómo identificarlas correctamente y donde colocarlas.

Todo dibujo técnico debe incluir las cotas necesarias. Puesto que las piezas ya están terminadas, en los planos del conjunto únicamente se dispondrán las cotas necesarias para la realización o comprobación del montaje.

| | | | |
|-------|----------|-----------------------------|-------|
| | | | |
| 3 | 1 | Soporte derecho | |
| 2 | 1 | Soporte izquierdo | |
| 1 | 1 | Placa base | |
| Marca | Nº Pieza | Designación y observaciones | Norma |

En el conjunto de la figura es imprescindible dibujar la cota de 35 mm, puesto que indica al soldador la separación a la que debe soldar los dos soportes sobre la placa base. Fíjese que se ha realizado un corte parcial sobre el soporte derecho (pieza número 3) para establecer su orientación.

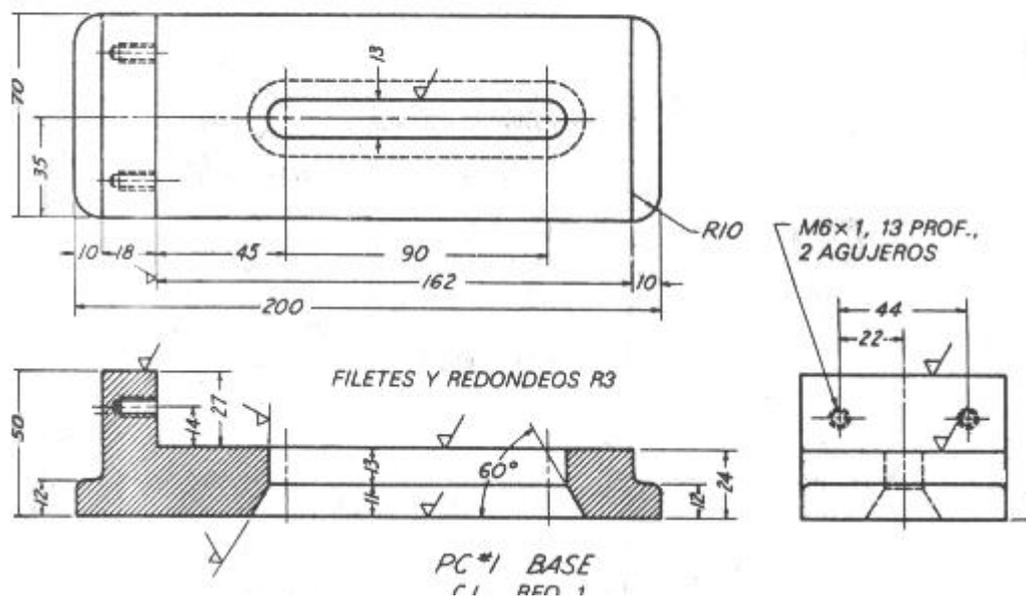
Plano de Fabricación y Despiece

Se refiere a dimensionar cada uno de los elementos a construir o fabricar según proceso (maquinado, fundido, estampado, etc.), de acuerdo a dimensiones indicadas en el plano.

Maquinado: obtener la pieza según el plano ya sea a través de procesos de torneado, fresado o cepillado.

Fundido: Las dimensiones de las piezas fundidas son mayores que las reales porque deben someterse a otros procesos.

Estampado: Se realiza a través del uso o aplicación de matrices.



Plano de Montaje

Estos planos se hacen frecuentemente para representar totalmente objetos sencillos, tales como piezas de mobiliario, donde las piezas son pocas y no tienen formas complicadas. Todas las dimensiones y la información necesaria para la construcción de dicha pieza y para el montaje de todas las piezas se dan directamente en el plano de montaje.

· Planos de Montaje de Diseños:

Cuando se diseña una máquina, primero que todo se hace un plano o proyecto de montaje para visualizar claramente el funcionamiento, la forma y el juego de las diferentes piezas. A partir de los planos de montaje se hacen los dibujos de detalle y a cada pieza se le asigna un número.

Para facilitar el ensamblaje de la máquina, en el plano de montaje se colocan los números de las diferentes piezas o detalles. Esto se hace uniendo pequeños círculos (de 3/8 pulg. a 1/2 de pulg. de diámetro) que contiene el número de la pieza, con las piezas

correspondientes por medio de líneas indicadoras. Es importante que los dibujos de detalle no tengan planes de numeración idénticos cuando se utilizan varias listas de materiales.

· **Planos de Montaje para Instalación:**

Este tipo de plano de montaje se utiliza cuando se emplean muchas personas inexpertas para ensamblar las diferentes piezas.

Como estas personas generalmente no están adiestradas en la lectura de planos técnicos, se utilizan planos pictóricos simplificados para el montaje.

· **Planos de Montaje para Catálogos:**

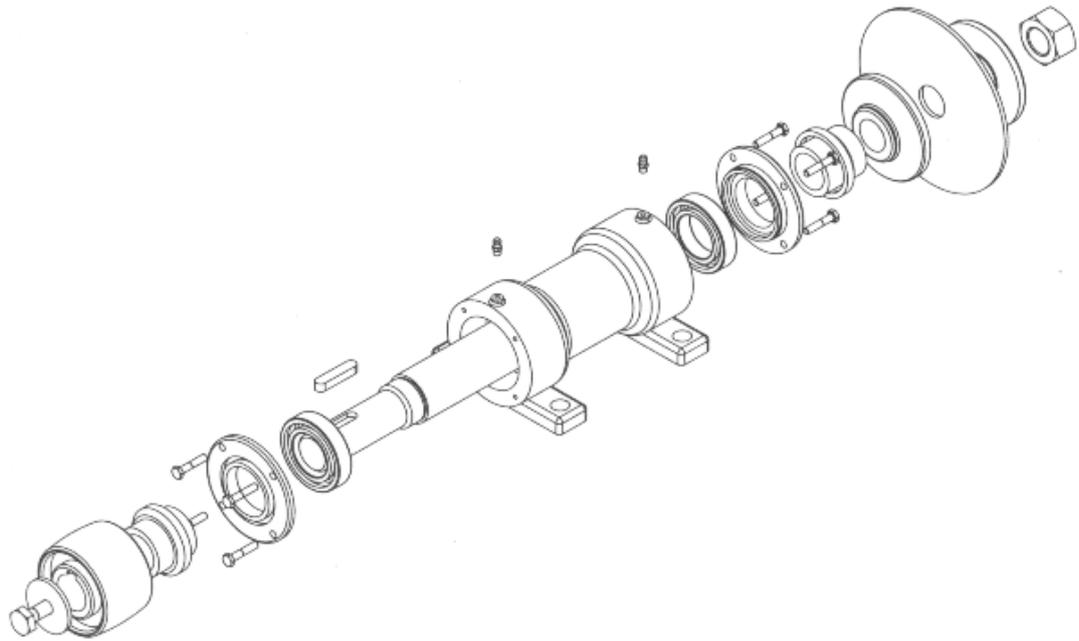
Son planos de montaje especialmente preparados para catálogos de compañías. Estos planos de montaje muestran únicamente los detalles y las dimensiones que pueden interesar al comprador potencial. Con frecuencia el plano tiene dimensiones expresadas con letras y viene acompañado por una tabla que se utiliza para abarcar una gama de dimensiones.

· **Planos de Montaje Desarmados:**

Cuando una maquina requiere servicio, por lo general las reparaciones se hacen localmente y no se regresa la maquina a la compañía constructora. Este tipo de plano se utiliza frecuentemente en la industria de reparación de aparatos, la cual emplea los planos de montaje para los trabajos de reparación y para el periodo de piezas de repuesto. También es utilizado con frecuencia este tipo de planos de montaje por compañías que fabrican equipos *hágalo usted mismo*, tales como equipos para fabricación de modelos, donde los planos deben de comprendidos fácilmente.

Plano en Perspectiva Explosiva

El plano en perspectiva explosiva tiene como finalidad indicar en forma ordenada y precisa la secuencia de ubicación de las piezas que conforman un conjunto, permitiendo con ello a cualquier operario realizar un desarme y posteriormente; realizada la reparación, armar el conjunto siguiendo las informaciones del plano.



| Marca | N. Pieza | Designación y observaciones | | Norma | Material y medidas | |
|-----------------------|-------------|-----------------------------|--------|-------|----------------------------------|-----|
| | | Fecha | Nombre | Firma | Tol. no indicadas UNE EN 22768-m | |
| Dibujado | 991225 | | MAPIPU | | Escala: | S/E |
| Comprobado | 991225 | | MAPIPU | | | |
| Conjunto: | | | | | | |
| VOLANTE TRANSMISIÓN | | | | | | |
| Título: | | | | | Conjunto N°: 12.00 | |
| PERSPECTIVA ESTALLADA | | | | | Plano N°: 12.S2 | |

Conclusión

A través del presente informe hemos podido conocer algunas otras aplicaciones de los planos, así como también sus clasificaciones según la utilización final que va a tener.

Creemos que es muy valiosa la información recopilada ya que en el campo de la Mecánica Automotriz, nos es muy útil el conocimiento más profundo de estos diferentes tipos de dibujos, los cuales son capaces de simplificarnos en un momento dado el desarme, reparación y posterior armado de una maquinaria.

Cabe señalar que cada tipo de plano tiene una aplicación particular y por lo tanto su realización debe estar adecuada al tipo de trabajo que se llevará a cabo con el mismo.

4. REPRESENTACIÓN Y ACOTADO. VISTAS, CORTES Y SECCIONES

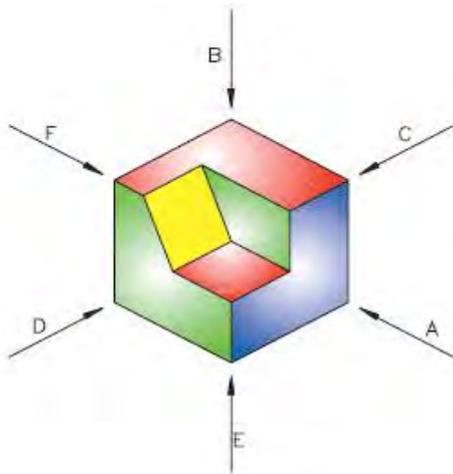
Llamamos vistas principales de un objeto a las proyecciones ortogonales del mismo sobre 6 planos, dispuestos en forma de cubo.

La norma UNE 1-032-82, "Dibujos técnicos: Principios generales de representación", equivalente a la norma ISO 128-82 recoge las reglas a seguir para la representación de las vistas.

Un observador se puede situar respecto al objeto según indican las seis flechas y de este modo obtendría las seis vistas posibles de un objeto.

Estas vistas se llaman:

- A: Vista de frente o alzado
- B: Vista superior o planta
- C: Vista derecha o lateral derecha
- D: Vista izquierda o lateral izquierda
- E: Vista inferior
- F: Vista posterior



Posiciones relativas de las vistas

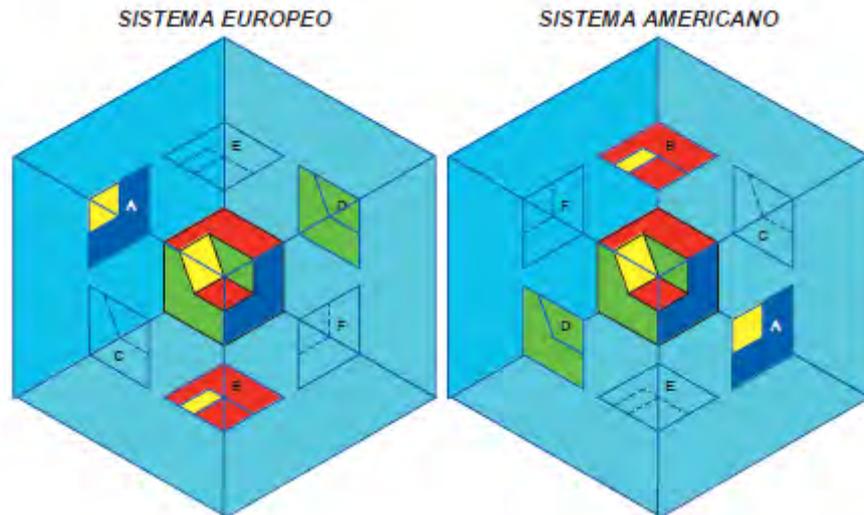
Existen dos variantes de proyección ortogonal para poder representar las vistas sobre el papel:

El método de proyección del primer diedro, o Europeo.

El método de proyección del segundo diedro, o Americano.

En los dos métodos se supone al objeto dentro de un cubo y en sus caras se realizan las proyecciones ortogonales del mismo.

La diferencia está en dónde está situado el observador: En el caso americano está entre el objeto y el plano, mientras que en el Europeo el plano es el que se encuentra entre el objeto y el observador.



Cuando ya tenemos las seis proyecciones, pasamos a obtener el desarrollo del cubo, manteniendo fija la cara del alzado (D).

Este desarrollo del cubo nos da en un plano único las seis vistas del objeto.

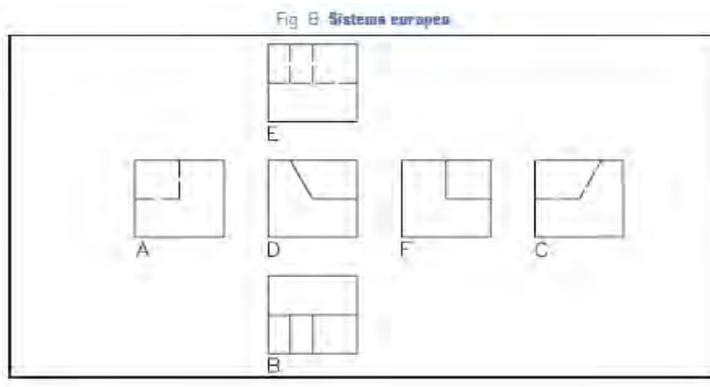
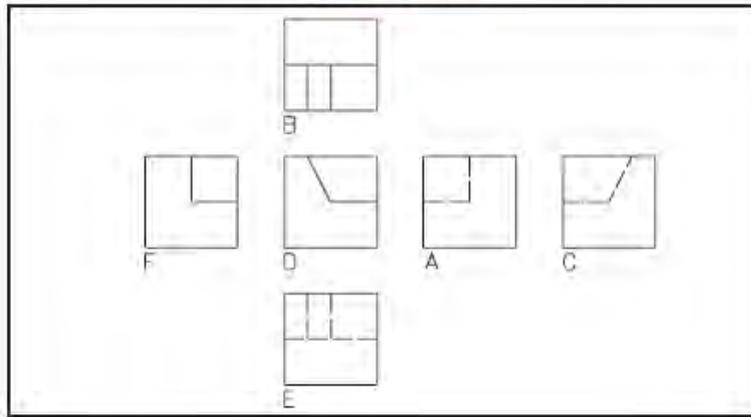


Fig 9 Sistema americano.



Claro está que existe una correspondencia entre las vistas, estando relacionadas de la siguiente forma:

La vista alzado, lateral izquierda y lateral derecha y la posterior, coinciden en alturas. La planta, la vista inferior y lateral izquierda y lateral derecha en profundidad.

Y por último el alzado, planta, vista posterior e inferior en anchuras.

Con tan sólo el alzado, planta y un perfil, de forma habitual, queda definida una pieza. Además, según las correspondencias anteriores a partir de dos vistas, se puede obtener una tercera.

Por último, hay que tener en cuenta que cada una de las vistas debe ocupar en el dibujo su lugar correspondiente, ya que de cualquier otro modo, aunque éstas estén perfectamente dibujadas no definen la pieza.

Elección de las vistas de un objeto, y vistas especiales.

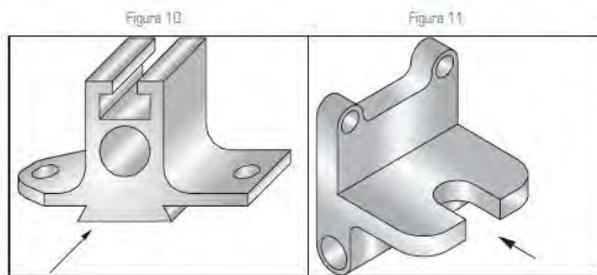
Elección del alzado

El alzado, según la norma UNE 1-032-82, debe representar la vista más representativa del objeto. Esta vista representará el objeto en su posición de trabajo y si se puede utilizar en cualquier posición, entonces se representará en la posición de montaje.

Si aún así no hemos determinado qué vista va a ser el alzado, tendremos en cuenta que:

1. Se pueda aprovechar del mejor modo la superficie del dibujo.
2. Tenga el menor número de aristas ocultas.
3. Nos facilite la representación del resto de las vistas.

En la figura 10, por ejemplo, el alzado debería ser el señalado, ya que de este modo podemos distinguir la inclinación de la cola de milano, el agujero central y la ranura superior.



En la figura 11, eligiendo el alzado señalado, habremos elegido la vista más representativa de la pieza; en cualquier caso, necesitaremos tres vistas, alzado, planta y perfil.

Elección de las vistas necesarias

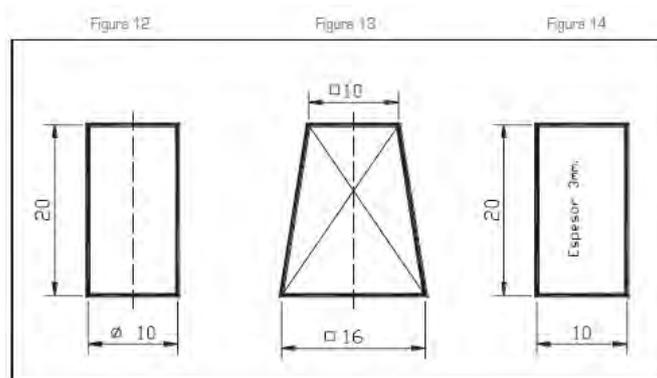
La cantidad de vistas utilizadas debe ser **suficiente, mínima y adecuada** para que la pieza quede total y correctamente definida; las vistas elegidas deben de ser lo más simples y claras posibles, evitando aquellas que tengan aristas ocultas. Normalmente, de no ser que sean piezas complicadas, utilizaremos tres vistas: alzado, planta y perfil, en éste último, si es indiferente la vista lateral izquierda o derecha, se optará por la primera.

En piezas más sencillas se optará por una o dos vistas.

En piezas sencillas, donde nos baste el alzado y la planta o el alzado y el perfil, se elegirá la opción más sencilla y que nos ayude más a su interpretación.

Otras piezas pueden ser representadas con una sola vista. En estos casos es habitual hacer indicaciones que completan la interpretación de la vista:

1. Cuando se representan piezas de revolución se incluye el símbolo del diámetro.
2. En piezas prismáticas, el símbolo del cuadrado o cruz de San Andrés.
3. En piezas de espesor uniforme, haríamos una especificación.



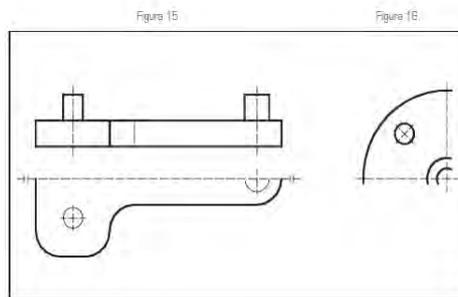
Vistas Especiales

En objetos de características especiales se puede realizar una serie de representaciones especiales de las vistas de un objeto que nos aclaran su interpretación de un modo más directo; enumeramos los diferentes tipos a continuación.

Vistas de piezas simétricas

En piezas con uno o más ejes de simetría, se puede dibujar una fracción de su vista. La traza del plano de simetría que limita el contorno de la vista se marca en cada uno de sus extremos con

dos pequeños trazos finos paralelos, perpendiculares al eje (Fig. 15). Otra opción es alargar un poco las aristas más allá del plano del simetría; entonces no harían falta los trazos perpendiculares al eje de simetría (Fig. 16).

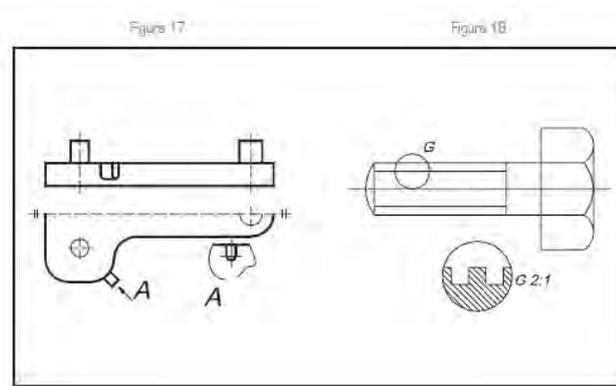


Vistas de detalles

Las vistas de detalle se utilizan para dibujar un detalle que no queda bien definido o para ampliar las dimensiones de un detalle de la pieza que no queda suficientemente claro.

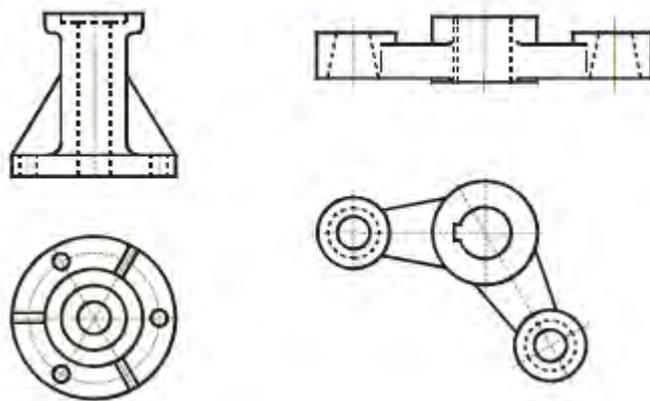
En el primer caso, la vista del detalle se crea indicando la visual que la creó, con una flecha y una letra mayúscula. En la vista del detalle se indica esta letra y se limita con una línea fina realizada a mano alzada (Figura 17).

En el segundo caso, la zona ampliada se indica con un círculo con línea fina y una letra mayúscula, en la vista del detalle, que será una vista ampliada, se situará esta letra y la escala utilizada (Figura 18).



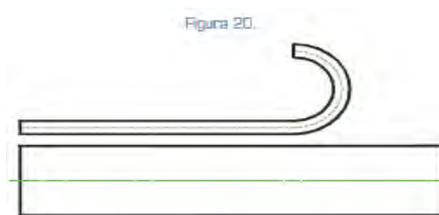
Vistas giradas

Se utilizan normalmente en piezas que tienen brazos que forman ángulos diferentes de 90° respecto a las direcciones principales de los ejes. Se dibujan dos vistas: una en posición real y la otra eliminando el ángulo de inclinación del detalle.



Vistas desarrolladas

En piezas con un doblado o curvado, realizaremos una vista de cómo era el objeto y qué dimensiones tenía antes de realizar el proceso que la modificó. Esta representación se realiza con línea fina de trazo y doble punto.



DIAGRAMAS

Un diagrama podría ser definido como una representación gráfica de un ensamblaje o sistema, indicando las partes y expresando los métodos o principios de operación.

Los tipos de diagramas que se usarán en aviación son: (1) instalación, (2) esquemático, (3) de bloques, y (4) diagramas de cableado

Diagramas de instalación

El siguiente diagrama es uno de este tipo, instalación de los componentes de control de guía de vuelo

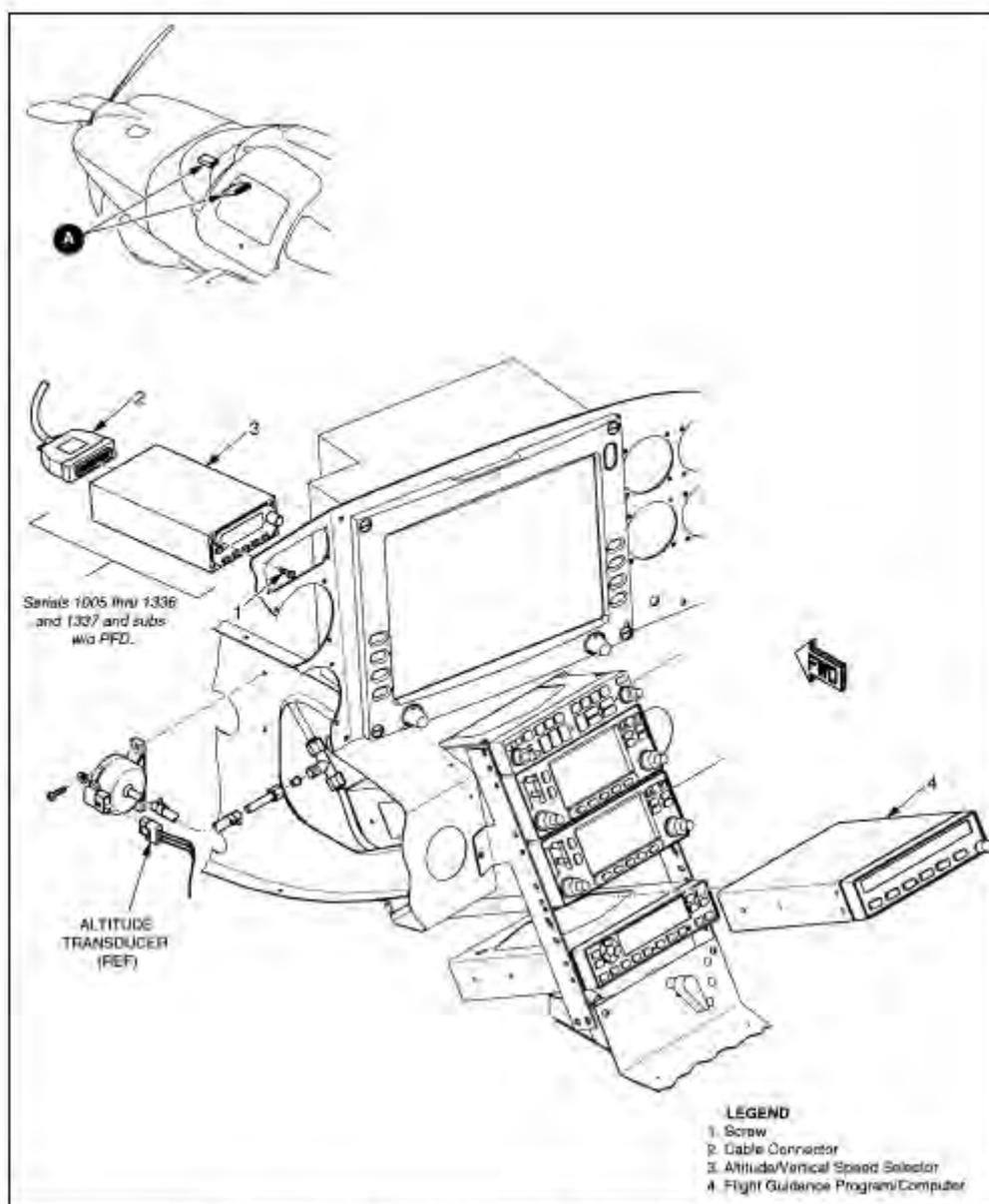


Figure 2-16. Example of installation diagram (flight guidance components).

Se puede ver cada uno de los componentes del sistema con su número y en detalle muestra su localización dentro del sistema de cabina. Este tipo de diagramas se usa mucho en mantenimiento y manuales de reparación

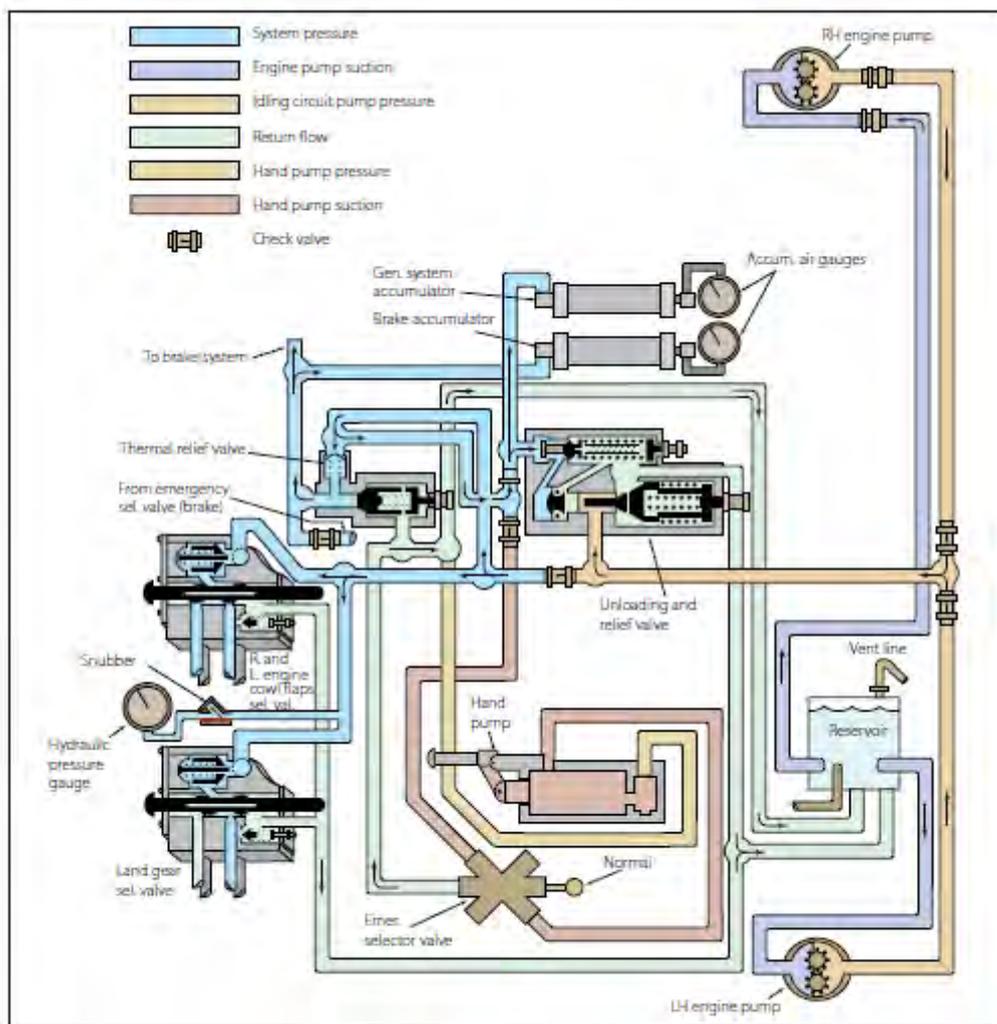


Figure 2-19. Aircraft hydraulic system schematic.

Diagramas esquemáticos

No indican la localización de los componentes dentro del avión. Muestran la situación de un componente respecto a otro dentro del sistema.

Arriba en la figura se muestra el sistema hidráulico.

Este tipo de diagramas se suele usar en troubleshooting. Los componentes se identifican con flechas.

Diagramas de bloques

Se usa para intentar ver de modo simple un sistema complejo. Los componentes son rectángulos y están unidos mediante líneas significando con los otros que tiene interferencia.

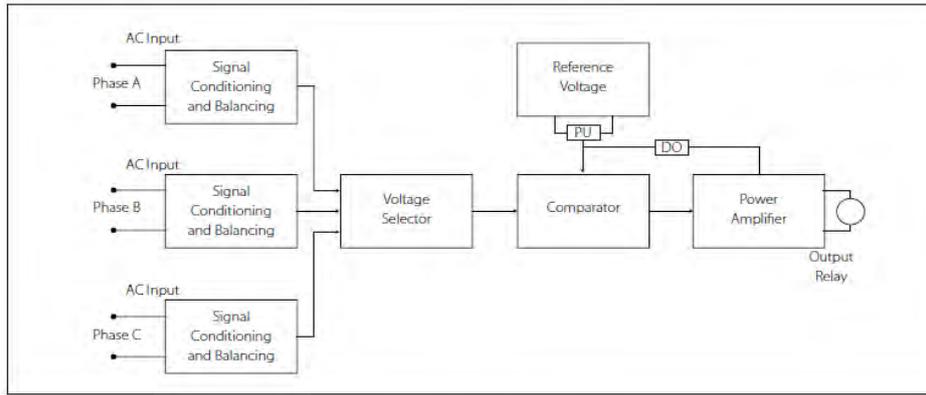


Figure 2-20. Block diagram.

Diagramas de cableado

Muestran el circuito y cableado eléctrico de los aparatos del avión.

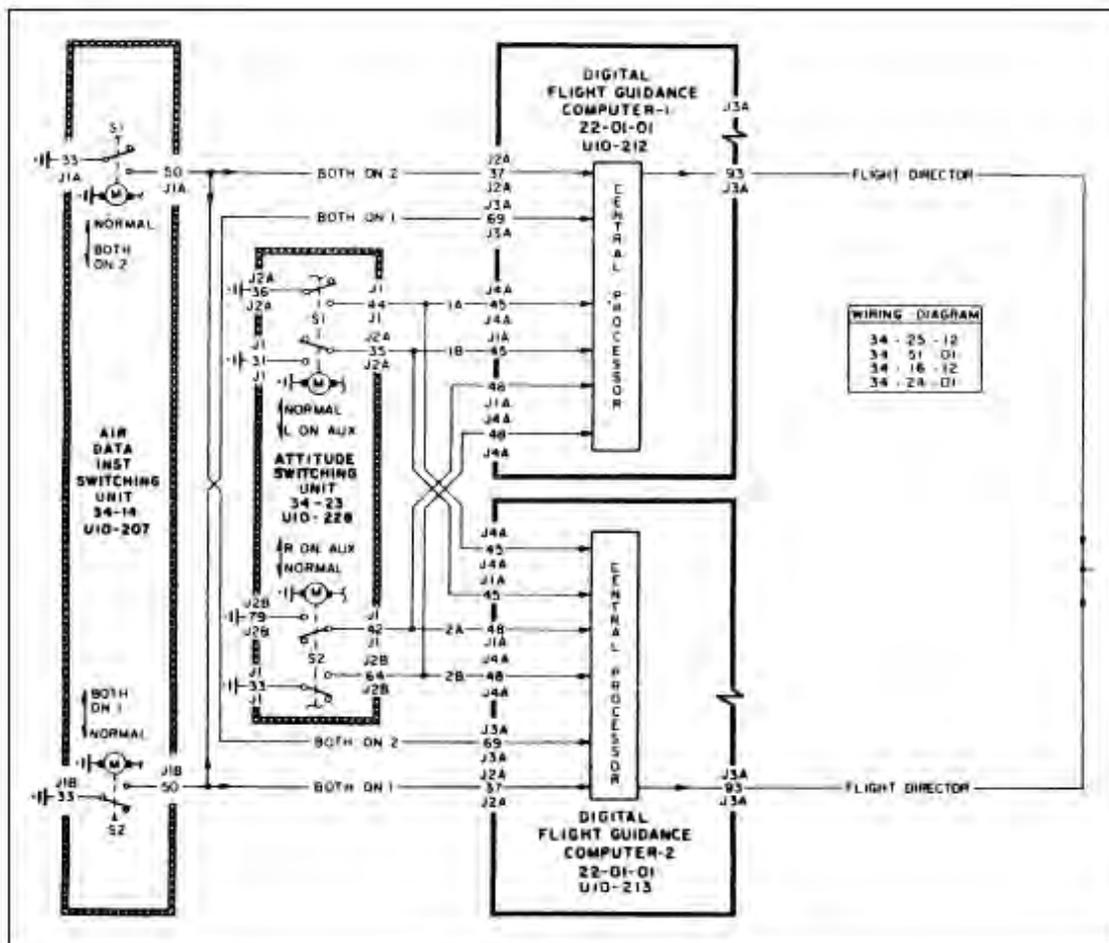


Figure 2-21. Wiring diagram.

Diagramas de flujo

Diagrama de flujo para troubleshooting

Se usan para identificar elementos defectuosos. Son preguntas sí o no, con diferentes caminos cada respuesta. Es una manera de dar una solución lógica.

Diagrama de flujo lógico

Usa símbolos que significan puertas lógicas y su relación con otros aparatos del sistema. Como es lógica electrónica usan 1 o 0, voltaje o no voltaje,...
Analizando el input, determinamos del output.

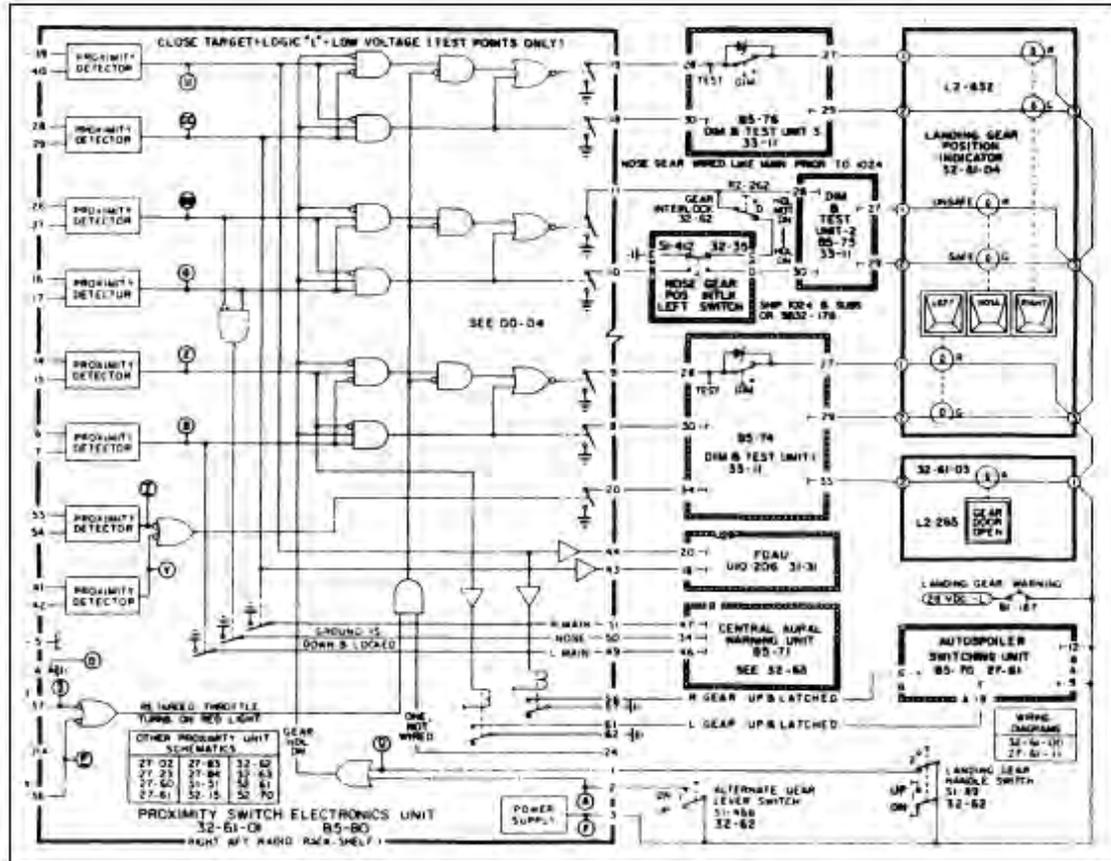


Figure 2-22. Logic flowchart.

Líneas y sus significados

Cada línea tiene su significado: Límites, intersecciones de superficies, líneas ocultas,... Esto es así porque de otra manera un plano no tendría significado.

La mayoría de las líneas son: Delgadas, medias y gruesas. Pueden variar en grosor de plano a plano pero siempre habrá diferencia entre dos de ellas.

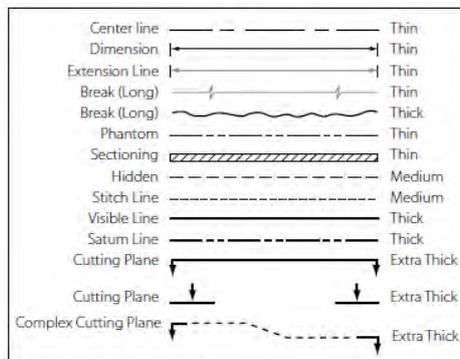


Figure 2-23. The meaning of lines.

Center lines

Son una alternación de líneas cortas y largas. Indicando centro o parte de un objeto. Cuando hay intersección de ellas, estos guiones intersecan simétricamente y si el círculo es muy pequeño se muestran casi como una línea continua.

Dimension lines

Son las líneas de cota, son continuas y en el medio dejan un espacio para mostrar la medida. Son paralelas a la línea que miden. Y se dibujan fuera del contorno de la pieza a medir.

Acotaremos para que se puedan leer las cotas de izquierda a derecha. Si hay círculos indicaremos la cota con D o DIA seguido de la dimensión. Un arco: R3, significa radio 3. La cota más larga se pone más lejana que la corta para que no se corten sus líneas

Cuando se acota distancias entre agujeros, se hace dando la distancia entre los centros.

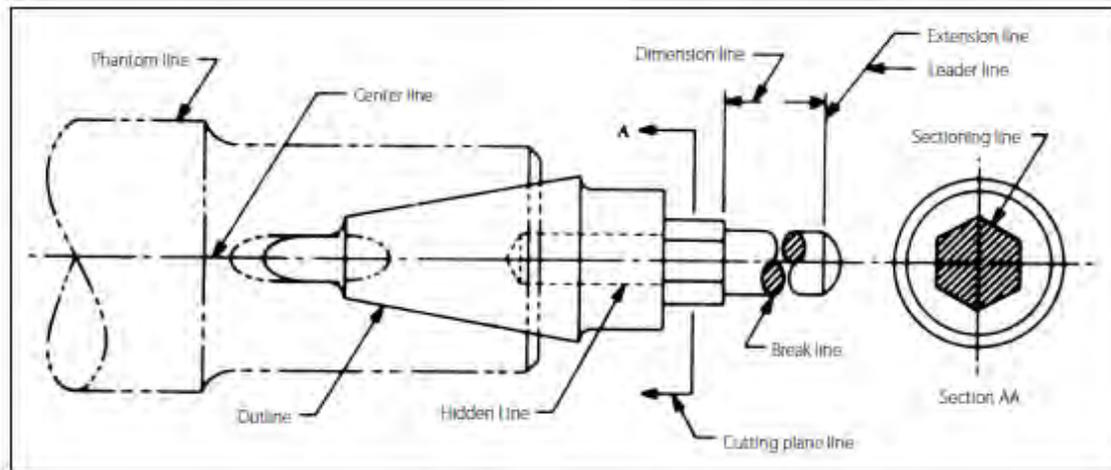


Figure 2-24. Correct use of lines.

Cuando hay varios círculos, los acotaremos poniendo una nota de aclaración, p.ej. taladrado, profundidad,...

Si es un taladro no pasante, damos diámetro y profundidad. Si es agujero avellanado daremos el ángulo.

Las dimensiones dadas para las tolerancias significan, la separación permisible entre piezas que se mueven. Si es positiva hay juego y si hay negativa apriete. Ajustándose estas tolerancias a las normas: American Standard for Tolerances, Allowances, and Gauges for Metal Fits. A veces la clase de ajuste se muestra en el plano de conjunto.

Líneas de extensión

Extienden el borde de la figura.

Líneas de sección

Dibujadas a 45° y con línea fina.

Phantom Lines

Son un trazo largo y dos cortos alternados, muestran la posición de una figura que falta u otra posición alternativa del objeto.

Break Lines

Son líneas cortas hechas a mano, e indican partes del objeto no mostradas en el plano. Si son roturas largas, usaremos líneas en zig-zag. Se usan en tubos, ejes, varillas,...

Leader lines

Son flechas, que indican a que objeto hace referencia la nota.

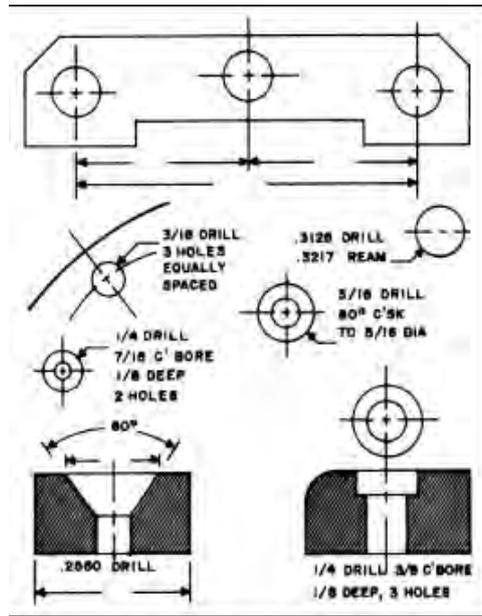


Figure 2-25. Dimensioning holes.

Hidden lines

Son pequeños guiones que indican líneas ocultas.

Outline or Visible Lines

Muestra el contorno de la figura.

Stitch Lines

Línea discontinua que simula una costura.

Cutting Plane and Viewing Plane Lines

Indica la dirección en la que seccionamos. Ver la línea A- A

Drawing Symbols

Indican la forma y el material con un dibujo muy simple.

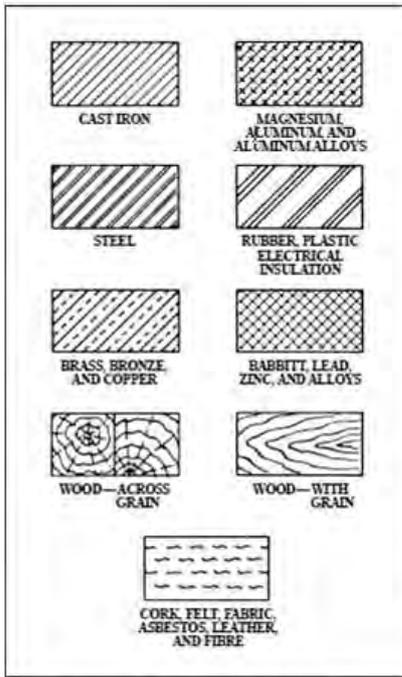


Figure 2-26. Standard material symbols.

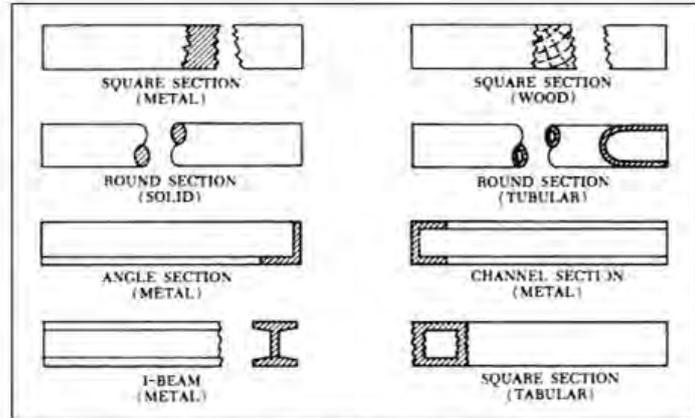


Figure 2-27. Shape symbols.

Símbolos de material

Las líneas de sección, son el rayado de la sección, y viendo la figura anterior nos damos cuenta que es diferente para cada tipo de material.

Símbolos de forma

Ver la figura 2-27. Se muestra como es la sección, para saber si es tubular, rectangular, maciza,...

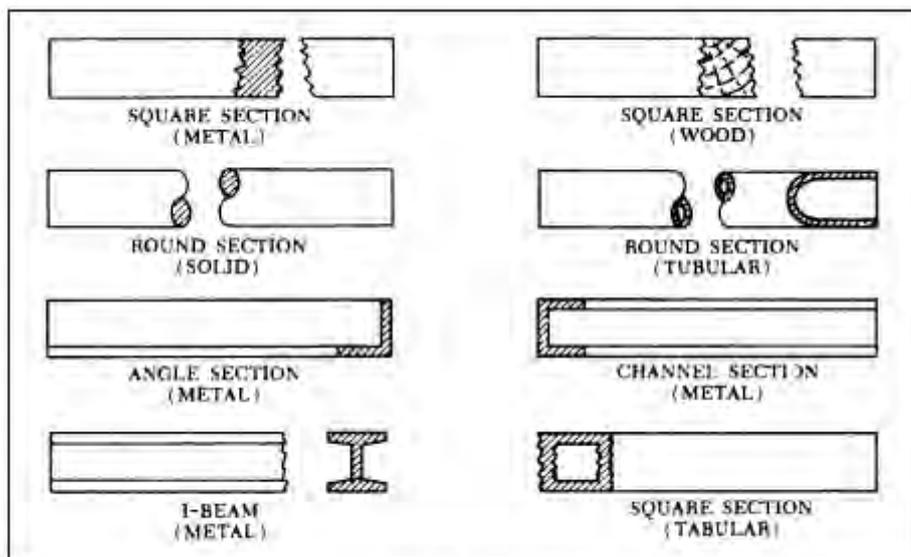


Figure 2-27. Shape symbols.

Símbolos eléctricos

Sabiendo lo que significa cada símbolo eléctrico, resulta muy simple con el diagrama, el ver cómo están los sistemas eléctricos conectados.

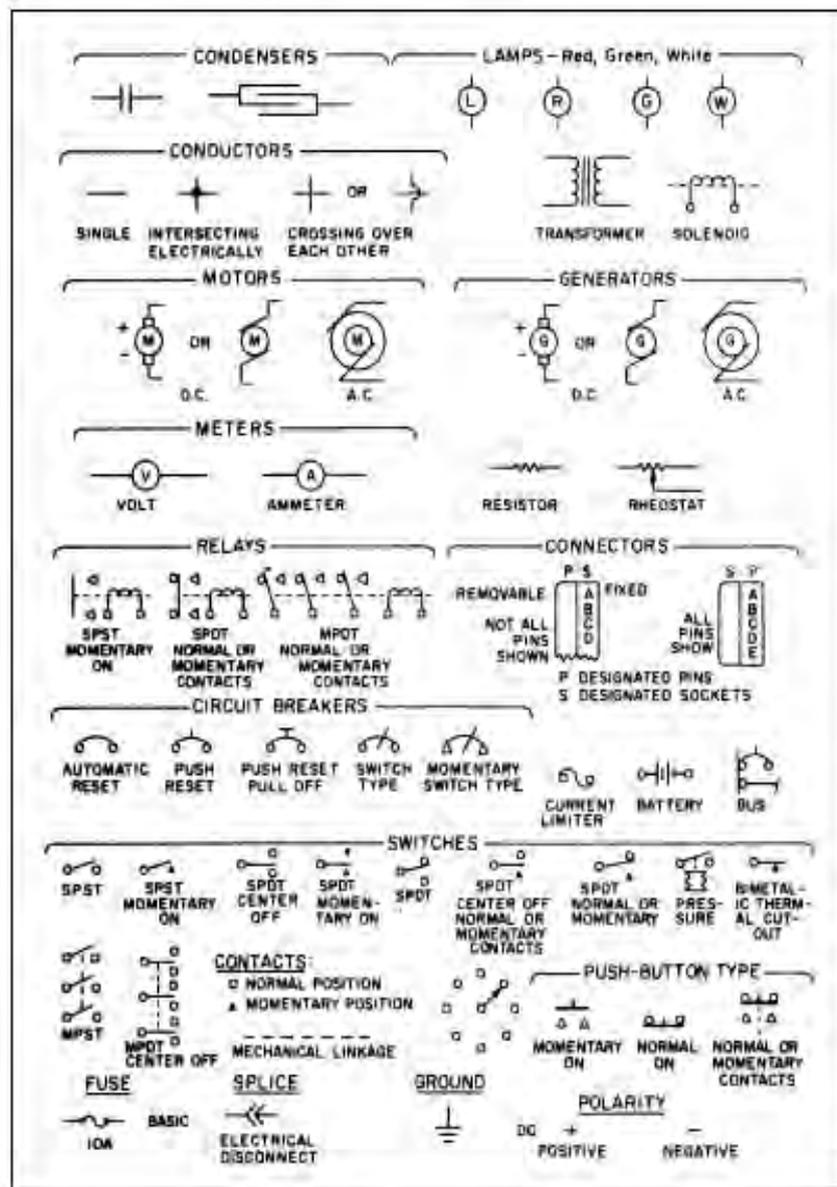


Figure 2-28. Electrical symbols.

Bocetos de planos

Es un dibujo hecho a mano y sin demasiados detalles. Se usa para presentar ideas para un nuevo diseño.

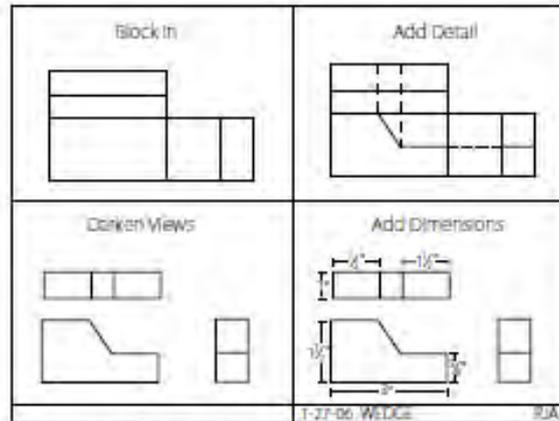


Figure 2-30. Steps in sketching.

Para hacer un boceto:
 Sigue los pasos indicados en la figura 2-30

Primero elige las vistas necesarias; completas con detalles; perfila los bordes de las piezas de cada vista y por último acota.

Formas básicas

Podemos dibujar a mano las formas simples, tales como círculos o rectángulos...

Bocetos de reparación

Debe dar toda la información necesaria a los técnicos de reparación.

GRÁFICOS Y TABLAS

Nomograma

Un nomograma es un gráfico que consiste en 3 sets de datos. Si se saben dos de ellos se puede conocer el tercero.

Un tipo de nomograma son tres escalas graduadas y paralelas para diferentes variables. Cuando un borde une dos valores, el tercero puede ser adivinado.

En la figura 2-31, es otro nomograma. Para un valor de x e y dado, hacemos paralelas hasta cortar la gráfica.

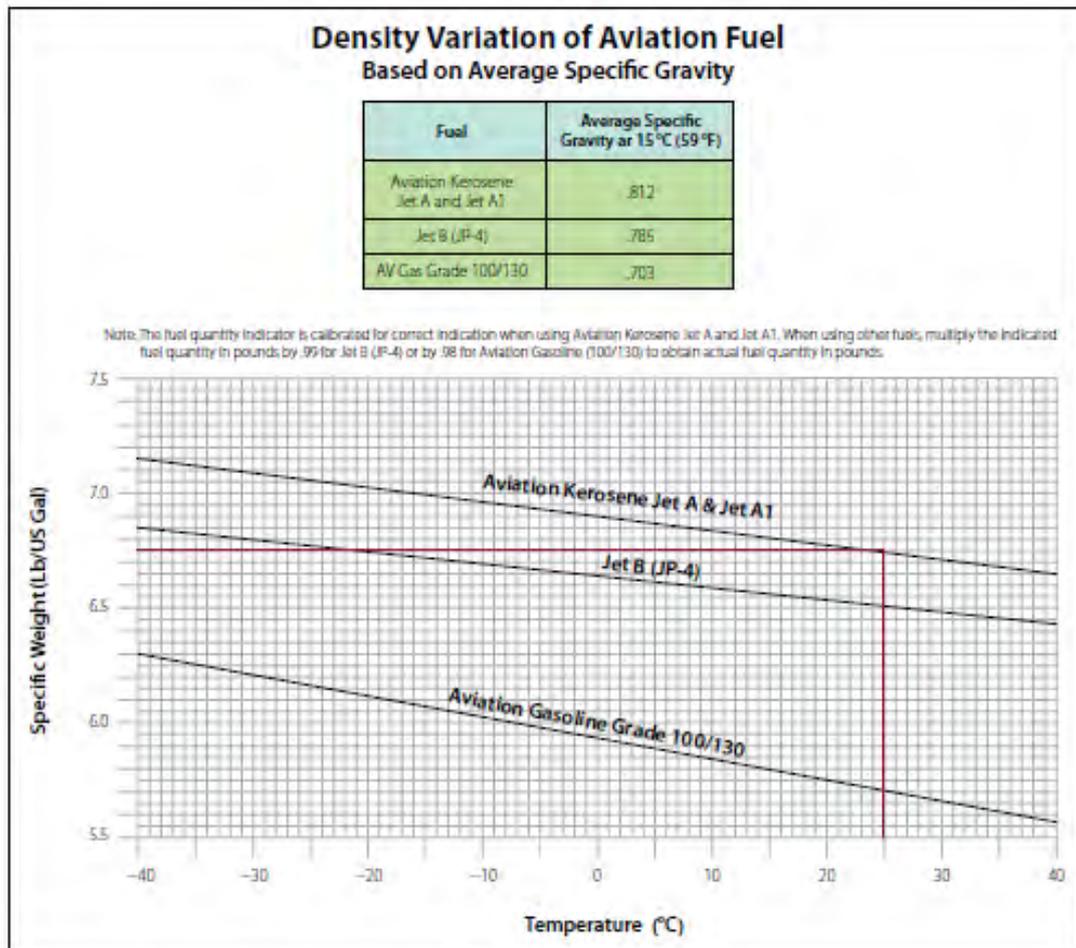


Figure 2-31. Nomogram.

MICROFILMACIÓN, MICROFICHAS Y PRESENTACIONES POR ORDENADOR

Se trata de grabar planos, manuales,... en micropelículas de 16 mm o 35 mm, dando ésta última una mejor reproducción.

La microficha es una tarjeta con páginas.

Los aviones más modernos usan CDs y DVDs para almacenar datos, es decir, a formato digital.

IMÁGENES DIGITALES

Es creada por una cámara, no siendo por tanto un plano.

Su ventaja es que puede ser rápidamente enviado por e-mail

La figura 2-32, muestra una imagen digital de una superficie dañada.



Figure 2-32. Digital image of impact damage.

ESPECIFICACIÓN 100 DE LA ASOCIACIÓN DE TRANSPORTE AÉREO DE EE.UU. (ATA).

Asociación del transporte aéreo

Asociación del transporte aéreo es la organización comercial de las líneas aéreas norteamericanas más grande. El ATA fue formado en 1936 en Washington, C.C..

Los números de ATA se utilizan para identificar piezas de un avión de una manera estándar.

Especificación 100 de ATA: Datos técnicos de los fabricantes

La asociación del transporte aéreo lanzó la más nueva versión de especificación 100 de ATA en 1999. Según la Web de ATA, esta información no será revisada, y se ha combinado con especificación 2100 de ATA para formar el iSpec 2200 de ATA:

Los estándares de la información para el manual del mantenimiento de la aviación.

Esta especificación define un esquema ampliamente utilizado de la enumeración para las piezas del avión y el aspecto de la información impresa del mantenimiento de avión.

La FAA, Administración federal de la aviación, da la tabla de código de JASC (sistema de avión/componente comunes) proporciona una versión modificada de especificación 100 de ATA.

Espec. 100 de ATA contiene el formato y las pautas de los manuales técnicos escritos por los fabricantes y los proveedores de la aviación y es utilizada por líneas aéreas y otros segmentos de la industria en el mantenimiento de sus productos respectivos. Este documento proporciona el estándar a nivel industrial para los sistemas de avión que numeran, designado a menudo números del sistema o del capítulo de ATA. Las pautas del formato y del contenido definen los datos elaborados como documentación impresa convencional. En el año 2000, espec. 100 de ATA y espec. 2100 de ATA fueron integradas en el iSpec 2200 de ATA: Estándares de la información para el mantenimiento de la aviación.

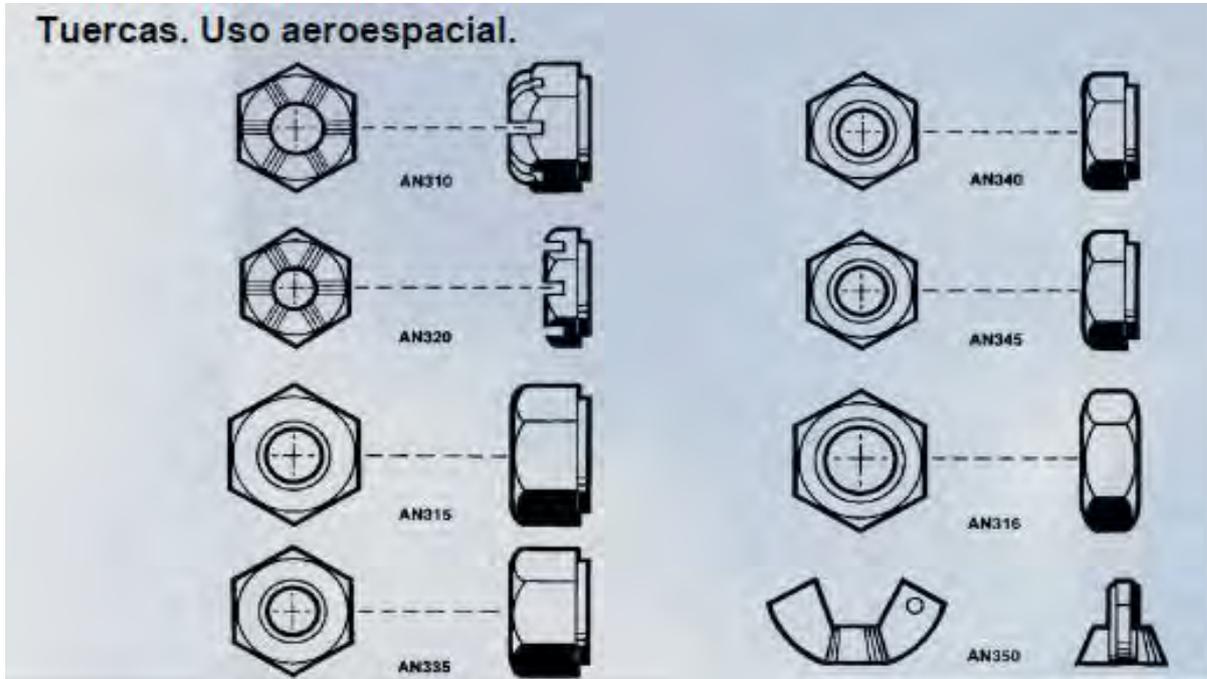
Normas de empleo habitual en la industria aeroespacial:

NAS - National Aerospace Standard – Unified Military Standards

AN - Air Force/Navy Aeronautical Standards

NA - National Aerospace Standard* - Metric
 MA - SAE Standard* Metric
 MS: Military Standard

Los alojamientos para las cabezas de los tornillos de acuerdo con DIN 74 e ISO 273

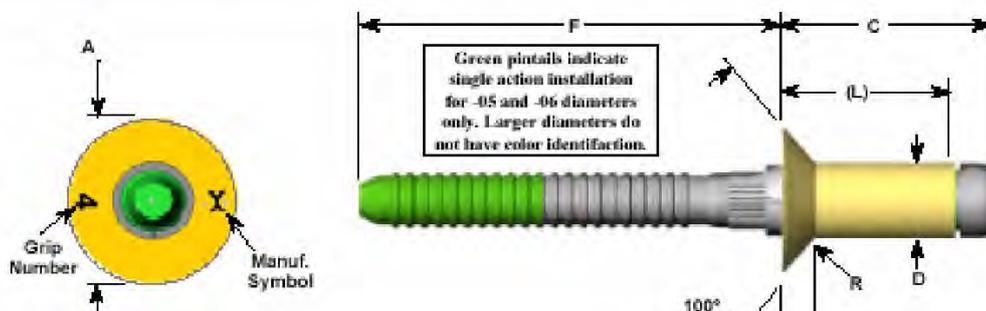


Ejemplo NAS 1298



Ejemplo MS90353U : significa el part number para flush head alloy steel fasteners

100° Flush Head --- Alloy Steel--- MS90353U



Norma Mil

Los materiales que utilizan los militares suelen ser de una calidad muy superior a lo que estamos acostumbrados, la vida de un soldado es algo muy valioso y esta depende en gran manera de todo lo que utiliza, en nuestro caso las radios militares tienen un acabado y calidad excepcional, resisten las inclemencias del tiempo y sobreviven perfectamente a golpes malos tratos y el paso de los años.

MIL-DTL-38999/32C Connector, electrical circular, cover, protective, plug, series III, metric

Norma ISO

La **Lista de normas ISO** compila los estándares publicados por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO)

ISO 261 Rosca métrica ISO. Serie general de diámetros y pasos

ISO 262 Rosca métrica ISO. Serie general de diámetros y pasos - Selección de los tamaños de tornillos, pernos y tuercas

TEMA VI
AJUSTES
Y
TOLERANCIAS

AJUSTES Y TOLERANCIAS

1. TOLERANCIAS

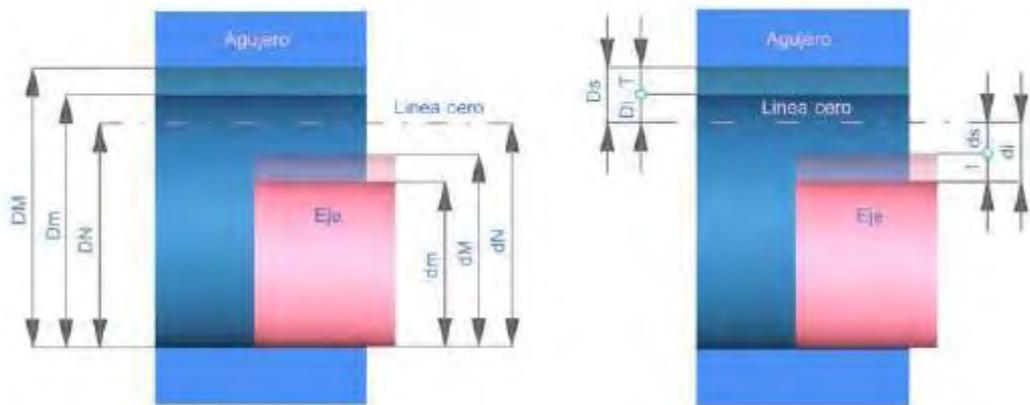
Tolerancia se puede definir como la variación total admisible del valor de una dimensión.

Las tolerancias dimensionales fijan un rango de valores permitidos para las cotas funcionales de la pieza.

Se utilizara la siguiente terminología en el estudio de este tipo de problemas

- **Eje:** elemento macho del acoplamiento.
- **Agujero:** elemento hembra en el acoplamiento
- **Dimensión:** Es la cifra que expresa el valor numérico de una longitud o de un ángulo.
- **Dimensión nominal** (dN para ejes, DN para agujeros): es el valor teórico que tiene una dimensión, respecto al que se consideran las medidas límites.
- **Dimensión efectiva:**(de para eje, De para agujeros): es el valor real de una dimensión, que ha sido delimitada midiendo sobre la pieza ya construida.
- **Dimensiones límites** (máxima, dM para ejes, DM para agujeros; mínima, dm para ejes, Dm para agujeros): son los valores extremos que puede tomar la dimensión efectiva.
- **Dimensiones límites** (máxima, dM para ejes, DM para agujeros; mínima, dm para ejes, Dm para agujeros): son los valores extremos que puede tomar la dimensión efectiva.
- **Desviación o diferencia:** es la diferencia entre una dimensión y la dimensión nominal.
- **Diferencia efectiva:** es la diferencia efectiva entre la medida efectiva y la dimensión nominal.
- **Diferencia superior o inferior:** es la diferencia entre la dimensión máxima/mínima y la dimensión nominal correspondiente.
- **Diferencia fundamental:** es una cualquiera de las desviaciones límites (superior o inferior) elegida convenientemente para definir la posición de la zona de tolerancia en relación a la línea cero.

- **Línea de referencia o línea cero:** es la línea recta que sirve de referencia para las Desviaciones o diferencias y que corresponde a la dimensión nominal.
- **Tolerancia** (t para ejes, T para agujeros): es la variación máxima que puede tener la medida de la pieza. Viene dada por la diferencia entre las medidas límites, y coincide con la diferencia entre las Desviaciones superior e inferior.
- **Zona de la tolerancia:** es la zona cuya amplitud es el valor de la tolerancia
- **Tolerancia fundamental:** es la tolerancia que se determina para cada grupo de dimensiones y para cada calidad de trabajo.



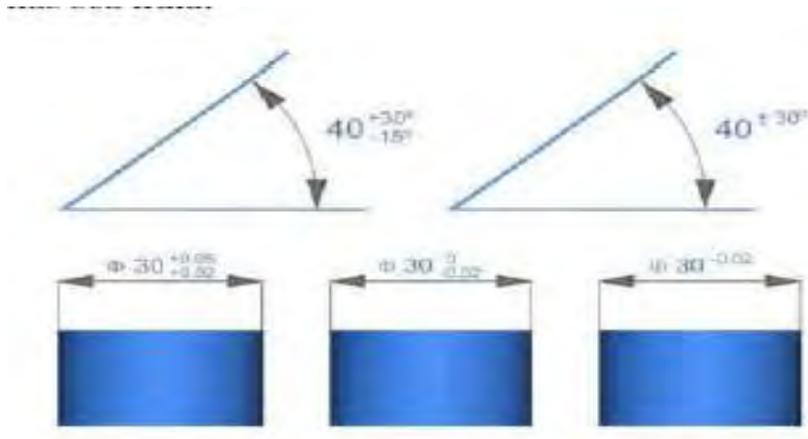
Las tolerancias dimensionales se pueden representar en los dibujos de varias formas:

- Con su medida nominal seguida de las Desviaciones límites.
- Con los valores máximo y mínimo.
- Con la notación normalizada ISO.

Pueden ser a su vez:

- a) Bilaterales, cuando la dimensión de una pieza puede ser mayor o menor que la dimensión dada, o
- b) Unilateral, cuando la dimensión de una pieza puede ser solo mayor, o solo menor, que la dimensión dada.

Las unidades de las Desviaciones son las mismas que las de la dimensión nominal. Normalmente serán milímetros. El número de cifras decimales debe ser el mismo en las dos diferencias, salvo que una de ellas sea nula.



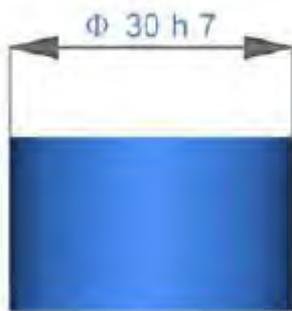
Los símbolos ISO utilizados para representar las tolerancias dimensionales tienen tres componentes:

Medida nominal.

Una letra representativa de la diferencia fundamental en valor y en signo (minúscula para eje, mayúscula para agujero), que indica la posición de la zona de tolerancia.

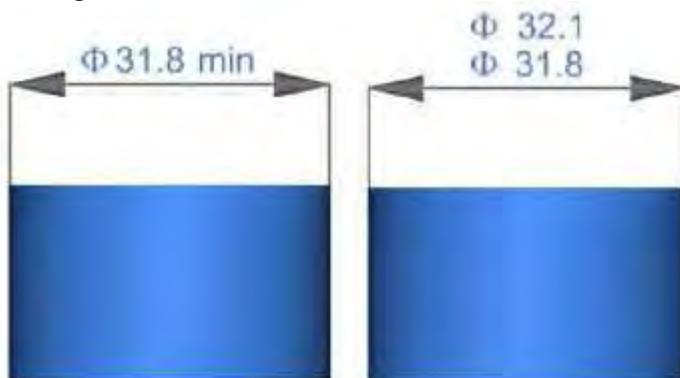
Un número representativo de la anchura de la zona de tolerancia

Por ejemplo en un plano se tendrá:

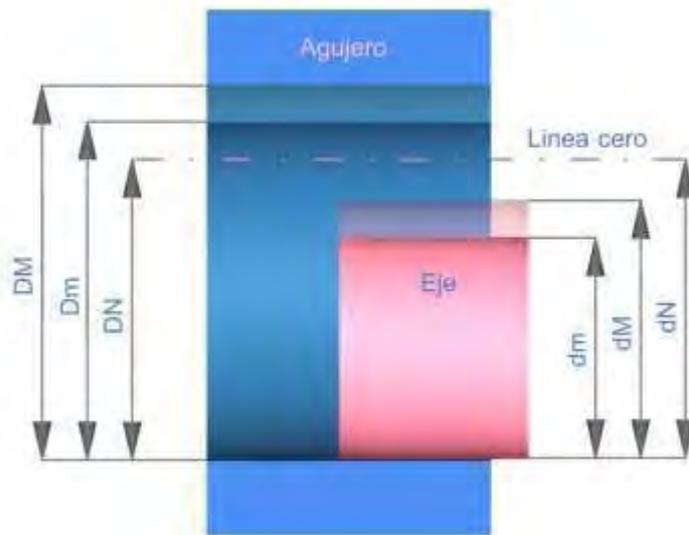


Valores para el ajuste con juego

50 F8/g6



Si los valores están limitados en máximo y mínimo es suficiente con poner los valores límite.



1.2 Calidad de la tolerancia

El sistema de tolerancias y ajustes ISA tiene como fundamento las siguientes premisas:

1. La temperatura de referencia es de 20°C
2. El Sistema ISO de tolerancias (Norma ISO 286(I)-62) para dimensiones nominales comprendidas entre 0 y 500mm realiza una partición en grupos de diámetros dentro de cuyos límites las magnitudes nominales de las tolerancias permanecen constantes. Los diámetros incluidos son de 0 a 500mm.
3. Dicha norma distingue dieciocho calidades (o dieciocho grados de tolerancia o clases de precisión) designados como IT01, IT0, IT1, ..., IT16, y se calcularon las tolerancias que se llaman fundamentales.
4. Para cada grupo de diámetros y cada calidad, la tolerancia, llamada fundamental, permaneció constante.
5. Las tolerancias fundamentales, para las calidades 5 a 16, se determinaron en función de la unidad de tolerancia internacional, siendo: $i=0,45D^{1/3}+0,001D$, donde i se expresa en micrones y D es la medida geométrica de los diámetros límites del grupo, expresada en mm.

La calidad o índice de calidad es un conjunto de tolerancias que se corresponde con un mismo grado de precisión para cualquier grupo de diámetros. Cuanto mayor sea la calidad de la pieza, menor será la tolerancia.

De esta forma, las calidades 01 a 3 para ejes y 01 a 4 para agujeros se usan para calibres y piezas de alta precisión. Las calidades 4 a 11 para ejes y 5 a 11 para agujeros, están previstas para piezas que van a estar sometidas a ajustes. Por último, las calidades superiores a 11 se usan para piezas o elementos aislados que no requieren un acabado tan fino.

En la tabla 1 se muestran los valores fundamentales en micras para cada una de las dieciocho calidades y para cada uno de los trece grupos de dimensiones de la serie principal.

| Grupos de Diámetros (mm) | CALIDADES | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---------|--|---------|---------|---|---------|---------|---------|---------|---------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | IT 01 | IT 0 | IT 1 | IT 2 | IT 3 | IT 4 | IT 5 | IT 6 | IT 7 | IT 8 | IT 9 | IT 10 | IT 11 | IT 12 | IT 13 | IT 14 | IT 15 | IT 16 |
| $d \leq 3$ | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 250 | 400 | 600 |
| $3 < d \leq 6$ | 0.4 | 0.6 | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 | 480 | 750 |
| $6 < d \leq 10$ | 0.4 | 0.6 | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 | 580 | 900 |
| $10 < d \leq 18$ | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 430 | 700 | 1100 |
| $18 < d \leq 30$ | 0.6 | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 | 840 | 1300 |
| $30 < d \leq 50$ | 0.6 | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 7 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 | 1000 | 1600 |
| $50 < d \leq 80$ | 0.8 | 1.2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 | 1200 | 1900 |
| $80 < d \leq 120$ | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 | 1400 | 2200 |
| $120 < d \leq 180$ | 1.2 | 2 | 3.5 | 5 | 8 | 12 | 18 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 |
| $180 < d \leq 250$ | 2 | 3 | 4.5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 | 1850 | 2900 |
| $250 < d \leq 315$ | 2.5 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 23 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 | 2100 | 3200 |
| $315 < d \leq 400$ | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 25 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 | 2300 | 3600 |
| $400 < d \leq 500$ | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 27 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1550 | 2500 | 4000 |
| | Ultrapre- cisión | | Calibre y piezas de gran precisión | | | Piezas o elementos destinados a ajustar | | | | | | Piezas o elementos que no han de ajustar | | | | | | |

Tabla I. Valores numéricos de amplitudes de zonas de tolerancia

1.3 Posición de la zona de tolerancia

El sistema ISO de tolerancias define veintiocho posiciones diferentes para las zonas de tolerancia, situadas respecto a la línea cero, según puede verse en la Fig. 1.

Se definen mediante unas letras (mayúsculas para agujeros y minúsculas para ejes), según se muestra a continuación:

Agujeros: A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, Js, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC

EJES : a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, j, js, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc.

En la tabla II se muestran las diferencias fundamentales para ejes expresadas en micras. La diferencia fundamental es igual a la superior “ds” para las posiciones a hasta h, y la inferior para las posiciones j hasta zc. La otra diferencia fundamental se puede calcular a través de las relaciones:

$$di = ds - t \text{ o } ds = di + t$$

En la tabla III se muestran las diferencias fundamentales para agujeros expresadas en micras. La diferencia fundamental es la inferior “Di” para las posiciones A hasta H, y la superior para las posiciones J hasta ZC. La otra diferencia fundamental se puede calcular a través de las relaciones:

$$D_s = D_i + T \text{ o } D_i = D_s - T$$

Departamento de Diseño Mecánico
Elementos de Máquinas

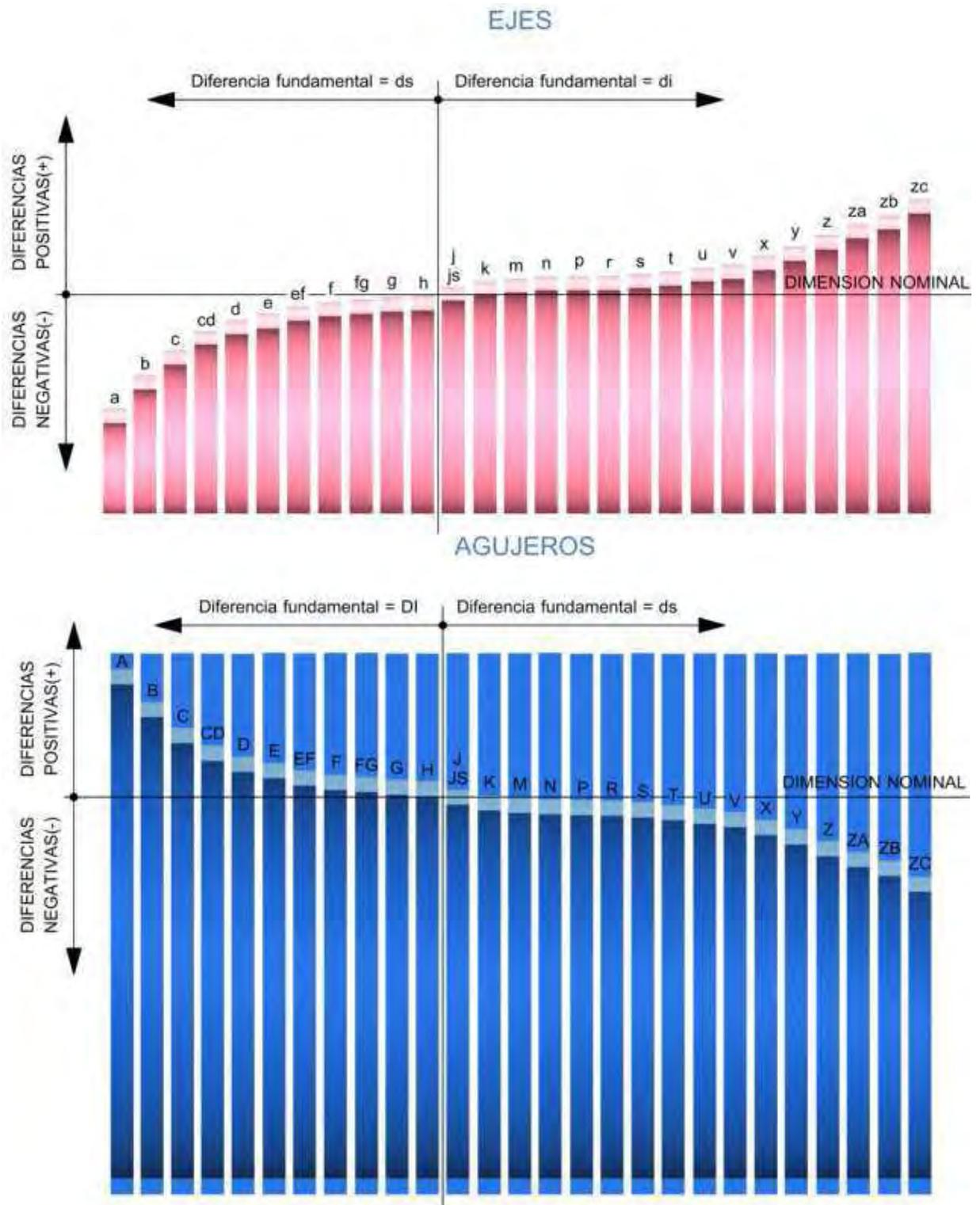


Fig. 1 Posiciones de las zonas de tolerancia

| Posición | Todas las calidades | | | | | | | | | | | | | Todas las calidades | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|------|------|-----|------|------|-----|------|----|-----|----|-----|-----|------------------------|----|----|---|----|---|----|---|----|----|----|---|--|
| | a | b | c | d | e | f | g | h | j | k | m | n | p | r | s | t | u | v | x | y | z | za | zb | zc | | |
| Calidad | Todas las calidades | | | | | | | | | | | | | Todas las calidades | | | | | | | | | | | | |
| Diferencia fundamental | Diferencia superior ds | | | | | | | | | | | | | Diferencia inferior di | | | | | | | | | | | | |
| ds3 | -270 | -140 | -60 | -34 | -20 | -14 | -10 | -6 | -4 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | |
| 3<ds6 | -270 | -140 | -70 | -46 | -30 | -20 | -14 | -10 | -6 | -4 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | |
| 6<ds10 | -280 | -150 | -80 | -56 | -40 | -25 | -18 | -13 | -8 | -5 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | |
| 10<ds14 | -290 | -150 | -95 | - | -50 | -32 | - | -16 | - | -3 | -6 | - | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 14<ds18 | -300 | -160 | -110 | - | -65 | -40 | - | -20 | - | -7 | 0 | -4 | -6 | - | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 18<ds24 | -310 | -170 | -120 | - | -80 | -50 | - | -25 | - | -9 | 0 | -5 | -10 | - | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 24<ds30 | -320 | -180 | -130 | - | -100 | -60 | - | -30 | - | -10 | 0 | -7 | -12 | - | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 30<ds40 | -340 | -190 | -140 | - | -120 | -72 | - | -36 | - | -12 | 0 | -8 | -15 | - | -3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 40<ds50 | -360 | -200 | -150 | - | -140 | -84 | - | -42 | - | -14 | 0 | -10 | -18 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 50<ds65 | -380 | -220 | -170 | - | -160 | -96 | - | -48 | - | -16 | 0 | -12 | -21 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 65<ds90 | -410 | -240 | -180 | - | -180 | -108 | - | -54 | - | -18 | 0 | -14 | -24 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 80<ds100 | -460 | -260 | -200 | - | -200 | -120 | - | -60 | - | -20 | 0 | -16 | -27 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 100<ds120 | -520 | -280 | -210 | - | -230 | -132 | - | -66 | - | -22 | 0 | -18 | -30 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 120<ds140 | -560 | -310 | -230 | - | -260 | -144 | - | -72 | - | -24 | 0 | -20 | -33 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 140<ds160 | -600 | -340 | -240 | - | -290 | -156 | - | -78 | - | -26 | 0 | -22 | -36 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 160<ds180 | -660 | -360 | -250 | - | -320 | -168 | - | -84 | - | -28 | 0 | -24 | -39 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 180<ds200 | -740 | -380 | -260 | - | -360 | -180 | - | -96 | - | -30 | 0 | -26 | -42 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 200<ds225 | -820 | -420 | -280 | - | -400 | -192 | - | -108 | - | -32 | 0 | -28 | -45 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 225<ds250 | -920 | -460 | -300 | - | -450 | -204 | - | -120 | - | -34 | 0 | -30 | -48 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 250<ds280 | -1050 | -540 | -330 | - | -510 | -226 | - | -132 | - | -36 | 0 | -32 | -51 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 280<ds315 | -1200 | -600 | -360 | - | -580 | -248 | - | -144 | - | -38 | 0 | -34 | -54 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 315<ds355 | -1350 | -660 | -400 | - | -660 | -270 | - | -156 | - | -40 | 0 | -36 | -57 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 400<ds450 | -1500 | -760 | -440 | - | -760 | -300 | - | -180 | - | -44 | 0 | -40 | -63 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 450<ds500 | -1650 | -840 | -480 | - | -840 | -330 | - | -200 | - | -48 | 0 | -44 | -69 | - | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Para la posición js, di = -IT/2 y ds = IT/2

TABLA II. Diferencias fundamentales para ejes (en micras)

| Posición | A | B | C | CD | D | E | EF | F | FG | G | H | Js |
|-----------|------------------------|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|---|------|
| Calidad | Todas las calidades | | | | | | | | | | | |
| Díametro | Diferencia inferior Di | | | | | | | | | | | |
| d 3 | 270 | 140 | 80 | 34 | 20 | 14 | 10 | 8 | 4 | 2 | 0 | IT/2 |
| 3 d 6 | 270 | 140 | 70 | 46 | 30 | 20 | 14 | 10 | 6 | 4 | 0 | |
| 6 d 10 | 280 | 150 | 80 | 58 | 40 | 25 | 18 | 13 | 8 | 5 | 0 | |
| 10 d 18 | 280 | 150 | 95 | | 50 | 32 | | 15 | | 6 | 0 | |
| 18 d 30 | 300 | 160 | 110 | | 65 | 40 | | 20 | | 7 | 0 | |
| 30 d 40 | 310 | 170 | 120 | | 80 | 50 | | 25 | | 9 | 0 | |
| 40 d 50 | 320 | 180 | 130 | | | | | | | | | |
| 50 d 65 | 340 | 190 | 140 | | 100 | 60 | | 30 | | 10 | 0 | |
| 65 d 80 | 360 | 200 | 150 | | | | | | | | | |
| 80 d 100 | 380 | 220 | 170 | | 120 | 72 | | 36 | | 12 | 0 | |
| 100 d 120 | 410 | 240 | 180 | | | | | | | | | |
| 120 d 140 | 480 | 260 | 200 | | 145 | 85 | | 45 | | 14 | 0 | |
| 140 d 160 | 520 | 280 | 210 | | | | | | | | | |
| 160 d 180 | 580 | 310 | 230 | | | | | | | | | |
| 180 d 200 | 680 | 340 | 240 | | | | | | | | | |
| 200 d 225 | 740 | 380 | 260 | | 170 | 100 | | 50 | | 15 | 0 | |
| 225 d 250 | 820 | 420 | 280 | | | | | | | | | |
| 250 d 280 | 920 | 480 | 300 | | 190 | 110 | | 56 | | 17 | 0 | |
| 280 d 315 | 1050 | 540 | 330 | | | | | | | | | |
| 315 d 335 | 1200 | 600 | 360 | | 210 | 125 | | 62 | | 18 | 0 | |
| 335 d 400 | 1350 | 680 | 400 | | | | | | | | | |
| 400 d 450 | 1500 | 780 | 440 | | 230 | 135 | | 68 | | 20 | 0 | |
| 450 d 500 | 1650 | 840 | 480 | | | | | | | | | |

| Posición | J | | | K | | | | M | | | | | N | | | | | P | | | |
|-----------|------------------------|----|----|---|---|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|
| Calidad | 6 | 7 | 8 | 6 | 6 | 7 | 8 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 6 | 6 | 7 | |
| Díametro | Diferencia superior Da | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d 3 | 2 | 4 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 8 |
| 3 d 6 | 5 | 6 | 10 | 0 | 2 | 3 | 5 | 3 | 1 | 0 | 2 | 4 | 7 | 5 | 4 | 2 | 0 | 11 | 9 | 8 | 12 |
| 6 d 10 | 5 | 8 | 12 | 1 | 2 | 5 | 6 | 4 | 3 | 0 | 1 | 8 | 8 | 7 | 4 | 3 | 0 | 13 | 12 | 9 | 15 |
| 10 d 18 | 6 | 10 | 15 | 2 | 2 | 8 | 8 | 4 | 4 | 0 | 2 | 7 | 9 | 9 | 5 | 3 | 0 | 15 | 15 | 11 | 18 |
| 18 d 30 | 9 | 12 | 20 | 1 | 2 | 6 | 10 | 5 | 4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 11 | 7 | 3 | 0 | 19 | 18 | 14 | 22 |
| 30 d 40 | 10 | 14 | 24 | 2 | 3 | 7 | 12 | 5 | 4 | 0 | 5 | 8 | 15 | 12 | 8 | 3 | 0 | 22 | 21 | 17 | 26 |
| 40 d 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 d 65 | 13 | 18 | 28 | | 4 | 9 | 14 | 6 | 5 | 0 | 5 | 11 | 15 | 14 | 9 | 4 | 0 | 27 | 26 | 21 | 32 |
| 65 d 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 d 100 | 16 | 22 | 34 | 2 | 4 | 10 | 16 | 8 | 8 | 0 | 8 | 18 | 18 | 16 | 10 | 4 | 0 | 32 | 30 | 24 | 37 |
| 100 d 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 d 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 d 160 | 18 | 26 | 41 | 3 | 4 | 12 | 20 | 9 | 8 | 0 | 8 | 15 | 21 | 20 | 12 | 4 | 0 | 37 | 36 | 28 | |
| 160 d 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 d 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 d 225 | 22 | 30 | 47 | 2 | 5 | 13 | 22 | 11 | 8 | 0 | 9 | 17 | 25 | 22 | 14 | 5 | 0 | 44 | 41 | 33 | |
| 225 d 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 250 d 280 | 25 | 36 | 55 | 3 | 5 | 16 | 25 | 13 | 9 | 0 | 9 | 20 | 27 | 25 | 14 | 5 | 0 | 49 | 47 | 36 | |
| 280 d 315 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 315 d 335 | 29 | 39 | 60 | 3 | 7 | 17 | 28 | 14 | 10 | 0 | 11 | 21 | 30 | 26 | 16 | 5 | 0 | 55 | 51 | 41 | |
| 335 d 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 400 d 450 | 33 | 43 | 66 | 2 | 8 | 18 | 29 | 16 | 10 | 0 | 11 | 23 | 33 | 27 | 17 | 6 | 0 | 61 | 55 | 45 | |
| 450 d 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla III. Diferencias fundamentales para agujeros (en micras).

Dado que para cada grupo de diámetros nominales se pueden elegir un número elevado de zonas de tolerancia y de grados de calidad, se recomienda utilizar solamente algunas zonas de tolerancia, llamadas zonas de tolerancia preferentes.

Zonas de tolerancia preferentes para Agujeros

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | | | | | | G6 | H6 | Js6 | K6 | M6 | N6 | P6 | R6 | S6 | T6 | |
| | | | | | F7 | G7 | H7 | Js7 | K7 | M7 | N7 | P7 | R7 | S7 | T7 | |
| | | | | E8 | F8 | | H8 | Js8 | K8 | M8 | N8 | P8 | R8 | | | |
| | | | D9 | E9 | F9 | | H9 | | | | | | | | | |
| | | | D10 | E10 | | | H10 | | | | | | | | | |
| A11 | B11 | C11 | D11 | | | | H11 | | | | | | | | | |

Zonas de tolerancia preferentes para Ejes

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | | | g5 | h5 | js5 | k5 | m5 | n5 | p5 | r5 | s5 | t5 | |
| | | | | | f6 | g6 | h6 | js6 | k6 | m6 | n6 | p6 | r6 | s6 | t6 | |
| | | | | | f7 | | h7 | js7 | k7 | m7 | n7 | p7 | r7 | t7 | t7 | u7 |
| | | | d8 | e8 | f8 | | h8 | | | | | | | | | |
| | | | d9 | e9 | | | h9 | | | | | | | | | |
| | | | d10 | | | | | | | | | | | | | |
| a11 | b11 | c11 | | | | | h11 | | | | | | | | | |

1.4 Ajustes

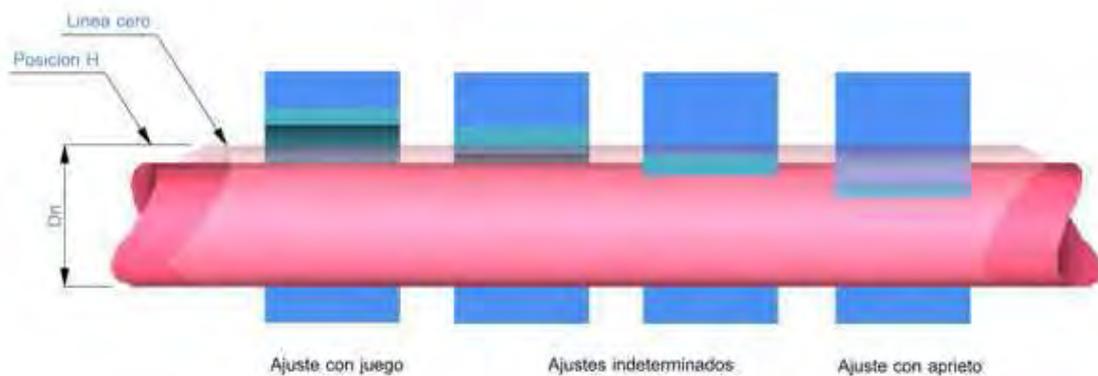
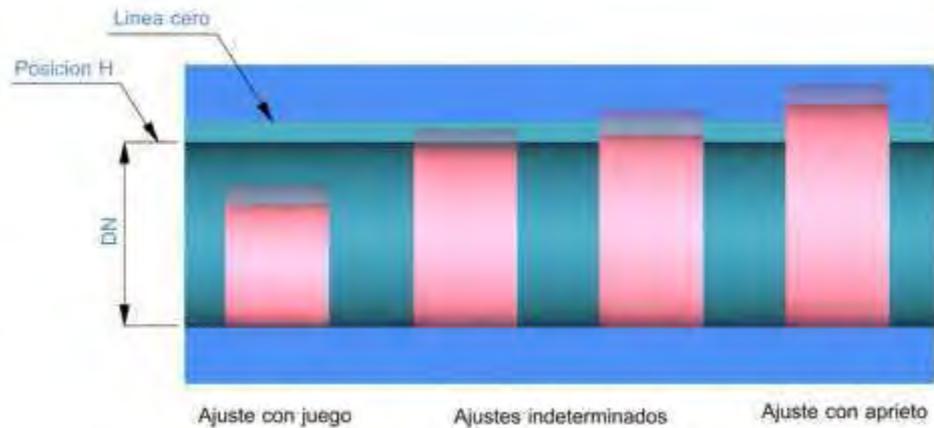
Se denomina ajuste a la diferencia entre las medidas antes del montaje de dos piezas que han de acoplar.

Según la zona de tolerancia de la medida interior y exterior, el ajuste puede ser:

Ajuste móvil o con juego.

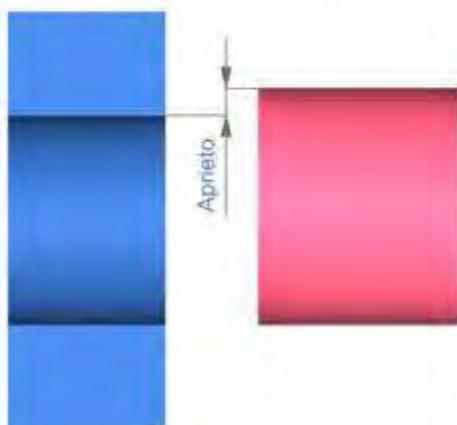
Ajuste indeterminado.

Ajuste fijo o con apriete.



Apriete (A) es la diferencia entre las medidas efectivas de eje y agujero, antes del montaje, cuando esta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es mayor que la del agujero:

$$A = d_e - D_e > 0$$

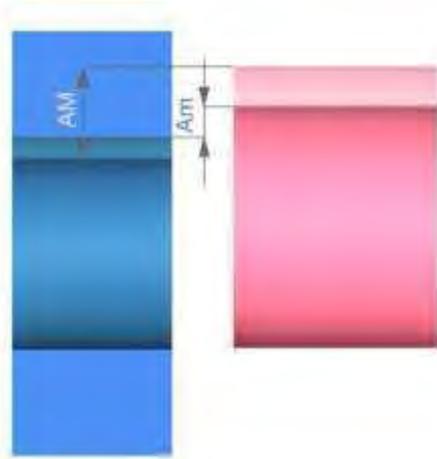


Apriete máximo (AM) es el valor de la diferencia entre la medida máxima del eje y la medida mínima del agujero: $AM = dM - Dm$

Apriete mínimo (Am) es el valor de la diferencia entre la medida mínima del eje y la máxima del agujero: $Am = dm - DM$

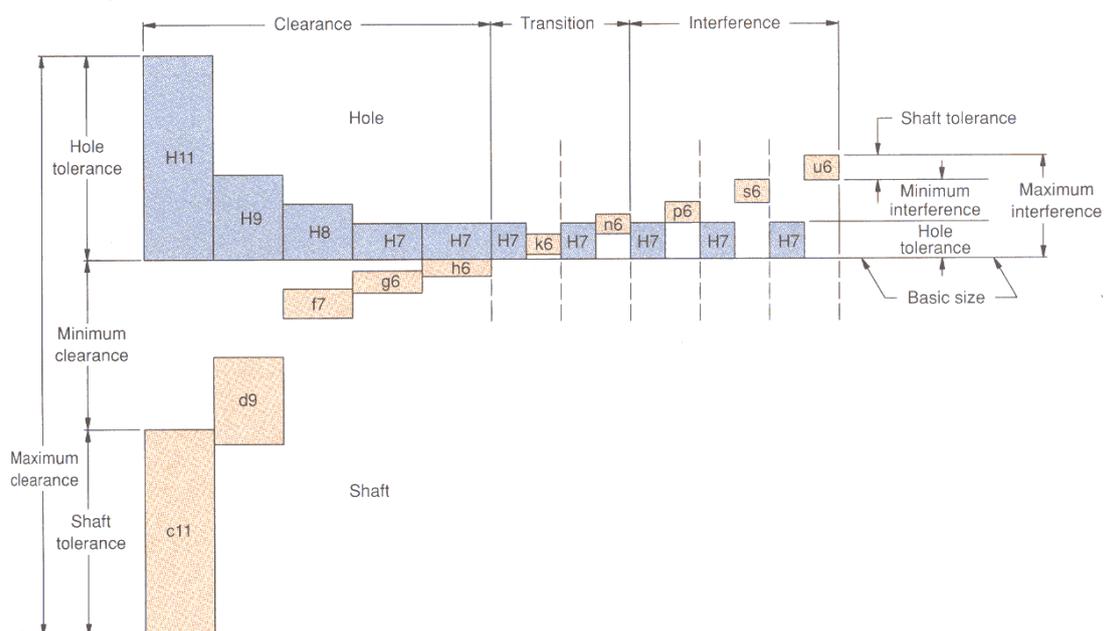
Se llama tolerancia del Apriete (TA) a la diferencia entre los apriete máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

$$TA = AM - Am = T + t$$



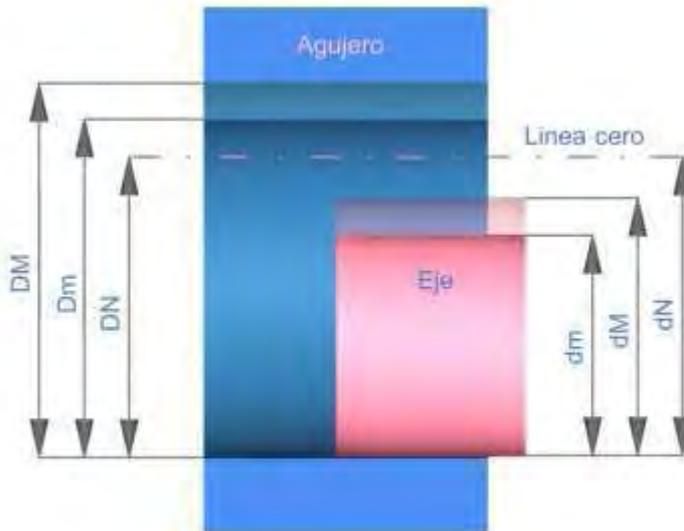
Sistema Agujero Base: En este sistema se toma siempre como elemento fijo para el ajuste la posición del agujero H, y a partir de ahí, se usan los datos de Apriete Máximo, Apriete Mínimo, Tolerancia del Agujero y Tolerancia del Eje para obtener las diferencias inferiores máxima y mínima para la posición del eje que verifican las condiciones del ajuste.

Sistema Eje Base: En este sistema se toma siempre como elemento fijo para el ajuste la posición del eje h, y a partir de ahí, se usa los datos de Apriete Máximo, Apriete Mínimo, Tolerancia del Agujero y Tolerancia del Eje para obtener las diferencias superiores máxima y mínimas para la posición del agujero que verifican las condiciones del ajuste:



1.5 Juego (u Holgura)

Se denomina juego (J) a la diferencia entre las medidas del agujero y del eje, antes del montaje, cuando esta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es menor que la del agujero: $J = D_e - d_e > 0$



Juego máximo (JM) es la diferencia que resulta entre la medida máxima del agujero y la mínima del eje:

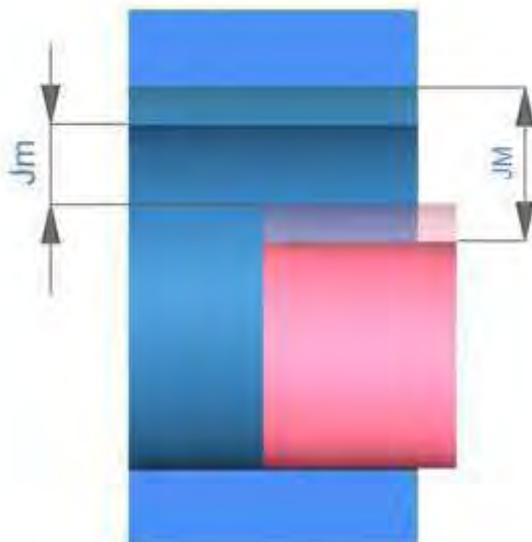
$$JM = DM - dm$$

Juego mínimo (Jm) es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la máxima del eje:

$$Jm = Dm - dM$$

Se llama tolerancia del juego (TJ) a la diferencia entre los juegos máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

$$TJ = JM - Jm = T + t$$



Se denomina ajuste indeterminado (I) a un tipo de ajuste en el que la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje puede resultar positiva o negativa, dependiendo de cada montaje concreto:

$$I = D_e - d_e < 0 \text{ ó } > 0$$

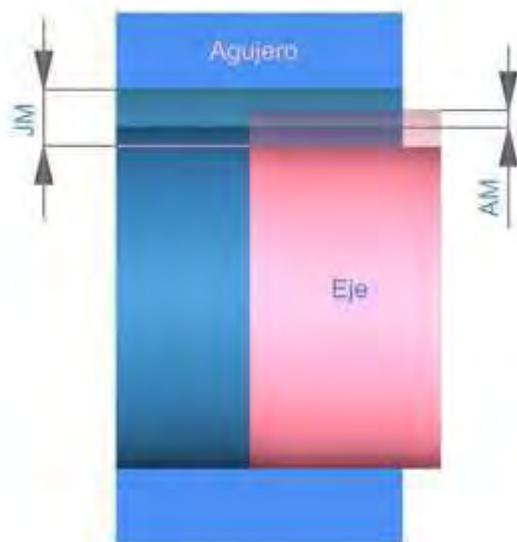
$$JM = DM - dm$$

$$AM = dM - Dm$$

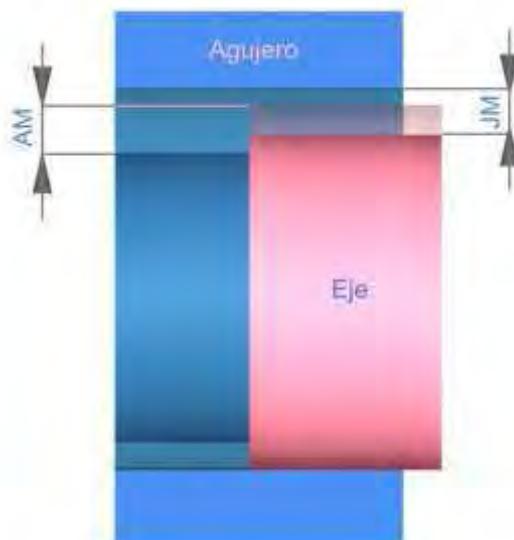
Se llama tolerancia del ajuste indeterminado (TI) a la suma del juego máximo y del apriete máximo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

$$TI = JM + AM = T + t$$

Teniendo en cuenta las posiciones y tamaños relativos entre las tolerancias de ejes y agujeros, se pueden dar tres casos, como se muestran en las figuras a continuación:

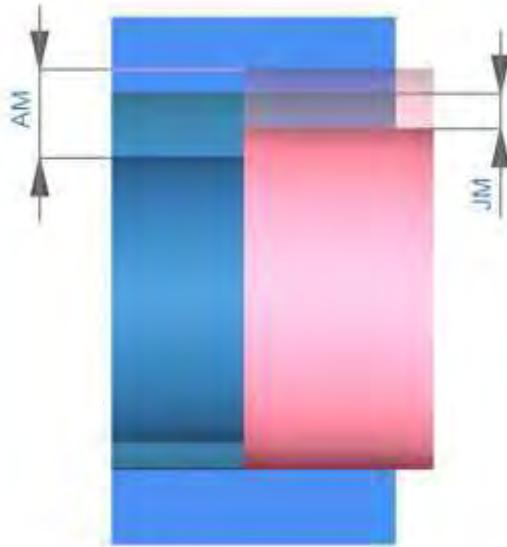


El valor del Juego máximo supera al Apriete máximo



El apriete máximo es igual al juego máximo.

El apriete máximo es superior al juego máximo.



Para determinar los juegos límites se tendrá en cuenta que:

- Se debe evitar todo exceso de precisión.
- Se debe adoptar siempre que sea posible mayor tolerancia para el eje que para el agujero.
- Se deben elegir las tolerancias de forma que las calidades del eje y del agujero no varíen en más de dos índices.
- Se debe tener en cuenta la experiencia en ajustes análogos.
- Montaje de las piezas.

Al fijar los juegos límites de un acoplamiento se deben tener en cuenta:

- Estado superficial.
- Naturaleza del material.
- Velocidad de funcionamiento.
- Naturaleza, intensidad, dirección, sentido, variación y prioridad de los esfuerzos.
- Engrase.
- Desgaste.
- Geometría del conjunto.

| ISO FITS ~ First Preference | | |
|------------------------------|-------------|---|
| ISO SYMBOL | | DESCRIPTION |
| Hole Basis | Shaft Basis | |
| H11/c11 | C11/h11 | Loose running fit for wide commercial tolerances or allowances on external members. |
| H9/d9 | D9/h9 | Free running fit not for use where accuracy is essential, but good for large temperature variations, high running speeds, or heavy journal pressure. |
| H8/f7 | F8/h7 | Close running fit for running on accurate machines and accurate location at moderate speeds and journal pressures. |
| H7/g6 | G7/h6 | Sliding fit not intended to run freely, but to move and turn freely and locate accurately. |
| H7/h6 | H7/h6 | Locational clearance fit provides snug fit for locating stationary parts; but can be freely assembled and disassembled. |
| H7/k6 | K7/h6 | Locational transition fit for accurate location, a compromise between clearance and interference. |
| H7/n6 | N7/h6 | Locational transition fit for more accurate location where greater interference is permissible. |
| H7/p6 | P7/h6 | Locational interference fit for parts requiring rigidity and alignment with prime accuracy of location but without special bore pressure requirements. |
| H7/s6 | S7/h6 | Medium drive fit for ordinary steel parts or shrink fits on light sections, the tightest fit usable with cast iron. |
| H7/u6 | U7/h6 | Force fit for parts which can be highly stressed or for shrink fits where the heavy pressing force required are impractical. |
| ISO FITS ~ Second Preference | | |
| ISO SYMBOL | | DESCRIPTION |
| Hole Basis | Shaft Basis | |
| H8/e8 | E9/h9 | Medium running fit (much clearance). |
| H8/h9 | H8/h9 | Sliding fit (parts slightly moveable). |
| H7/d9 | D9/h8 | Wide loose running fit (ample clearance). |
| H7/e8 | E8/h6 | Medium running fit (much clearance). |
| H7/f7 | F7/h6 | Running fit (parts easily moveable). |
| H7/j6 | J7/h6 | Locational transition fit (parts movable by hand, a hammer may be necessary). |
| H7/m6 | M7/h6 | Driving / Locational transition fit (parts have to be driven in by a hammer or press). |
| H7/r6 | R7/h6 | Press / Snug fit (parts can only be assembled by heating the part with the hole or chilling the shaft etc.). |

Procesos de manufactura y acabados superficiales

LOCATIONAL AND ASSEMBLY FITS

| Combination of Hole and Shaft | Quality of fit | Typical uses |
|-------------------------------|--------------------|---|
| H6 h5 | Precision location | All these fits are widely used for non running parts, for normal location and spigot fits—in finer grades, used as a precision sliding fit. |
| *H6 h6 | | |
| H7 h6 | Close location | |
| *H7 h7 | | |
| H8 h7 | Normal location | |
| *H8 h8 | | |
| H9 h8 | Loose location | |
| *H9 h9 | | |
| *H11 h9 | Slack assembly | |
| *H11 h11 | | |
| *H8 h9 | Positional fits | |
| *H8 u9 | | |

* Preferred combinations.

TRANSITION AND INTERFERENCE FITS (Contd.)

| Combination of Hole and shaft | Quality of fit | Typical uses |
|-------------------------------|---------------------|---|
| H6 p5 Fine H7 p6 Normal | Press fit | Light press fit for nonferrous parts which can be dismantled when required-bearing bushes-press fit for steel, cast iron or brass to steel assemblies-bush in a gear. |
| H6 r5 Fine H7 r6 Normal | | |
| H6 s5 Fine H7 s6 Normal | Drive fit | Medium drive fit for ferrous parts and light drive fit for non-ferrous parts that can be dismantled. |
| H6 u5 Fine H7 u6 Normal | | |
| H6 v5 Fine H7 v6 Normal | Force or shrink fit | High interference fit. A thorough investigation into the degree of grip and the stresses in the part must be made. |

For Grades 5 to 16, standard tolerance and Δ is $i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001 D$
 i in microns ; D in mm.

| IT GRADE | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----------|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Values | 7 | 10 | 15 | 21 | 30 | 43 | 60 | 80 | 110 | 150 | 200 | 250 |

| Classes of Holes | MANUFACTURING PROCESS USED | |
|------------------|---|--|
| | | |
| H5 | FINE BORING, FINE GRINDING, HONING | |
| H6 | FINE BORING, HONING, HAND REAMING | |
| H7 | INT. GRINDING, BROACHING, REAMING | |
| H8 | BORING, MACHINE REAMING | |
| H9 | BORING & REAMING | |
| H10 | Not for diameter fits; used for milled widths, drilled holes. | |
| H11 | Not used in fits; punching, coarse drilling, drawn reamer. | |

| OBTAINABLE RANGE OF SURFACE ROUGHNESS, R_a , IN MICRONS | | | | |
|---|--------------------------|-----------------|------------|------------|
| Manufacturing Process | | with Difficulty | Normally | Roughing |
| CASTING | Sand casting | | 6.3 — 12.5 | 12.5 — 25 |
| | permanent mould | 0.8 — 1.6 | 1.6 — 6.3 | |
| | Die casting | | 0.8 — 3.2 | |
| FORMING | Forging | 1.6 — 3.2 | 3.2 — 25 | |
| | Extrusion | 0.4 — 0.8 | 0.8 — 6.3 | |
| | Rolling | 0.4 — 0.8 | 0.8 — 3.2 | |
| MANUAL | Flame Cut | | 25 — 50 | |
| | Hack Saw Cut | | 6.3 — 50 | |
| | Bandsaw, Chipping | | 3.2 — 50 | |
| | Filing | 0.8 — 1.6 | 1.6 — 12.5 | |
| | Emery Polish | 0.1 — 0.4 | 0.4 — 1.6 | 1.6 — 3.2 |
| SURFACE PROCESS | Shot Blast | 1.6 — 3.2 | 3.2 — 50 | |
| | Tumbling | | 0.2 — 12.5 | |
| | Abrasive Belt | | 0.1 — 6.3 | |
| | Fibre Wheel brushing | 0.1 — 0.2 | 0.2 — 0.8 | 0.8 — 1. |
| | Cloth buffing | 0.012 — 0.05 | 0.05 — 0.1 | |
| MACHINING | SHELL MILLING | 1.6 — 3.2 | 3.2 — 25 | 25 — 50 |
| | DRILLING | 3.2 — 6.3 | 6.3 — 25 | |
| | PLANING & SHAPING | | 1.6 — 12.5 | |
| | FACE MILLING | 0.8 — 1.6 | 1.6 — 12.5 | 12.5 — 50 |
| | TURNING | 0.2 — 1.6 | 1.6 — 6.3 | 6.3 — 50 |
| | BORING | 0.2 — 1.6 | 1.6 — 6.3 | 6.3 — 50 |
| | REAMING | 0.4 — 0.8 | 0.8 — 6.3 | 6.3 — 12.5 |
| | CYL. GRINDING | 0.025 — 0.4 | 0.4 — 3.2 | 3.2 — 6.3 |
| | CENTRELESS GRINDING | 0.05 — 0.4 | 0.4 — 3.2 | |
| | INTERNAL GRINDING | 0.025 — 0.4 | 0.4 — 3.2 | 3.2 — 6.3 |
| | SURFACE GRINDING | 0.025 — 0.4 | 0.4 — 3.2 | 3.2 — 6.3 |
| | BROACHING | 0.2 — 0.8 | 0.8 — 3.2 | 3.2 — 6.3 |
| | SUPER FINISHING | 0.025 — 0.1 | 0.1 — 0.4 | |
| | HONING | 0.025 — 0.1 | 0.1 — 0.4 | |
| LAPPING | 0.006 — 0.05 | 0.05 — 0.4 | | |
| GEAR MANUFACTURE | MILLING, SPIRAL BEVEL | 1.56 — 3.2 | 3.2 — 12.5 | 12.5 — 25 |
| | MILLING with FORM CUTTER | 1.6 — 3.2 | 3.2 — 12.5 | 12.5 — 50 |
| | HOBGING | 0.8 — 3.2 | 3.2 — 12.5 | 12.5 — 50 |
| | SHAPING | 0.4 — 1.6 | 1.6 — 12.5 | 12.5 — 250 |
| | PLANING | 0.4 — 1.6 | 1.6 — 12.5 | 12.5 — 50 |
| | SHAVING | 0.4 — 0.8 | 0.8 — 3.2 | |
| | GRINDING, Criss Cross | 0.4 — 0.8 | 0.8 — 1.6 | |
| | GRINDING | 0.1 — 0.4 | 0.4 — 0.8 | |
| LAPPING | 0.05 — 0.2 | 0.2 — 0.8 | | |

Tabla XX – Rugosidad según los distintos procesos de manufactura

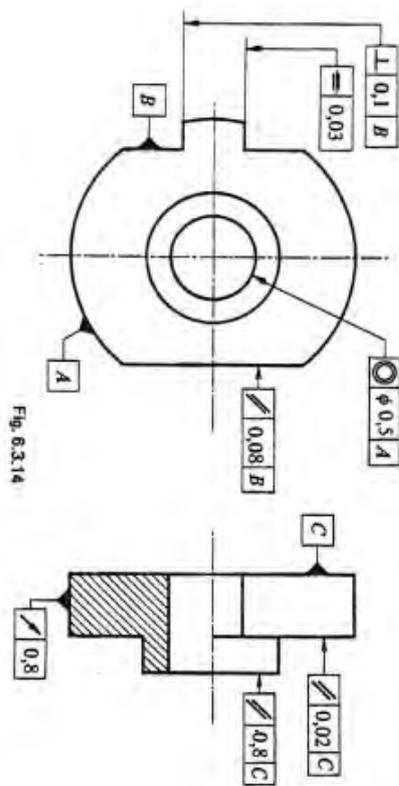


Fig. 6.3.14



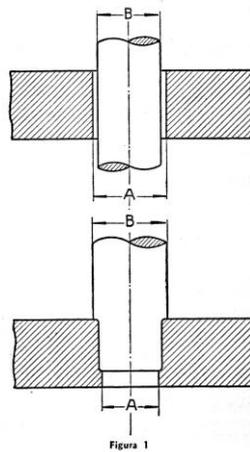
| Características objeto de tolerancia | | Símbolo |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------|
| Forma (Forma) | Rectitud | — |
| | Planitud | ▭ |
| | Redondeo | ○ |
| | Cilindricidad | ⊘ |
| | Forma de una línea (r, R, r, R) | ⌒ |
| | Forma de una superficie cualquiera | ⌒ |
| Orientación (Orientación) | Paralelismo | ∥ |
| | Perpendicularidad u ortogonalidad | ⊥ |
| | Inclinación | ∠ |
| Posición (Posición) | Posición | ⊕ |
| | Concentricidad o coaxialidad | ⊙ |
| | Simetría | ≡ |
| Textura superficial | | ∕ |

Simbología para las características objeto de tolerancias

2. INTERCAMBIABILIDAD

El continuo avance de la técnica exige mecanismos cada vez más precisos y a costos razonables; ello trae aparejado un aumento de la calidad de la producción y una elevación del rendimiento de los procesos industriales. Estos dos aspectos se hallan firmemente asociados a la intercambiabilidad de piezas, ya que sin su concurso, poco se puede realizar de lo anterior, pues debemos tener presente que, en general, se está hablando de procesos en los que intervienen un conjunto de piezas para integrar una máquina o un mecanismo, y no de elementos aislados.

Los diversos elementos integrantes de máquinas o partes de estas se hallan vinculados de maneras preestablecidas y deben realizar movimientos determinados, como ser el de rotación o de desplazamiento, y en otros casos deben mantener una relativa posición, invariable a través del tiempo, con el fin de asegurar la rigidez de vínculo que realizan. Vemos entonces que podemos establecer dos grandes grupos de vinculaciones que son



(Fig.1) las fijas y las móviles.

Es evidente que el eje B podrá ser introducido con juego en el agujero A, cuando el diámetro del agujero sea mayor que el diámetro del eje.

En el caso de ser el diámetro del eje mayor que el del agujero, tendremos que, por introducción del eje en el agujero ambas piezas se deformaran, obteniéndose una vinculación fija. Al respecto se debe aclarar que el carácter de la unión de las piezas debe permanecer constante a pesar de las variaciones que puedan ocurrir de las condiciones de trabajo, como ser variaciones de los esfuerzos, de las velocidades de rotación o de la temperatura de la misma.

La unión fija o móvil del árbol con el agujero puede obtenerse mediante la aplicación de discrepancias en las dimensiones del diámetro del eje y del agujero, las que se toman respecto a la llamada dimensión nominal de la unión, que es la que se indica en los planos.

Cada uno de los vínculos proyectados de esta manera puede tener distintas precisiones de acabado. Antiguamente existía la tendencia de mantener la dimensión nominal con la mayor precisión posible y en forma independiente de la función que cumple el mecanismo. Esto dio motivo a que la elaboración fuera sumamente e innecesariamente costosa e hizo imprescindible la utilización de mano de obra calificada; más aun, la realización de dos vínculos iguales no arrojaba el mismo ajuste, por la inevitable variación que introduce el acabado manual. Pero había algo que era mucho más grave que todo eso y consistía en el hecho de que las piezas integrantes de mecanismos contruidos de tal manera no podían ser directamente reemplazadas, sin previo ajuste. De lo expuesto surge enseguida la consideración de la imposibilidad de tener piezas de repuesto para un rápido intercambio.

El constructor deberá fijar de antemano las discrepancias de las dimensiones nominales de las piezas a fabricar y prever los límites de precisión admisibles durante la ejecución, compatibles con la naturaleza y características de funcionamiento de la vinculación, la posibilidad de su realización en función del equipo disponible y las necesarias condiciones económicas de obtención de piezas a costos razonables.

De este modo se posibilita la tarea de fabricación y montaje de piezas de una manera racional y realizada por operarios, inclusive poco calificados.

Llamaremos piezas intercambiables a las que pueden ser reemplazadas directamente, sin ningún ajuste posterior y sin que ello influya en el funcionamiento del mecanismo. La intercambiabilidad es de capital importancia para el usuario de una máquina, ya que posibilita el recambio rápido de la pieza a un costo relativamente bajo y con mano de obra corriente, en el peor de los casos deberá realizar la reparación en un taller especializado pero se habrá evitado tener que remitir la máquina al fabricante, cosa prácticamente no viable, tratándose de elementos de importación o fuera de catálogo en el país de origen.

El costo y la precisión son factores opuestos en la rentabilidad de una producción (Fig.2): a menor tolerancia, mayor costo de mecanizado.

Fig.2 Costo relativo en función de la tolerancia

Resulta bien claro que elevar las exigencias de precisión, más allá de lo que el proceso corriente de fabricación permite, hace complicar y encarecer innecesariamente la producción.

Por lo tanto se debe poseer un claro concepto de la determinación de formas de piezas, emplear dimensiones nominales normalizadas, tolerancias de ejecución y rugosidad de superficies como así también desarrollar métodos de medición y control de piezas que garanticen los límites prescritos a través del cálculo. Por esto es que se deberá familiarizarse con la normalización de las tolerancias y los ajustes, para de esta forma adoptar vinculaciones normales según lo aconsejan las normas correspondientes.

Cuando las condiciones impuestas por ingeniería requieran ajustes de mayor precisión que los obtenibles económicamente siguiendo un plan de absoluta intercambiabilidad, se recurre al sistema de intercambiabilidad selectiva. En este caso las piezas fabricadas se clasifican en dos o más grupos de medidas. Entonces como hay dos grupos, los pernos mayores se ensamblarán en los agujeros mayores y viceversa.

Con este sistema se consiguen ajustes más precisos y más económicos que si los mismos ajustes se hubiesen obtenido mediante la adopción de menores juegos y tolerancias, pero entonces habrá que hacer una inspección 100% del lote.

2.4 Normalización de ajustes y tolerancias

Cuando el agujero es de menor diámetro que el eje, es necesario ejercer una fuerza o presión para ensamblar las piezas en frío. entonces se dice que el juego es negativo y que hay apriete o interferencia del metal. las normas ASA e ISO dan los detalles para los distintos tipos de ajuste que se pueden presentar:

- ajustes “semiprietos” de poca fuerza que requieran presiones ligeras de montaje, tales como secciones delgadas, ajustes de larga longitud, piezas exteriores de hierro fundido.
- Ajustes de media fuerza para piezas ordinarias de acero, ajustes forzados o por contracción de secciones ligeras.
- Ajustes de mucha fuerza en piezas pesadas de acero y ajustes forzados de secciones medias.
- Ajustes forzados cuando las piezas pueden soportar altos esfuerzos con seguridad. Los ajustes por contracción (calentando el buje o cubo o enfriando el

eje, o ambas operaciones a la vez), son aplicables cuando es impracticable el ajuste a presión. Las piezas apareadas deben ser clasificadas en lotes por grupos de dimensiones para que la cantidad de apriete o interferencia del metal no varíe mucho, obteniéndose una interferencia media i del metal.

2.5 Tolerancias en la localización de agujeros

Frecuentemente hay que ensamblar dos o más piezas mediante la superposición de agujeros apareados para pernos o tornillos en donde la precisión es importante. Si los agujeros están próximos a una posición de apareamiento y son de diámetro algo menor, las piezas pueden juntarse para el ensamble y escariarse los agujeros hasta darle su diámetro correcto. Esto constituye un procedimiento que produce automáticamente un buen apareamiento y que suele ser más económico. Sin embargo, si el ensamble ha de ser intercambiable, deberán considerarse las diversas tolerancias correspondientes y estas deben tener valores prácticos.

Supongamos que se desea situar dos pares de agujeros, un par en cada una de dos piezas que se van a ensamblar, y que un par tiene la separación mínima $L - T/2$ y el otro la separación máxima $L + T/2$.

Considerando lo antes expuesto sobre los aspectos estadísticos, vemos que es muy poco probable que ocurra esta combinación particular de piezas con separaciones extremas en una operación de ensamble hecha al azar, tan improbable en un proceso de fabricación controlado que es casi seguro que no ocurrirá. Sin embargo, adoptando esta combinación, nuestras conclusiones estarán en el “lado de la seguridad”. Haciendo el apareamiento aun más improbable, supongamos que existe la peor condición geométrica, es decir, que las piezas tienen el diámetro mínimo de agujero y el diámetro máximo de perno permitidos por la tolerancia. Recordemos la definición de juego mínimo $J_m = D_m - d_M$, pero también vemos que $D_m - d_M = T/2$, siendo T la tolerancia para la separación de agujeros L .

De lo anterior se deduce que $T/2 = J_m$ o $T = 2J_m$, o sea que la tolerancia T para la separación de agujeros debe ser de valor doble que el juego J para agujero y perno. Un estudio geométrico análogo demuestra que si hay más de dos agujeros, la tolerancia para la separación es $T = J_m/\sqrt{2} \approx 0,7J_m$

En este caso son necesarias las tolerancias en dos direcciones y es preferible que sean las mismas.

Cuando haya más de dos agujeros localizados con respecto a otro, deberá haber un “agujero principal” (o superficie de referencia) con respecto al cual se situaran los otros. Resulta más económico localizar dos agujeros para $\bullet \pm 0,0050\text{mm}$, por ej., con respecto a otro y los otros agujeros a $\bullet \pm 0,0025\text{mm}$, que imponer una estrecha tolerancia en todos los agujeros, y ordinariamente los resultados son igualmente satisfactorios. Para la localización de agujeros son preferibles tolerancias bilaterales, $L \bullet \pm T/2$.

7. UNIONES FORZADAS.

1. UNIONES FORZADAS. GENERALIDADES.

Mediante la unión forzada por contracción se establece la unión de dos piezas sin que se debilite el material de las piezas que se van a unir.

Para obtener estos tipos de uniones, se utilizan diferentes métodos basados en el calentamiento por aportación de calor y posterior enfriamiento hasta la temperatura ambiente de la pieza exterior, o la introducción del eje por medio de un esfuerzo en sentido longitudinal dentro de la pieza a unir de menor diámetro. En los dos casos, debe generarse el esfuerzo de rozamiento suficiente para que no se produzca deslizamiento en la unión.

Los tipos de uniones forzadas son:

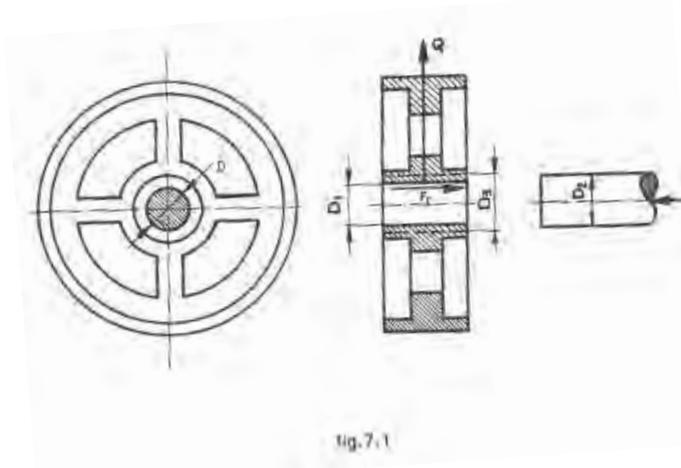
Uniones en caliente o ajustes transversales. Uniones en frío o ajustes longitudinales.

2. AJUSTES TRASVERSALES.

Este tipo de unión se utiliza para el calado de poleas sobre el eje con el que van a trabajar, anillos de sujeción en las poleas y volantes, así como en zunchos de unión.

Este procedimiento, se basa en la dilatación de los metales a unir por la aportación de calor. El elemento que se caldea es siempre el anillo que al enfriarse provoca una presión normal sobre el eje, esta presión sobre el eje, multiplicada por el coeficiente de rozamiento y por el radio, originan un momento que ha de contrarrestar al momento de torsión o deslizamiento que provocan las fuerzas exteriores.

Actualmente, el método que se utiliza consiste en enfriar el eje o núcleo en una corriente de aire líquido, en lugar de calentar el cubo o llanta, con lo que conseguimos aumentar la diferencia de diámetro necesaria para la penetración. De esta forma, las condiciones que se tienen que cumplir para los diámetros son, fig.7.1, son:



D = diámetro final del núcleo y del anillo.

D_1 = diámetro del anillo en frío.

D_2 = diámetro del eje o núcleo antes de la unión.

D_3 = diámetro del anillo en caliente.

Se deberá cumplir que:

$$\begin{aligned} D_2 > D_1 & \quad D_2 < D_3 \\ D_3 > D_2 & \\ D > D_1 & \quad D < D_2 \end{aligned} \tag{7.1}$$

Para que se cumplan las condiciones anteriores, y **además la fatiga del material** no exceda de un límite admisible, que se fija en 147 N/mm^2 , **se han** de cumplir las relaciones siguientes, con lo que no se sobrepasa el límite elástico del material.

$$\begin{aligned} D_3 - D_1 & < 0.01 \cdot D_1 \\ D_2 - D & < 0.01 \cdot D \end{aligned} \tag{7.2}$$

quedando el valor de D comprendido entre D_1 y D_2 .

El momento producido por la fuerza de rozamiento entre la superficie del eje y la del anillo será:

$$M_r = F_r \frac{D}{2} = f \cdot Q \frac{D}{2} \tag{7.3}$$

si el momento de las fuerzas exteriores aplicadas sobre la rueda nos viene dado por

$$M_t = N/\omega = F_t \cdot R \tag{7.4}$$

Igualando las expresiones (7.3) y (7.4), tenemos

$$F_t \cdot R \leq f \cdot Q \frac{D}{2} \tag{7.5}$$

de la que deducimos la máxima fuerza tangencial que podemos transmitir con esta unión, quedando para F_t

$$F_t = f \cdot Q \frac{D}{2} \frac{1}{R} \quad (7.6)$$

La temperatura no debe sobrepasar los 1000°, ya que al enfriarse el * material no se regeneraría el grano. A la temperatura de 1000°, le corresponde una dilatación de 1/80, en las llantas de las ruedas. En los aros de sujeción de los cubos de las poleas o los volantes partidos, suele admitirse una reducción de diámetro de 1/800, y una temperatura de fijación de 250°.

En el caso de montar una unión calentando la pieza exterior, la temperatura hasta la que se debe calentar la pieza es

$$t_2 \approx \frac{\delta_{tmax} + \delta_o}{\alpha \cdot d} + t \quad (7.7)$$

Al hacer la unión enfriando la pieza interna (árbol), la temperatura a la que debe enfriarse la pieza será

$$t_1 \approx t - \frac{\delta_{tmax} + \delta_o}{\alpha \cdot d} \quad (7.8)$$

Al hacer la unión enfriando la pieza interna (árbol), la temperatura a la que debe enfriarse la pieza será

$$t_1 \approx t - \frac{\delta_{\text{tmax}} + \delta_o}{\alpha \cdot d} \quad (7.8)$$

siendo:

$$\delta_{\text{tmax}} = \frac{D_2 - D_1}{2} \equiv \text{m\u00e1ximo apriete del encaje en mm}$$

$$\delta_o = \frac{D_3 - D_2}{2} \equiv \text{m\u00ednimo juego indispensable en el montaje en mm}$$

se suele hacer $\delta_o = 0.5 \cdot \delta_{\text{tmax}}$

$\alpha \equiv$ coeficiente de dilataci\u00f3n lineal en las piezas

$t \equiv$ temperatura ambiente

$D = d \equiv$ di\u00e1metro de la uni\u00f3n $\approx D_1$

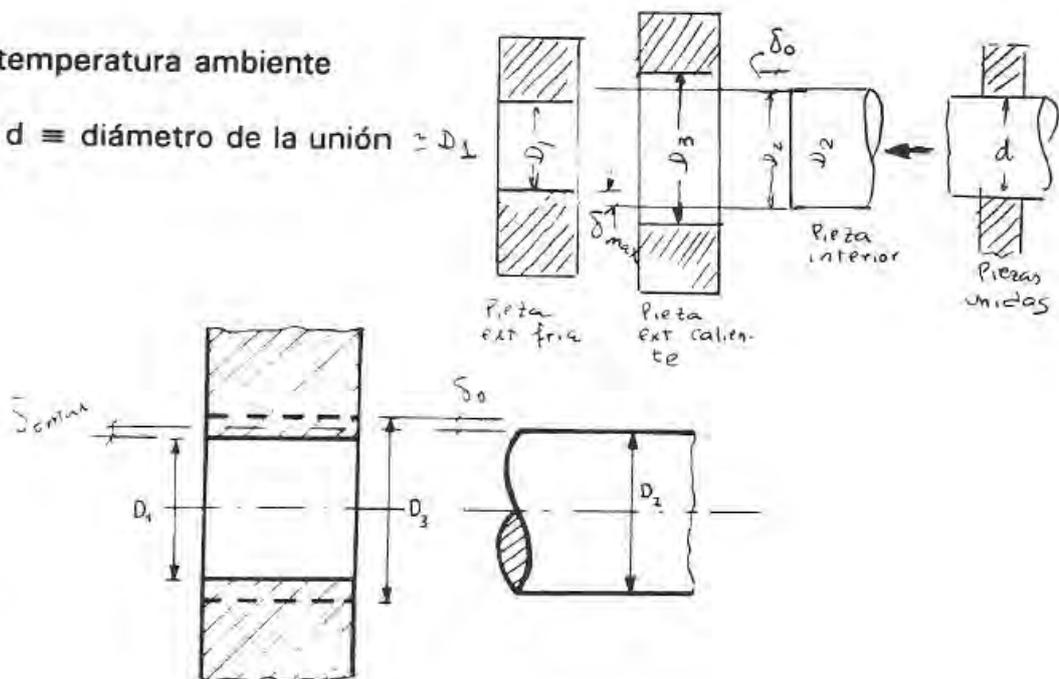


fig.7.2

Cálculo del ajuste a presión transversal.

El ajuste que se realiza por apriete por dilatación de la pieza externa o contracción de la interna crea una presión específica p cuyo valor se puede calcular por

$$p = \frac{\delta}{d \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (7.9)$$

Siendo

δ apriete en mm

d diámetro nominal del eje en mm

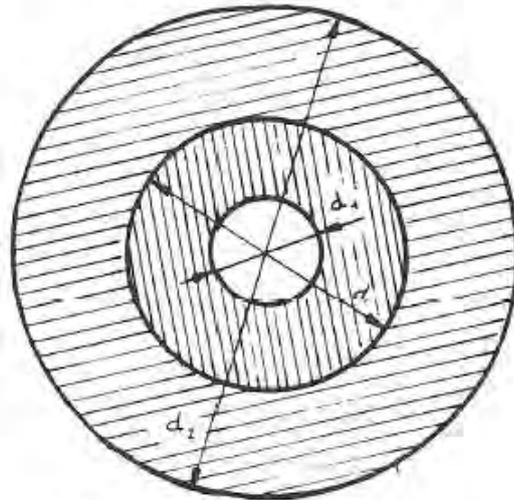
E_1 y E_2 módulos de elasticidad longitudinal de las piezas interna y externa

c_1 y c_2 coeficientes que se determinan de la ecuación de Lamé para los cilindros de pared de mucho espesor que se deforman simétricamente con relación al eje y cuyos valores son

$$c_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1 \quad (7.10)$$

$$c_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \mu_2 \quad (7.11)$$

μ_1 y μ_2 coeficientes de Poisson (0.3 para acero y 0.5 para fundición)
 d_1 y d_2 son los de la fig.7.3



Unión de eje hueco
con pieza

fig.7.3

Actualmente, el método que se utiliza consiste en enfriar el eje o núcleo en una corriente de aire líquido, en lugar de calentar el cubo o llanta, con lo que conseguimos aumentar la diferencia de diámetro necesaria para la penetración. De esta forma, las condiciones que se tienen que cumplir para los diámetros son, fig.7.1, son:

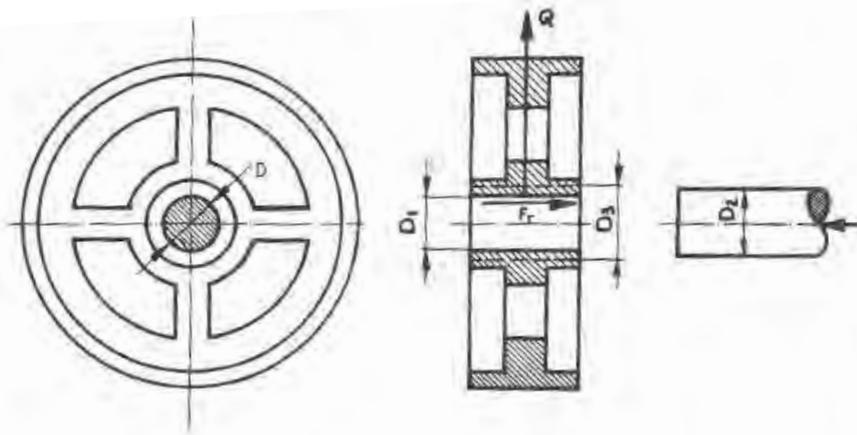


fig.7.1

- D = diámetro final del núcleo y del anillo.
- D_1 = diámetro del anillo en frío.
- D_2 = diámetro del eje o núcleo antes de la unión.
- D_3 = diámetro del anillo en caliente.

Se deberá cumplir que:

$$\begin{aligned} D_2 > D_1 & \quad D_2 < D_3 \\ D_3 > D_2 & \quad D < D_3 \\ D > D_1 & \quad D < D_2 \end{aligned} \tag{7.1}$$

Para que se cumplan las condiciones anteriores, y además la fatiga del material no exceda de un límite admisible, que se fija en 147 N/mm^2 , se han de cumplir las relaciones siguientes, con lo que no se sobrepasa el límite elástico del material.

$$\begin{aligned} D_2 - D_1 &\leq 0.01 \cdot D_1 \\ D_2 - D &\leq 0.01 \cdot D \end{aligned} \tag{7.2}$$

quedando el valor de D comprendido entre D_1 y D_2 .

El momento producido por la fuerza de rozamiento entre la superficie del eje y la del anillo será:

$$M_r = F_r \frac{D}{2} = f \cdot Q \frac{D}{2} \tag{7.3}$$

si el momento de las fuerzas exteriores aplicadas sobre la rueda nos viene dado por

$$M_e = N/\omega = F_1 \cdot R \tag{7.4}$$

Igualando las expresiones (7.3) y (7.4), tenemos

$$F_1 \cdot R \leq f \cdot Q \frac{D}{2} \tag{7.5}$$

de la que deducimos la máxima fuerza tangencial que podemos transmitir con esta unión, quedando para F_1

$$F_t = f \cdot Q \frac{D}{2R} \quad (7.6)$$

La temperatura no debe sobrepasar los 1000°, ya que al enfriarse el material no se regeneraría el grano. A la temperatura de 1000°, le corresponde una dilatación de 1/80, en las llantas de las ruedas. En los aros de sujeción de los cubos de las poleas o los volantes partidos, suele admitirse una reducción de diámetro de 1/800, y una temperatura de fijación de 250°.

En el caso de montar una unión calentando la pieza exterior, la temperatura hasta la que se debe calentar la pieza es

$$t_2 \leq \frac{\delta_{t_{max}} + \delta_0}{\alpha \cdot d} + t \quad (7.7)$$

Al hacer la unión enfriando la pieza interna (árbol), la temperatura a la que debe enfriarse la pieza será

$$t_1 = t - \frac{\delta_{t_{max}} + \delta_0}{\alpha \cdot d} \quad (7.8)$$

δ aprieto en mm

d diámetro nominal del eje en mm

E_1 y E_2 módulos de elasticidad longitudinal de las piezas interna y externa

c_1 y c_2 coeficientes que se determinan de la ecuación de Lamé para los cilindros de pared de mucho espesor que se deforman simétricamente con relación al eje y cuyos valores son

$$c_1 = \frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 - d_1^2} - \mu_1 \quad (7.10)$$

$$c_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 \cdot d^2} + \mu_2 \quad (7.11)$$

μ_1 y μ_2 coeficientes de Poisson (0.3 para acero y 0.5 para fundición)
 d_1 y d_2 son los de la fig. 7.3

siendo:

$$\delta_{\max} = \frac{D_2 - D_1}{2} \equiv \text{m\u00e1ximo apriete del encaje en mm}$$

$$\delta_o = \frac{D_3 - D_2}{2} \equiv \text{m\u00ednimo juego indispensable en el montaje en mm}$$

se suele hacer $\delta_o = 0.5 \cdot \delta_{\max}$

$\alpha \equiv$ coeficiente de dilataci\u00f3n lineal en las piezas

$t \equiv$ temperatura ambiente

$D = d \equiv$ di\u00e1metro de la uni\u00f3n $\pm D_1$

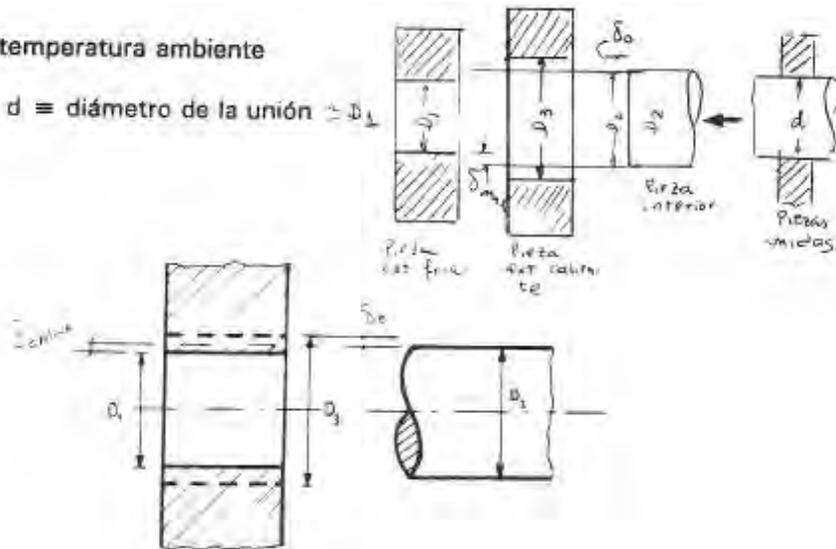


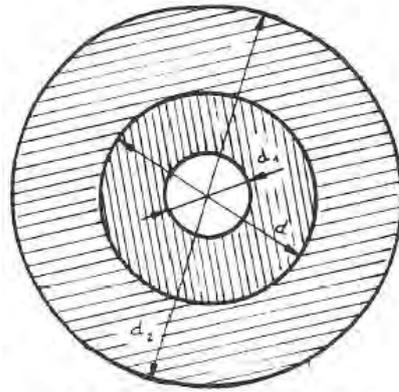
fig.7.2

C\u00e1lculo del ajuste a presi\u00f3n trasversal.

El ajuste que se realiza por apriete por dilataci\u00f3n de la pieza externa o contracci\u00f3n de la interna crea una presi\u00f3n espec\u00edfica p cuyo valor se puede calcular por

$$p = \frac{\delta}{d \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (7.9)$$

siendo



Union de eje hueco con pieza

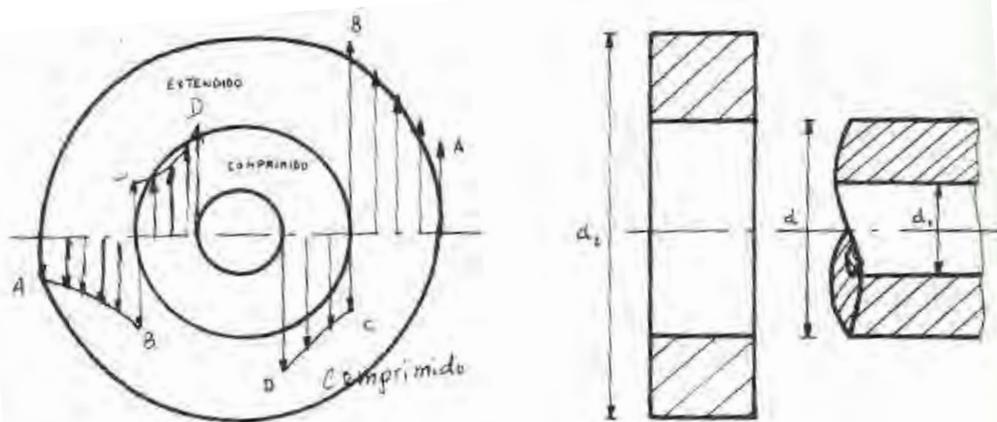
fig.7.3

Si los elementos son del mismo material, $E_1 = E_2$ y la presión valdrá:

$$p = \frac{\delta}{2 \cdot d^3 (d_2^2 - d_1^2)} = E \frac{\delta}{d(c_1 + c_2)} \quad (7.12)$$

$$E \cdot (d^2 - d_1^2)(d_2^2 - d^2)$$

Después de encontrar p , la distribución de presiones queda de la forma que indica la figura:



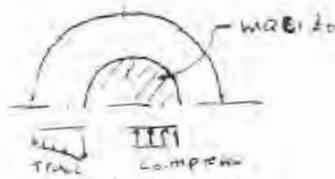


fig.7.4

Los valores de las tensiones en los puntos A, B, C y D son

$$\sigma_A = \frac{2 \cdot p \cdot d^2}{d_2^2 - d^2}$$

$$\sigma_B = p \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} = \sigma_{\max}$$

(7.13)

$$\sigma_C = -p \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2}$$

$$\sigma_D = -2 \cdot p \frac{d^2}{d^2 - d_1^2}$$

En el caso de ser macizo el elemento interno, se toma el valor obtenido para σ_s , en la que $\sigma_s = -p$ y $d_1 = 0$.

3. AJUSTES LONGITUDINALES.

Consiste en la introducción de un cuerpo en otro de diámetro o sección hueca utilizando elevadas presiones. La presión se consigue por medio de una prensa de capacidad entre 196 y 490 kN, haciendo actuar la presión de una forma lenta.

El extremo del eje debe redondearse con objeto de facilitar la entrada. El diámetro del cubo es inferior a 1/800 del de el eje que se introduce.

El esfuerzo a ejercer será:

$$p = \frac{Q}{A}$$

(7.14)

siendo:

p, la presión de ajuste, según las expresiones (7.9) y (7.12)

Q la presión sobre las paredes

A la superficie lateral del eje

f el coeficiente de rozamiento.

X el esfuerzo a ejercer por la prensa.

De la fig. 7.5. se obtiene

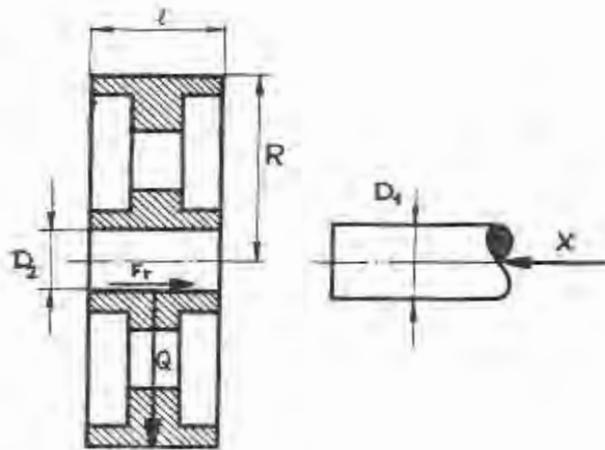


fig.7.5

$$f = \frac{X}{Q} \quad \text{o que} \quad Q = \frac{X}{f} \quad (7.15)$$

y como $A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l = \pi \cdot d \cdot l$

sustituyendo en (7.15), obtenemos

$$p_1 = \frac{X}{\pi \cdot d \cdot l \cdot f} \leq p_{adm} \quad (7.16)$$

en la que p es la presión de contacto entre los elementos.

$$X = \pi \cdot d \cdot l \cdot f \cdot p_{adm} \quad (7.17)$$

f depende de:

- materiales a unir
- lubricante
- tipo de mecanizado

- dirección del desplazamiento

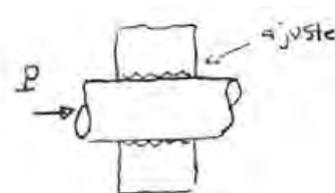
Para f se utilizan los valores medios de los coeficientes de rozamiento para las piezas de acero y fundición que son características para el desacoplamiento cuando el proceso de desplazamiento es estacionario.

$f = 0.8$ para uniones a presión

$f = 0.14$ para uniones por calentamiento o enfriamiento

Los ajustes con calentamiento o enfriamiento son más sólidos (≈ 2.5 ó más) que los obtenidos por prensado, ya que durante el acoplamiento de éstos se alisan las irregularidades de las superficies a unir.

Si la unión transmite un momento torsor y la sometemos a un esfuerzo axial P se utiliza la expresión

$$\sqrt{\left(\frac{2 \cdot M_t}{d}\right)^2 + P^2} \leq \pi \cdot d \cdot l \cdot \sigma \cdot f$$


(7.18)

Una vez se ha realizado la unión debe verificarse que, fig.7.6

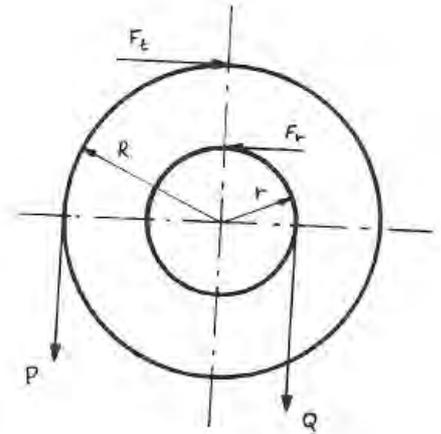
$$P \cdot R < Q \cdot r = X \cdot d/2 = \pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f \cdot p/2$$

(7.19)

para evitar el deslizamiento del eje en el cubo .

Para el coeficiente de trabajo del material del eje, σ_1 y σ_2 de la llanta, suele tomarse $\sigma_1 \geq \sigma_2$.

σ_2 corresponde a una tracción y σ_1 a una compresión, y la relación entre ambos es < 1 , dependiendo a su vez del valor de



$$r/\delta = \frac{\text{radio del eje}}{\text{espesor del cubo}} < 1 \quad (7.20)$$

fig.7.6

Verificadores

Comprueban si las dimensiones son iguales a las marcadas en los mismos, o están entre los límites señalados por estos.

En los planos destinados a la fabricación de una determinada pieza, se indica cada dimensión con su *tolerancia*, es decir, con una cota máxima y una mínima entre las cuales debe estar comprendida la cota real. Por tanto, para asegurarse que una cota conseguida es aceptable, no es necesario medir su valor, sino simplemente comprobar si la dimensión está comprendida entre los valores máximos y mínimos señalados. Para ello se utilizan los denominados *calibres de tolerancia* o *calibres de límites*, también llamados en el lenguaje de taller *calibres pasa-no pasa*.

Los calibres de tolerancia son un par de calibres, uno de los cuales materializa la cota máxima y el otro la cota mínima, correspondientes a la dimensión nominal y tolerancia indicada para la pieza. La fabricación de estos calibres debe seguir los principios siguientes:

- Gran precisión de ejecución.
- Gran resistencia al desgaste.
- Elevado acabado superficial de las partes activas.
- Estar desmagnetizados, para evitar que las partículas de hierro se adhieran al calibre y provoquen un deterioro rápido de las caras de medida.

Los aceros empleados suelen ser muy duros y sometidos a tratamientos térmicos adecuados, además de un tratamiento de envejecimiento para eliminar las tensiones internas.

Estos calibres pueden ser sencillos o dobles, es decir con sus dimensiones máxima y mínima en distinto o en el mismo mango. Por otra parte, se pueden clasificar en dos grupos:

- A) Calibres para piezas machos'
- B) Calibres para piezas hembras

Todos ellos tienen grabadas las indicaciones normalizadas que necesita el operador: cota nominal, posición y calidad de la tolerancia, temperatura de calibrado y valor, o valores, del límite de la tolerancia (en μm).

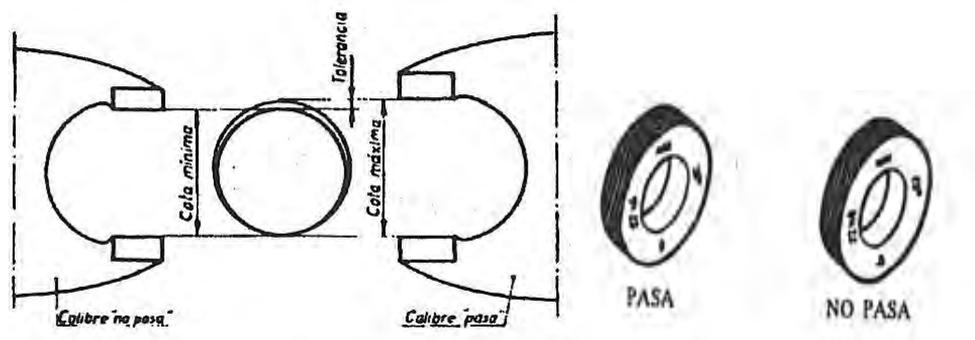
Las formas que toman estos calibres son variables, según se trate de calibres para eje o para agujeros y según la dimensión nominal a la que están destinados, atendiendo a la comodidad de manejo y a la seguridad de apreciación en las comprobaciones que con ellos se realicen.

Calibres de tolerancia para piezas machos.

Una vez determinadas las cotas límites del eje, se verificará el mismo con un calibre *pasa*, correspondiente a la *cota máxima* del eje, lo que garantiza que la cota efectiva es más pequeña que la máxima, y con un calibre *no pasa* que tenga la *cota mínima* del eje y que garantiza que la cota efectiva es superior a este mínimo.

a) *Anillos*. Los primeros que se utilizaron para comprobar ejes fueron los anillos cilíndricos mecanizados, respectivamente, a la cota máxima y mínima del eje. Son también llamados de contacto integral, porque la totalidad de la superficie de medición roza con la pieza que se mide, y tienen la ventaja de que la cota *pasa* puede señalar un defecto de ovalización o de forma. Sin embargo, esta ventaja en el lado *no pasa* es un inconveniente, pues no puede detectar esta clase de defecto.

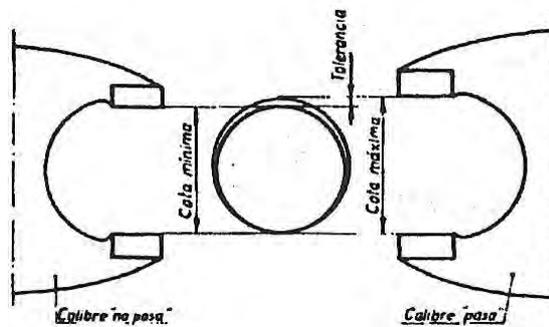
Estos calibres tienen la superficie exterior moleteada, para facilitar el manejo y se



utilizan por parejas, siendo uno de ellos la cota máxima y el otro la mínima. El anillo *no pasa* suele tener menos altura que el anillo *pasa*. Para grandes diámetros de ejes, se construyen de tal manera que no resulten demasiado pesados, para lo cual se les hace un ranurado o ahuecado a fin de disminuir su peso y facilitar el manejo.

El empleo de estos anillos se recomienda en los servicios de control. Su utilización requiere quitar la pieza montada en la máquina. Otro inconveniente es que no permiten la verificación de un elemento macho comprendido entre dos caras planas paralelas.

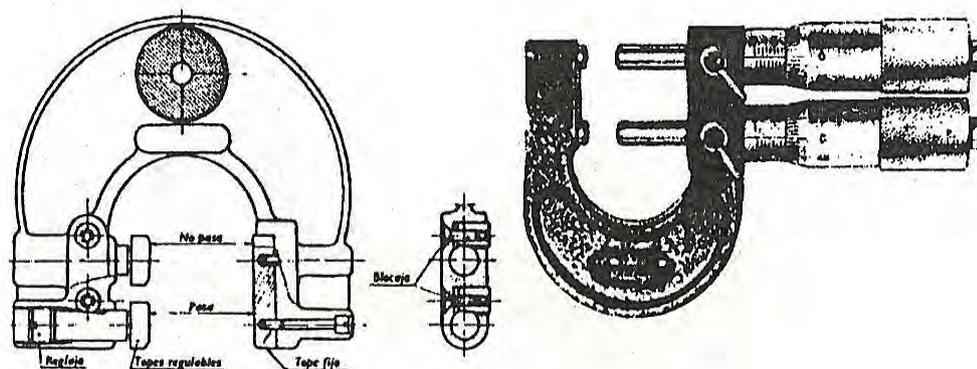
b) *Calibres de herradura*. Estos calibres, que sustituyen a menudo a los anillos, están generalmente en contacto con la pieza en una zona muy pequeña, por lo que se denominan de *contacto localizado o parcial*; la zona de contacto puede ser incluso una línea. Tienen las superficies de control planas, por lo que permiten comprobar las piezas machos de generatrices paralelas y los prismas de caras paralelas (en este caso el contacto es total).



Presentan la ventaja sobre los anillos, su menor peso para un mismo diámetro y la facilidad de poder comprobar la pieza sin la necesidad de retirarla del puesto de trabajo.

Pueden ser dobles o de dos bocas (hasta los 100 mm), o simples, disponiéndose el lado *pasa* en el exterior (desde los 100 hasta los 250 mm). Para dimensiones mayores los calibres se emplean por separado, siendo así más ligero cada elemento.

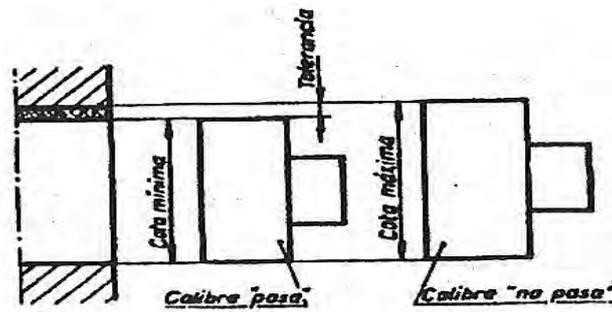
c) *Calibres dobles regulables*. Están constituidos por un cuerpo de fundición o de acero estampado, con un tope fijo y dos topes regulables, de acero templado o carburo de tungsteno, cuyas caras de referencia están perfectamente lapeadas, planas y paralelas.



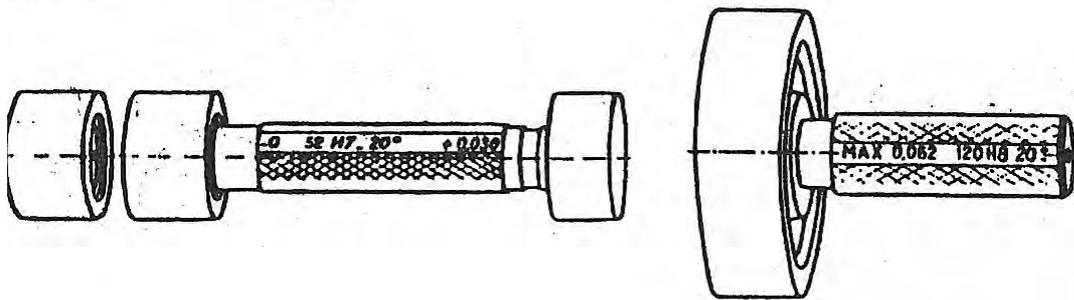
Mediante galgas patrón, la separación del tope exterior se regula con un tornillo a la cota *pasa* y la del tope interior a la cota *no pasa*. Estos calibres dan la posibilidad de remediar el desgaste mediante un nuevo reglaje y permiten la verificación de cualquier cota comprendida en su campo de medida, sin embargo, son más caros que los de dimensión fija. Además, estos instrumentos pueden llevar, unidos a los topes variables, cabezas micrométricas para regular las medidas límites.

Calibres de tolerancias para piezas hembras.

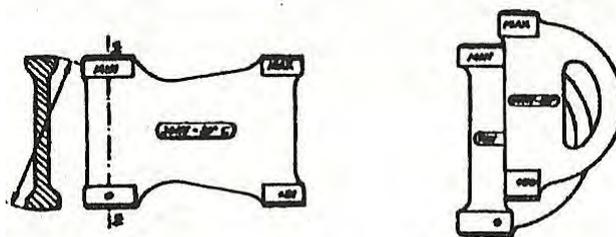
Se aplica el mismo procedimiento que en los ejes, pero en este caso el calibre *pasa* se establece a la cota mínima, y el *no pasa* a la cota máxima. Podemos distinguir:



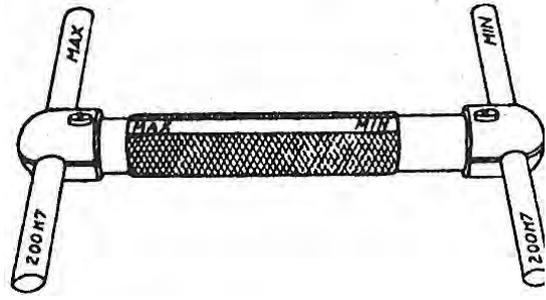
a) *Tampones cilíndricos dobles*. Constituidos por dos tampones huecos de acero especial tratado, rectificad y lapeados, sobre un mango moleteado de acero ordinario. Este modo de construcción se adopta para diámetros de 1 a 100 mm aproximadamente. Por encima de 100 mm estos calibres se separan en dos elementos, máximo y mínimo.



b) *Calibres planos dobles*. Menos caros que los tampones dobles; son también menos pesados y permiten revelar mejor la ovalización de un agujero, pero su desgaste es más rápido. Por encima de 100 mm, por necesidades de ligereza, estos calibres se hacen de una pieza, siendo el lado *pasa* el situado hacia adelante. Para diámetros superiores a 200 mm se construyen en dos piezas, una para cada cota límite.



c) *Calibres de varilla*. Pueden ser con extremos esféricos o planos, y pueden emplearse montadas en un mango único o de forma separada. Para calibrar un agujero, las varillas deben presentarse en una posición perpendicular al eje.



TEMA VII
CABLES ELÉCTRICOS
Y
CONECTORES

Cables eléctricos y conectores

Los cables de aislamiento deben ser apropiadamente elegidos según el área donde van a estar instalados. No es aconsejable tener en el mismo fardo cables con distinto aislamiento, particularmente cuando puede haber roce entre ellos. Usaremos un tubo cuando necesitamos protección mecánica, además de abrasión.

Materiales de aislamiento

Se escogen según diversas categorías:

- a) Resistencia a la abrasión
- b) Resistencia a arcos eléctricos
- c) Fortaleza ante el corte
- d) Fortaleza dieléctrica
- e) Resistencia a la llama
- f) Temperatura de distorsión de calor
- g) Fortaleza al impacto
- h) Fortaleza mecánica
- i) Resistencia a fluidos
- j) Resistencia a que se extienda un agujero
- k) Emisión de humos
- l) Propiedades especiales para el avión
- m) Para una completa selección de cables aislados, ver SAE AS 4372 Aerospace Wire Performance Requirement and SAE AS 4373 Test Methods for Aerospace Wire.

Cintas de aislamiento

Adjuntar un cable a conectores o terminales, requiere que quitemos el aislamiento para meter los conductores. Esto se conoce como stripping. Para hacerlo debemos seguir los siguientes principios:

- Asegúrate que todas las herramientas de corte usadas están afiladas.
- Si usas herramientas especiales, ajusta la herramienta para evitar deshilachamientos.
- El daño a los cables no debe sobrepasar los valores de la tabla 11-13
- No quites más material del cable aislante que el necesario.

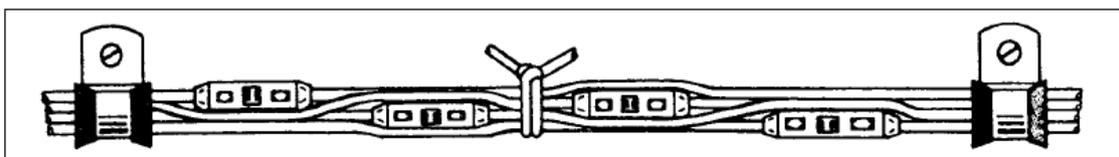
TABLE 11-13. Allowable nicked or broken strands.

| Maximum allowable nicked and broken strands | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------|---|
| Wire Size | Conductor material | Number of strands per conductor | Total allowable nicked and broken strands |
| 24-14 | Copper or Copper Alloy | 19 | 2 nicked, none broken |
| 12-10 | | 37 | 4 nicked, none broken |
| 8-4 | | 133 | 6 nicked, 6 broken |
| 2-1 | | 665-817 | 6 nicked, 6 broken |
| 0-00 | | 1,045-1,330 | 6 nicked, 6 broken |
| 000 | | 1,665- | 6 nicked, 6 broken |
| 0000 | 2,109- | | 6 nicked, 6 broken |
| 8-000 | Aluminum | All numbers of strands | None, None |

Empalmes

El empalme es permitido siempre que no afecte la fiabilidad y características electromecánicas del cable.

- a) El empalme de cables eléctricos debería hacerse mínimamente y evitado totalmente cuando esté expuesto a grandes vibraciones. Si se hace un empalme en un fardo, debemos de tener aprobación de ingeniería y localizarlo para que se puedan hacer inspecciones periódicas.
- b) Muchos tipos de empalmes de conectores se hacen en aviones y funcionan sus sistemas. El conector de empalme con aislamiento propio es preferido. Si no tiene el aislamiento propio, debe ser cubierto con plástico que cumpla la norma MIL.
- c) No debería de haber más de un empalme en el cable que está entre dos conectores
- d) Empalmes en fardos deben ser hechos para que no ocupen mucho espacio. Ver figura 11-18.
- e) No hacer empalmes dentro de las 12 últimas pulgadas de terminación del aparato.
- f) Seleccionar una herramienta apropiada para el trenzado del cable.



Conectores

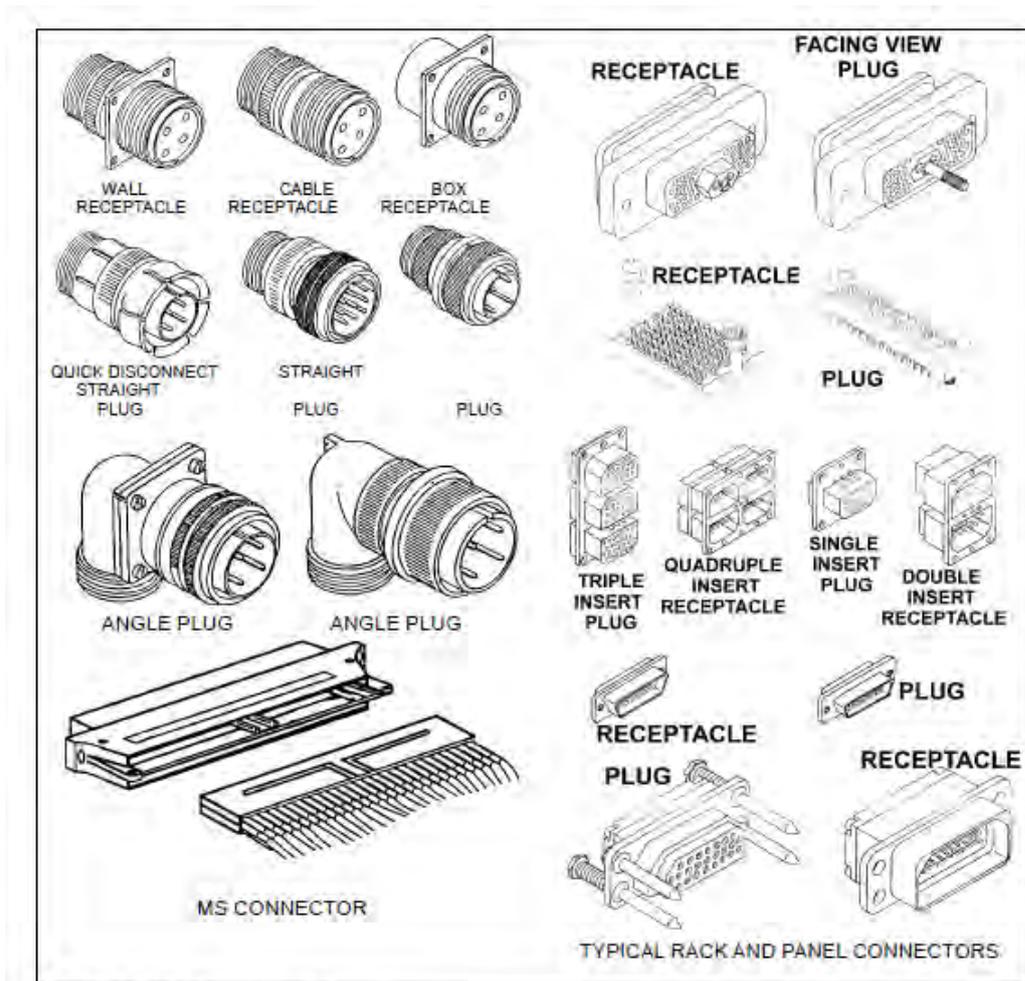


FIGURE 11-36. Different types of connectors.

Instalación

Los cables que desempeñan la misma función en sistemas redundantes deben ser enrutados a través de conectores separados. También hay que hacer esto para sistemas críticos en la seguridad del avión, para prevenir accidentes en caso de fallo.

Aislamiento

Deben ser de un tipo que no deje pasar la humedad.

Drenaje

Intentar poner el receptáculo mirando para abajo, cuando la posición sea vertical, para que sea menos susceptible de recoger agua.

Soporte de cable

Los cables que están situados en sitios donde haya mucha vibración, deben llevar un soporte especial. El fardo debe estar acolchado para protegerlo de los golpes. También tenemos que asegurar una longitud suficiente de cable para evitar tensión.

Identificación

Cada conector debería tener una identificación de referencia que sea legible a lo largo de toda la vida del avión.

Abrazaderas de cables

Los fardos han de ser sujetados por abrazaderas que cumplan la norma MS-21919, o bandas de cables de plástico.

Las abrazaderas serán de un material adecuado, para aguantar temperaturas, exposición a rayos ultravioleta, fluidos, y cargas mecánicas en el fardo. Deben estar separados en intervalos de no más de 24 pulgadas.

NOTA: El uso de abrazaderas metálicas en cables coaxiales RF, podrían causar problemas si el ajuste es tal que la sección original del cable es modificada.

- a) Las abrazaderas en fardos deben evitar que los cables RF se muevan libremente cuando tiramos en la dirección del eje. Para lograr este ajuste adecuado, a veces, es necesario rodearlo de cinta adhesiva. No usaremos abrazaderas cuando su fallo provoque interferencia con equipos móviles del avión o puedan dañar otros equipos que no tienen protección.
- b) Las cintas adhesivas no son aceptables como abrazaderas porque están sujetas a daños.
- c) La parte de atrás de la abrazadera, irá sujeta a un miembro estructural. Han de ser instalados de manera que no entren en contacto con otra parte del avión, que esté sujeta a vibraciones. Si los cables pasan a través de mamparos, se usarán abrazaderas especiales o arandelas para impedir la abrasión.
- d) También cuando usamos abrazaderas en fardos, debemos poner arandelas apropiadas para evitar el roce, si hay poca holgura con el mamparo.

Inspección de cables y abrazaderas de cables

Nos fijaremos en que el ajuste sea el adecuado. Si pasan los cables por mamparos, inspeccionar si las arandelas y abrazaderas son los adecuados. Inspeccionar que haya suficiente espacio entre la última abrazadera y el aparato electrónico para impedir tensiones en los terminales del cable y minimizar los efectos adversos en el equipo.

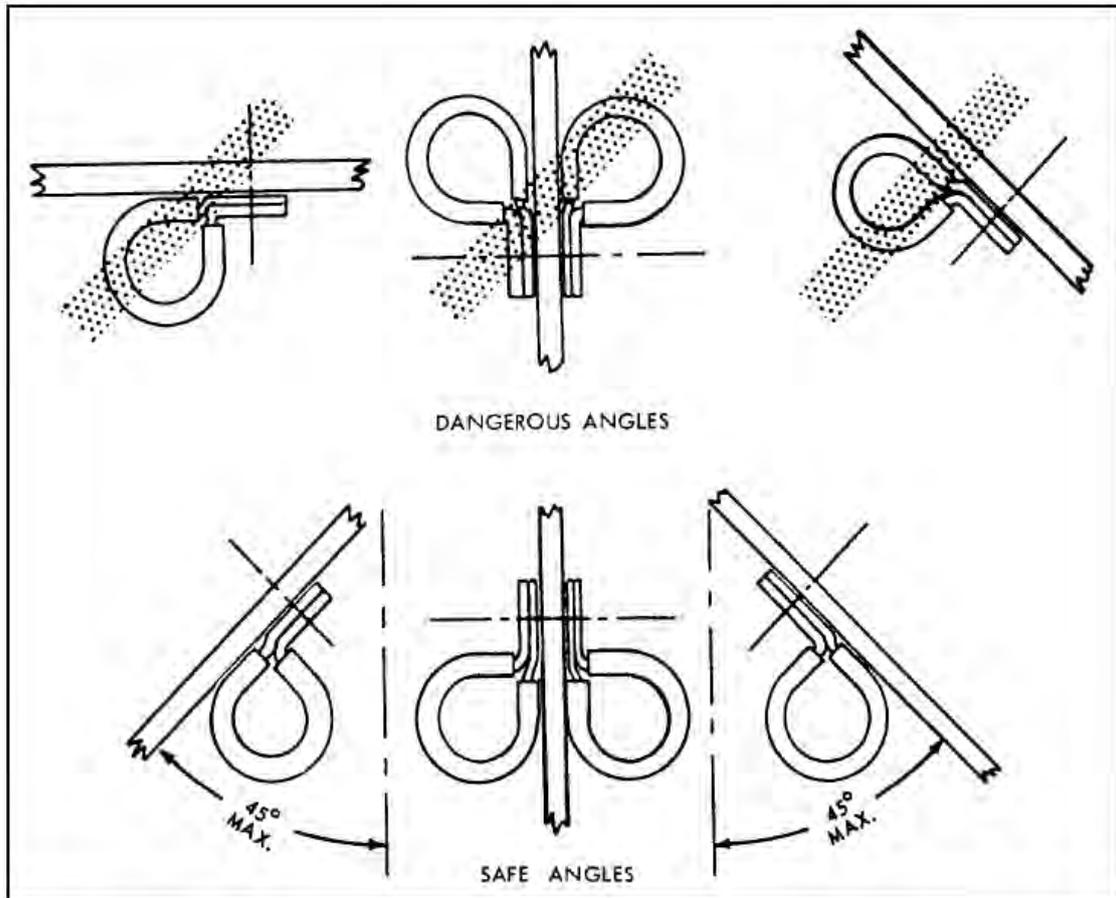


FIGURE 11-11. Safe angle for cable clamps.

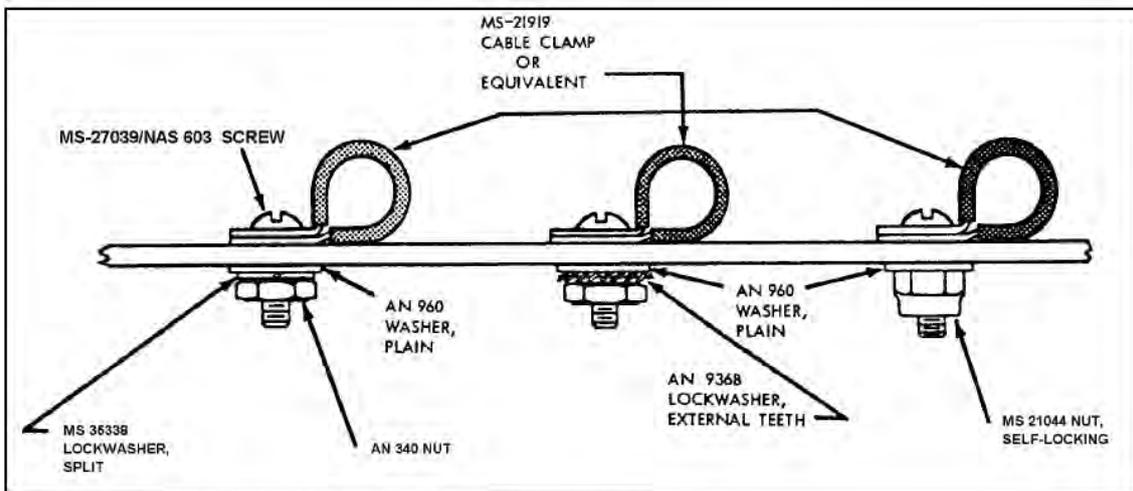


FIGURE 11-12. Typical mounting hardware for MS-21919 cable clamps.

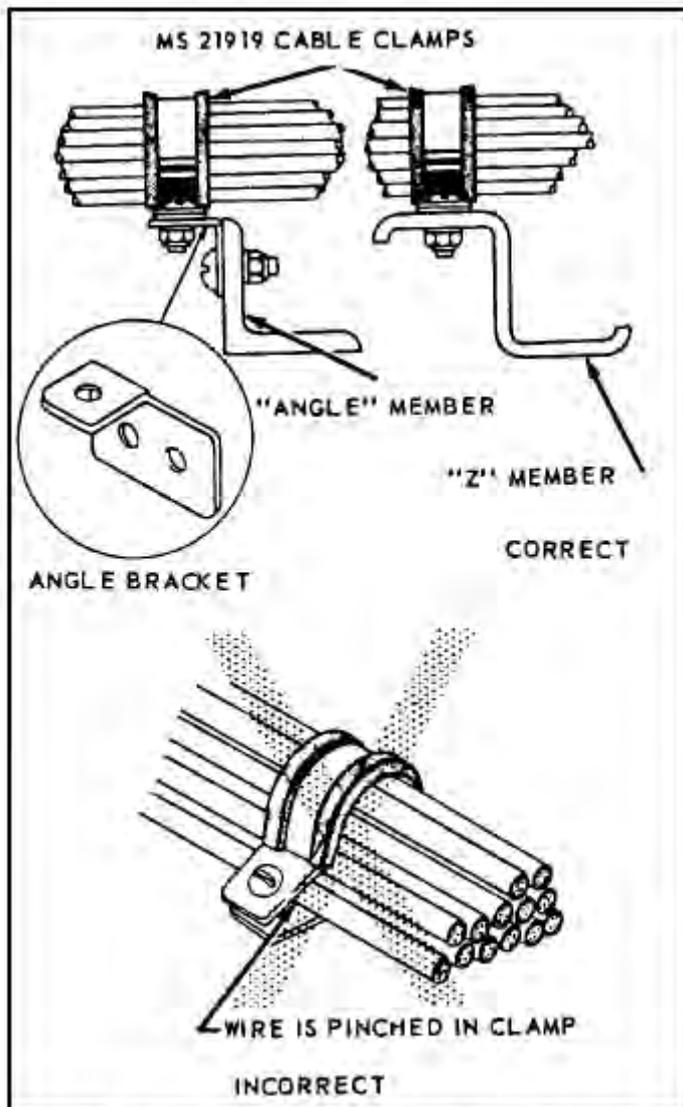


FIGURE 11-13. Installing cable clamp to structure.

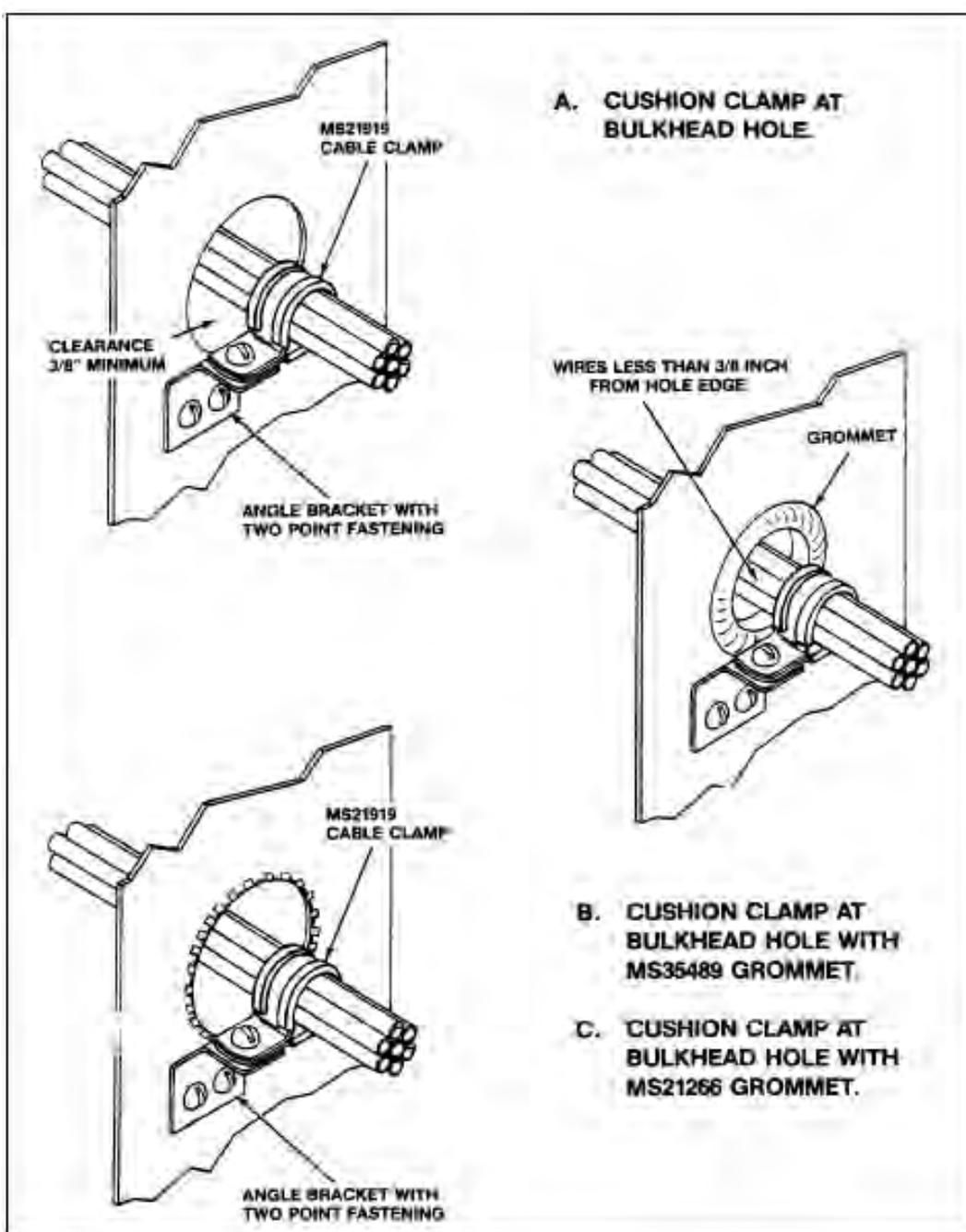


FIGURE 11-14. Clamping at a bulkhead hole.

CABLES COAXIALES

Los cables coaxiales y triaxiales son particularmente vulnerables a ciertos tipos de daños. Podemos provocar daño si ponemos la abrazadera demasiado ajustada, o cuando doblamos el cable, cerca de los conectores. El cable coaxial puede sufrir daño y no ser visto desde el exterior. Nunca usar cables coaxiales con conductor de centro sólido. Usar en su lugar, cables coaxiales con centro enroscado.

Precauciones

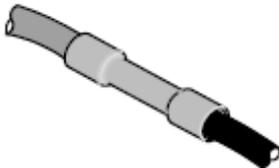
- a) No enroscar el cable coaxial
- b) No dejar caer nada encima del cable coaxial
- c) No doblar el cable coaxial
- d) No hacer un lazo con el cable coaxial
- e) No tirar del cable coaxial, solamente en línea recta
- f) No usarlo para colgar cosas en él

5.4 Empalmes

Empalmes a tope

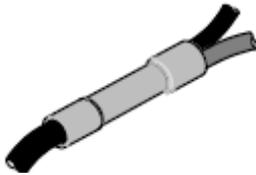
En este conector, se introducen los alambres desforrados desde ambos extremos y se "topan" en el centro.

Posteriormente, un engarzado en cada extremo sujeta la conexión.



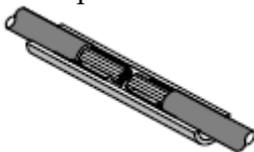
Empalmes reductores a tope

El empalme reductor a tope es la solución perfecta cuando es necesario introducir dos alambres en uno de los extremos del empalme y un solo alambre en el otro extremo.



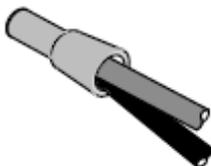
Empalme a tope

Con la camisa metálica adicional y el aislamiento de nylon, se recomienda el uso de estos empalmes cuando se anticipa la presencia, de vibración fuerte y sea necesario el uso de protección sustancial contra tirones y esfuerzos.



Conector de extremo cerrado de nylon

Se utiliza en una amplia variedad de situaciones de empalmes de "cable de llegada" o para unir entre sí dos o más alambres.



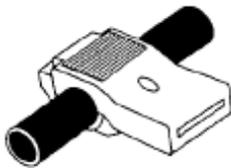
Empalme a tope con entrada de embudo

En el pasado, el engarzado de los empalmes a tope hechos a máquina ha sido difícil y casi imposible de realizar en una pieza de equipo robótico. Ahora, con nuestro nuevo empalme a tope con entrada de embudo, el extremo que se ha de engarzar por medio de la prensa de engarzado se introduce por el embudo para permitir la inserción rápida y fácil del alambre.



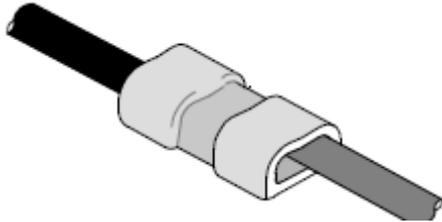
Empalmes Perma-Seal Splices

La camisa de los empalmes Perma-Seal es resistente a la abrasión y al corte. Esta protección ayuda a mantener las propiedades de aislamiento y sello del aislamiento incluso en entornos rigurosos, sin mencionar la excelente protección contra tirones y esfuerzos.

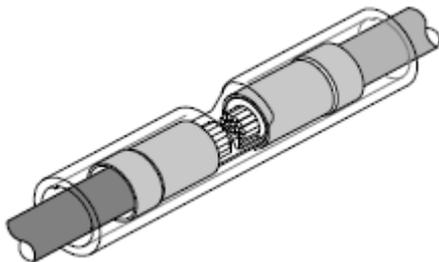


Empalme paralelo

Este conector tiene alambres desforrados que yacen lado a lado en el empalme. Se sujetan por medio de un engarzado sencillo al centro.



Empalme a tope con ventana Este conector tiene aprobación militar (Mil-T-7928/5) para resistir los entornos más rigurosos. La ventana garantiza la correcta inserción del alambre y la alineación de la herramienta de engarzado. Se fabrican con nylon aislado y vienen con sujeción de aislamiento que proporciona superior resistencia a los tirones y esfuerzos.

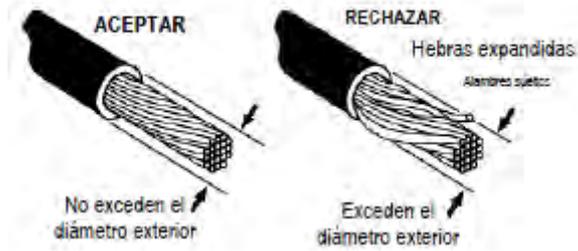


PROCEDIMIENTOS

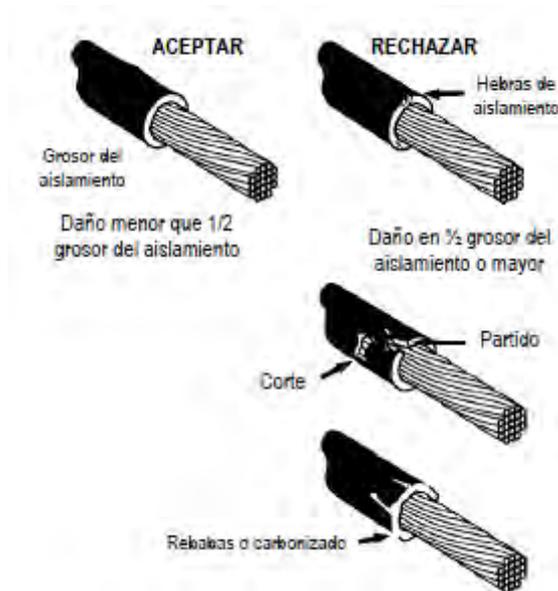
1 Preparación del alambre

Inspeccionar el alambre trenzado para verificar que no haya hebras sueltas y expandidas que sean más grandes que el alambre y el aislamiento juntos. Si esto ocurre, entorchar

los alambres hasta alcanzar el diámetro que tenían antes de que se les quitara el forro. Después de entorcharlos, cerciorarse de que los alambres desforrados tengan un diámetro menor que el diámetro exterior del aislamiento.

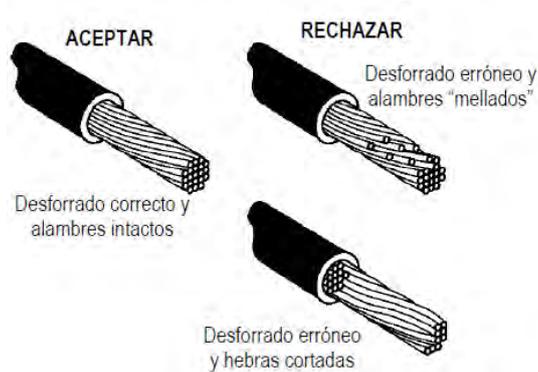


Inspeccionar el aislamiento para cerciorarse de que tenga un corte limpio. No se debe utilizar los alambres con aislamiento dañado.



Inspeccionar para verificar que la máquina o herramienta de desforrado no haya cortado o mellado ninguno de los alambres. Si ve un alambre mellado deberá cortar y volver a desforrar el alambre antes de engarzarlo para asegurarse de que no se reduzca la capacidad de conducción de corriente.





6.2 Configuración y operación de una prensa

1. Verificar que la herramienta esté limpia y no esté gastada. Si fuese necesario, limpiar y reemplazar las herramientas gastadas.
2. Desconectar la alimentación eléctrica de la prensa y retirar los dispositivos de protección.
3. Instalar la herramienta apropiada en la prensa.
4. Cargar los terminales en la herramienta de manera que el primer terminal quede colocado sobre el yunque.
5. Ejecutar un ciclo manual de la prensa para asegurarse de que se puede realizar un ciclo completo sin interferencias. Si no se pudiese completar el ciclo, retirar la herramienta y verificar la altura de cierre de la prensa. Pasar al procedimiento 3.
6. Verificar que la herramienta esté alineada. Inspeccionar la impresión en la parte inferior del engarzado que se estampó con la herramienta del yunque. Verificar que las extrusiones y el molde del engarzado estén centrados. De lo contrario, alinear las herramientas y pasar al procedimiento 5.



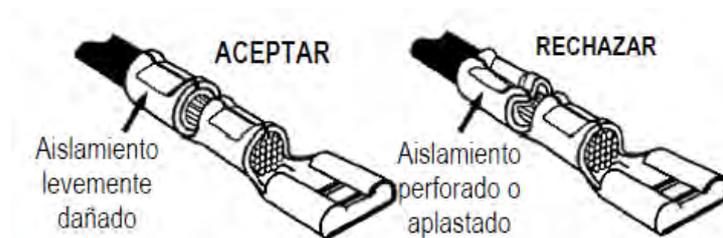
7. Verificar que el alimentador de terminales coloque el siguiente terminal sobre el centro de la herramienta del yunque. De lo contrario, ajustar el alimentador de terminales y el dedo alimentador y pasar al procedimiento 5.
8. Volver a instalar todos los dispositivos de seguridad que se hayan retirado durante la preparación. (Observar todos los requisitos de seguridad especificados en los manuales individuales de la prensa o de la herramienta).

9. Encender la máquina y realizar el engarzado de prueba de terminales.

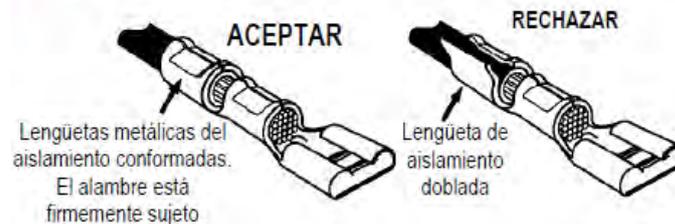
Inspección visual de los engarzados de CILINDRO ABIERTO

■ **Aislamiento sin daños**

1. Engarce levemente el aislamiento (puede tener un leve endentado para sujetar el alambre en posición). Si se ha perforado o aplastado el aislamiento, los alambres en el interior quizá también estén dañados.
2. Cerciórese de que el engarzado no perforo ni aplaste el aislamiento del conductor.



■ **Engarzado de soporte del aislamiento**



1. Cerciórese de que las lengüetas del cilindro del aislamiento no estén dobladas.
2. Conforme correctamente las lengüetas.
3. Si una de las lengüetas está doblada, el engarzado del aislamiento no será lo suficientemente fuerte para proporcionar la protección necesaria contra tirones o tensión.

■ **Alambre visible**

1. Cerciórese de que el alambre y el aislamiento sean visibles en la ventana.
2. Si sólo es visible el engarzado el aislamiento en el cilindro del conductor.



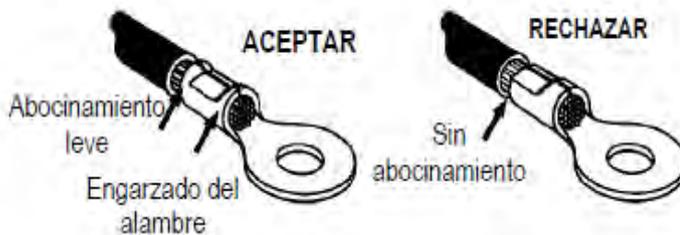
3. Si sólo es visible el conductor desforrado, no puede suponer que el aislamiento está bien engarzado.



4. Si no hay engarzado de soporte del aislamiento, cerciórese de que el alambre visible detrás del engarzado del conductor no exceda el diámetro del aislamiento. Si la longitud del alambre visible excede el diámetro del aislamiento, el terminal podría causar un cortocircuito.

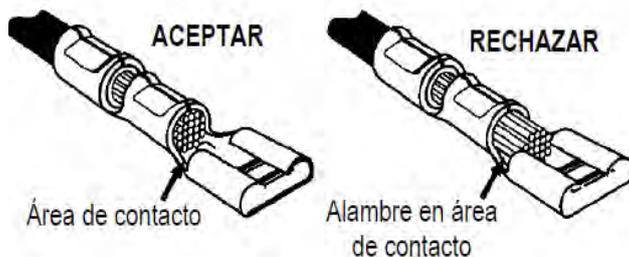


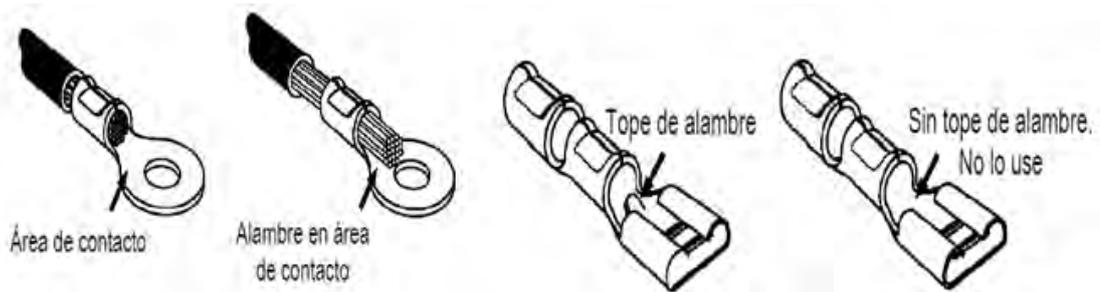
Hay presente un abocinamiento apropiado



1. Cerciórese de que haya presente un buen abocinamiento en el cilindro del alambre.
2. Si no hay abocinamiento, el borde filoso del cilindro del alambre puede cortar o mellar los alambres.

No hay hebras de alambre en el área de contacto





1. Cerciórese de que no haya hebras de alambre que se extiendan hasta el área de contacto de la orejeta o del terminal.
2. Si hay hebras de alambre en el área de contacto, éstas pueden interferir cuando se conecte el terminal.

No sobresalen hebras del alambre (doblez de las hebras de alambre)

1. Cerciórese de que todas las hebras del alambre estén debidamente entorchadas, y que tengan un diámetro equivalente al diámetro que tenían antes del desforrado.
2. Si las hebras no están juntas y entorchadas, o si una sobresale, la masa de alambre se reducirá y puede causar problemas mecánicos y eléctricos.

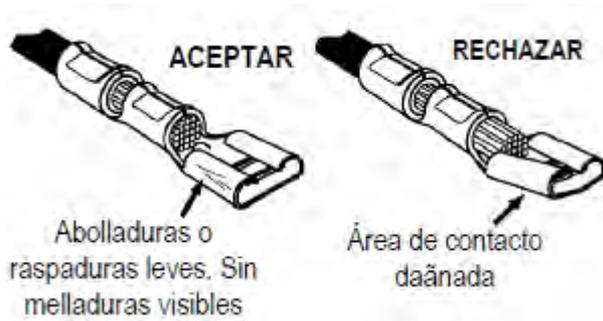


Extensión del alambre

1. Cerciórese de que los alambres no se extiendan más de 1/32" (1 mm) sobre el extremo del cilindro. Si los alambres no están a ras o más, no podrá ver si el engarzado está completo y correcto.



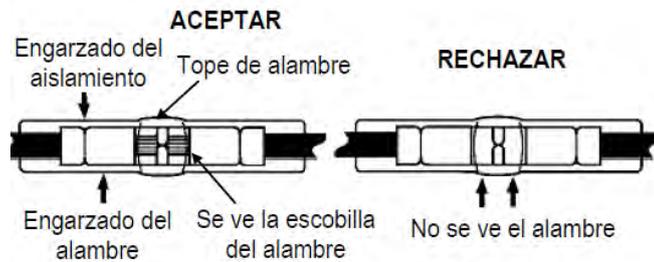
No hay daños en el área de contacto



1. Cerciórese de que el área de contacto no esté abollada ni aplastada.
2. Si ésta está abollada o aplastada (se permite melladuras o abolladuras leves), no se podrá realizar la conexión entre el terminal y otro componente.

7.2 Inspección visual de los engarzados de CILINDRO CERRADO

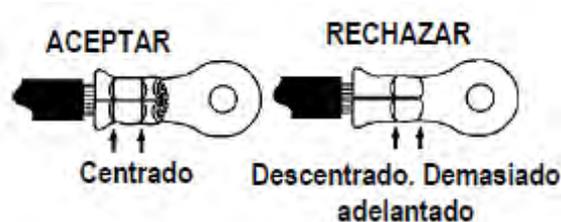
Alambre visible



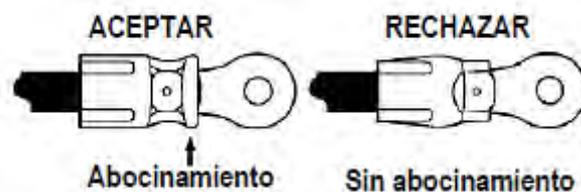
1. Cerciórese de que esté visible el alambre en la ventana de inspección de manera que haya evidencias de un buen engarzado. Consulte el párrafo Conector a Tope en páginas anteriores.

■ El engarzado debe quedar centrado

1. En todos los terminales engarzados, el engarzado del conductor debe quedar centrado en el cilindro del conductor. Esto asegura la aplicación uniforme de la presión en toda la longitud del cilindro.



Hay presente un abocinamiento apropiado



1. Cerciórese de que haya presente un buen abocinamiento en el cilindro del alambre.

No hay hebras de alambre en el área de contacto



1. Cerciórese de que las hebras de alambre no se prolonguen hasta el área de la lengüeta de la orejeta o del terminal.
2. Si hay hebras de alambre en el área de contacto, éstas pueden interferir cuando se conecte el terminal.

Alambres a ras o con mayor extensión



1. Asegúrese de que los alambres queden a ras con el cilindro del conductor o que se extiendan más allá del cilindro.
2. Esta extensión de “escobilla” debe ser de aproximadamente 1/32” (1 mm).
3. Si los alambres no están a ras o sobresalen, no podrá ver si el engarzado está completo y correcto.

Requisitos de calibre de alambre (AWG)

1. Para lograr un engarzado de calidad cerciórese de seguir el procedimiento correcto para el engarzado de aislamiento de diferentes calibres de alambre.

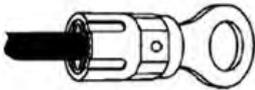
Los calibres de alambre 8 AWG y mayores no requieren el engarzado del aislamiento.



Los alambres calibre 18 hasta 10 AWG requieren el engarzado del aislamiento para sujetar firmemente el engarzado del aislamiento del alambre.

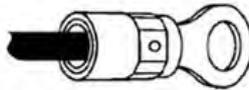
ENGARZADO DEL AISLAMIENTO PLÁSTICO

RECHAZAR



Aislamiento deformado. El alambre se mueve dentro del engarzado del aislamiento

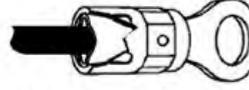
RECHAZAR



Sin engarzado del aislamiento

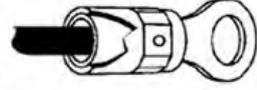
ENGARZADO DEL AISLAMIENTO METÁLICO

ACEPTAR



Aislamiento deformado. El alambre se debe mover dentro del engarzado del aislamiento

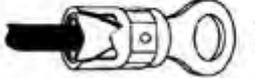
RECHAZAR



Sin engarzado del aislamiento

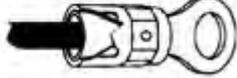
ENGARZADO DEL AISLAMIENTO METÁLICO

ACEPTAR



Se conforma el hendidado del aislamiento. El alambre está fijo en el engarzado del aislamiento

RECHAZAR



No se conforma el hendidado del aislamiento. El alambre se mueve en el engarzado del aislamiento

▪ Engarzado de soporte del aislamiento

ACEPTAR



Camisa metálica ajustada

RECHAZAR



Camisa metálica no ajustada

1. En los terminales de cilindro cerrado que tengan una camisa metálica secundaria (AviKrimp™), se recomienda conformar ajustadamente la camisa alrededor del alambre

TEMA VIII
REMACHES
AERONÁUTICOS

REMACHES AERONÁUTICOS.

1. GENERALIDADES Y CLASIFICACIÓN DE LOS REMACHES.

Los elementos estructurales deben ser ensamblados entre sí para constituir las distintas secciones de estructura que componen el fuselaje de las aeronaves. En función de las características y misiones de los distintos elementos estructurales, se pueden clasificar en dos tipos de formas de unión de estos elementos, desmontables y fijas o permanentes:

- UNIONES DESMONTABLES
 - CIERRES.
 - TORNILLOS.
 - BROCHES.

- UNIONES PERMANENTES
 - PEGADO.
 - SOLDADURA
 - REMACHADO.

Este capítulo está dedicado a las uniones fijas o permanentes por el sistema de remachado. El remachado ha sido la principal y más usada forma de unir o ensamblar, los distintos elementos estructurales entre sí, y sigue manteniendo ese liderazgo pues aunque el rápido progreso de las nuevas tecnologías en la industria de los adhesivos, hace que cada vez se usen más como sistema de unión en la fabricación de elementos estructurales de materiales compuestos o composites, la unión entre estos para constituir elementos o conjuntos mayores se realiza mediante remaches específicos para estos materiales.

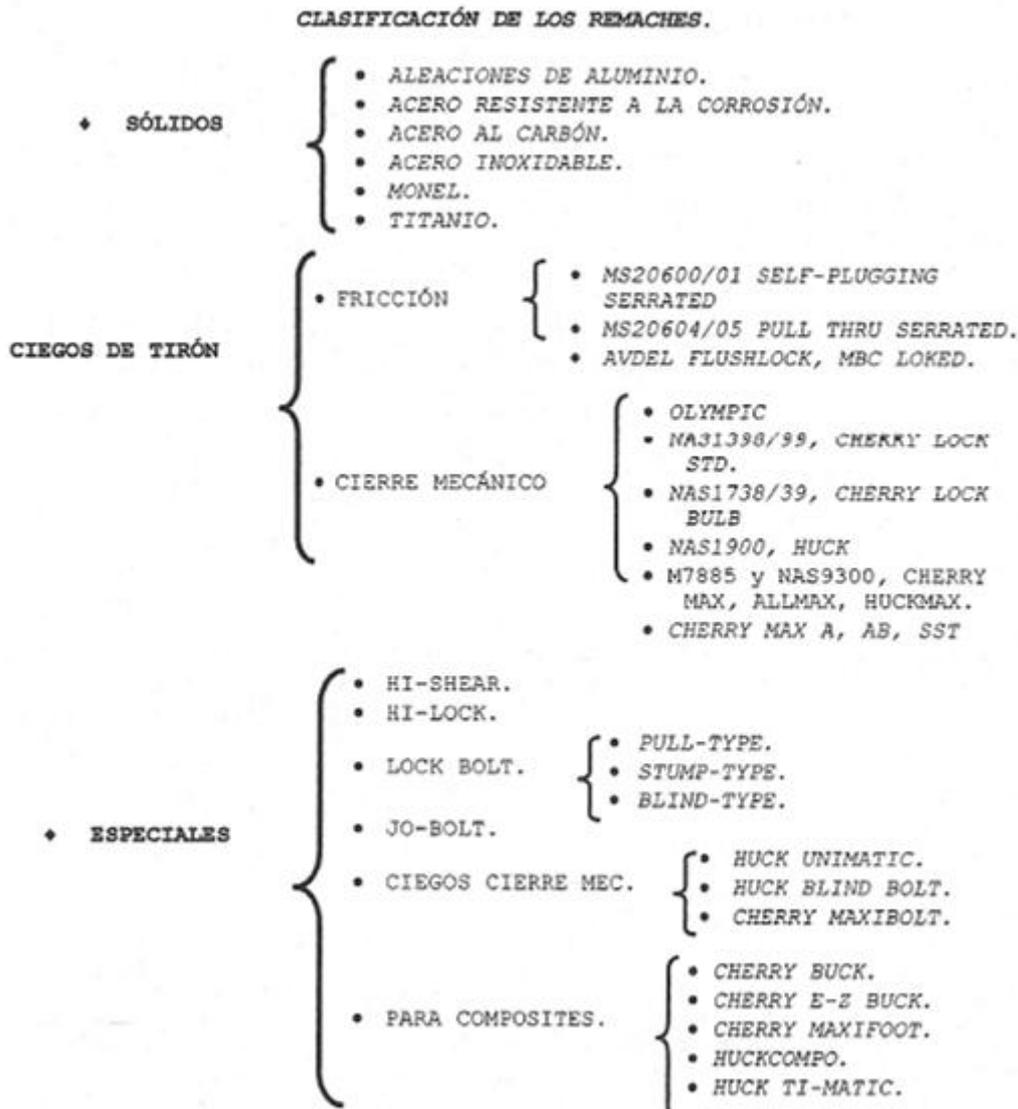
La realización de uniones por medio de remaches, se basa en la teoría de que la fuerza total de la unión es la suma de las fuerzas individuales de cada uno de los remaches, y presenta como mayor problema el hecho de que cada orificio de remache puede ser potencialmente un punto para el inicio de una grieta.

Para la descripción de remache se tomara como patrón al remache sólido, y sobre la base de este, se puede describir como un pin, bulón o roblón de metal macizo que en uno de sus extremos tiene una cabeza, que puede presentar distintas formas, realizada durante su fabricación, su silueta típica recuerda a la de una seta.

El remachado consiste en que una vez atravesados los elementos a unir por el remache a través de un orificio, formar una segunda cabeza que una fuertemente las piezas que se desean ensamblar. Esta cabeza se le denomina como **cabeza de remachado** o **shop head**.

Para realizar una clasificación de los distintos remaches que más se emplean en las aeronaves se ha utilizado tanto sus características como su función, agrupándolos en **remaches, sólidos**, que se podría considerar como el remache tipo o estándar; los **remaches ciegos** que se utilizan en lugar de los sólidos, cuando por el diseño de fabricación o de reparación no se pueden usar estos por falta acceso a ambos lados de los elemento a remachar, y por último los **remaches**

especiales, que reciben este calificativo por estar empleados en uniones importantes que requieren grandes resistencias a la tensión y al corte, por requerir unos procedimientos de remachado particulares a cada uno o por su especial resistencia a la corrosión que hacen que se utilicen en el ensamblaje de elementos de distinto material al del propio remache.



2. REMACHES SÓLIDOS.

2.1. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN.

Los remaches sólidos como al principio de este capítulo se describían, son remaches macizos fabricados de las mismas aleaciones que se utilizan para la construcción de los elementos estructurales metálicos que van a unir o de aleaciones específicamente desarrolladas para este uso. Esto supone que la mayoría de los remaches utilizados en aeronaves sean de aleaciones de aluminio.

Una de las particularidades de los remaches sólidos radica en que se da la característica de que cuando son instalados correctamente aumentan tanto su tamaño como su resistencia o dureza. Las aleaciones de aluminio que se utilizan en la fabricación de los remaches se presenta en estado T4, tratamiento de solubilización, enfriado bruscamemente y con maduración natural,

durante el proceso de remachado se produce un forjado en frío que la endurece pasando al estado T3, tratamiento de solubilización, enfriado bruscamente y trabajo en frío y con maduración natural. Los tornillos de acero disminuirán su diámetro cuando son instalados y aplicado su correspondiente par de apriete. Los fabricantes de remaches especiales y de remaches ciegos intentan duplicar la característica de los remaches sólidos, variando las secciones de los vastazos (stem) de instalación con el fin de expandir el cuerpo del remache (sleeve) durante el remachado de los mismos.

El aluminio puro pesa un tercio del peso del acero, las aleaciones de aluminio de los remaches sólidos son más ligeras que las de otros elementos de anclaje o unión, esta ligereza tiene sus ventajas, pero limita su utilidad, los remaches sólidos de diámetro superior a 1/2" no son usados. Sin embargo los diámetros comprendidos entre 3/32" y 1/2" son suficientes para las necesidades de construcción y reparación de las aeronaves típicas.

La fabricación de los remaches sólidos se efectúa bajo las directrices de la "Federal Specification and Standard QQ-A-430". Estos remaches se identifican y catalogan en función del tipo de cabeza, aleación del material, diámetro y longitud. Los códigos de identificación usados para denominar los remaches sólidos están contemplados por las normas "AN" (Air Force-Navy) y "MS20" (Military Standard 20).

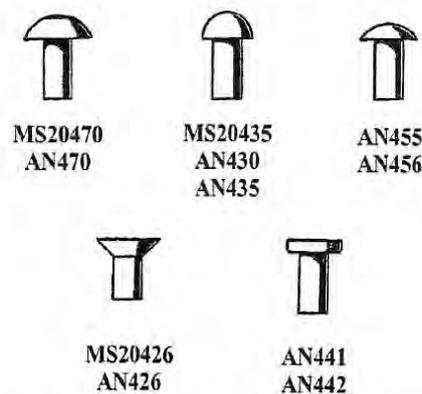


FIG. 1. REMACHES SÓLIDOS TRADICIONALES AMERICANAS

2.1.1. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN TRADICIONAL DE LOS REMACHES SÓLIDOS.

Estos apuntes están realizados básicamente sobre la base de las normas americanas MS y AN, por lo tanto la terminología usada está en función a esta circunstancia. Aunque esto parezca suponer una limitación en los mismos, la realidad es que no genera ningún problema ya que son las normas y terminología más extendidas en todo el mundo aeronáutico, y tanto las formas de las cabezas, los materiales y tamaños de los remaches están estandarizados y las distintas especificaciones y normas técnicas son intercambiables y solo presentan el cambio en la identificación o nomenclatura que cada país aplica.

Las cabezas de los remaches sólidos se fabrican en cuatro estilos: redondeada o gota sebo, **round head** (AN430) ; cilíndrica, **flat head** (AN442); universal, **universal head** (AN470) y plana o embutida, **countersunk head** (AN426) . Los dos últimos tipos de cabeza "son los más usados actualmente en la fabricación de aeronaves, la cabeza universal se utiliza para el remachado de estructura interna y en el exterior de aeronaves de baja y media velocidad, esta

cabeza resiste mayores cargas "bearing load" que la cabeza plana, estas últimas son usados para el remachado de pieles externas en aeronaves de alta velocidad.

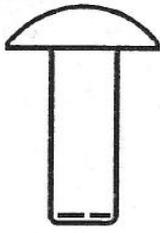
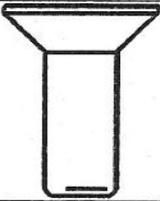
| | | |
|---|---|--|
|  | REMACHE DE CABEZA UNIVERSAL UNIVERSAL HEAD | |
| | MS 20470 MS 20613 MS 20615 | <i>ESPECIFICACIÓN AMERICANA (norma MS)</i> |
| | LN 9198 LN 9178 | <i>ESPECIFICACIÓN ALEMANA</i> |
| | L 21215 | <i>ESPECIFICACIÓN FRANCESA</i> |
|  | REMACHE DE CABEZA EMBUTIDA 100° COUNTERSUNK HEAD | |
| | MS 20426 MS 20427 | <i>ESPECIFICACIÓN AMERICANA (norma MS)</i> |
| | LN 9199 LN 9179 | <i>ESPECIFICACIÓN ALEMANA</i> |
| | L 21217 | <i>ESPECIFICACIÓN FRANCESA</i> |

FIG. 2. ESPECIFICACIONES SEGÚN EL TIPO DE CABEZA.

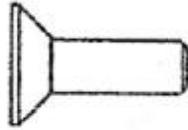
En la figura 2. se muestran dos cuadros con los remaches sólidos más usados y característicos, los universales y los planos embutidos a 100°, con la parte del P/N que en referencia a la cabeza del remache, utilizan las normas americana "MS", alemana y francesa, para identificarlos. En estos cuadros se puede observar que para una misma forma de cabeza puede haber más de un P/N, como es el caso de las especificaciones americanas y alemanas, esto se debe a que en estas especificaciones se contemplan que para distintas aleaciones las referencias, según la forma de las cabezas también sean distintas, en la tabla de la figura 3 referente a las especificaciones MS (Military Standard) se puede observar esta particularidad.

La tabla de identificación de remaches sólidos de Military Standard, va a permitir identificar el tipo de remache a simple vista, por el marcado de su cabeza, y poder confeccionar el P/N de este, utilizando las distintas columnas.

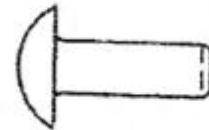
CABEZA AVELLANADA A 100°

CABEZA UNIVERSAL

- * MS 20426
- * MS 20427



- * MS 20470
- * MS 20613
- * MS 20615



| MATERIAL ALEACIÓN | MARCADO CABEZA | CODIGO MATERIAL MS | MS 20426 | MS 20427 | MS 20470 | MS 20613 | MS 20615 |
|----------------------------|--|--------------------|----------|----------|---|----------|----------|
| 1100 | LISO  | A | * | | * | | |
| 2117 | PUNTO EMBUTIDO  | AD | * | | * | | |
| 2017 | PUNTO RELIEVE  | D | * | |  | | |
| 2024 | DOBLE GUIÓN RELIEVE  | DD | * | | * | | |
| 5056 | CRUZ RELIEVE  | B | * | | * | | |
| ACERO AL CARBONO | TRIÁNGULO EMBUTIDO  | | | * | | * | |
| ACERO RESISTENTE CORROSIÓN | LISO  | F | | * | | * | |
| MONEL QQ-N-201 | DOBLE PUNTO EMBUTIDO  | M | | * | | | * |
| COBRE QQ-W-341 | LISO  | CU | | * | | | * |

La primera columna "material-aleación", muestra los códigos utilizados por esta especificación para designar las distintas aleaciones que son utilizadas en fabricación de remaches, chapas y perfiles extruidos de uso aeronáutico que se emplean en la fabricación de los distintos elementos estructurales que conforman las aeronaves.

En la siguiente columna "marcado de la cabeza", se indican las marcas de fabrica que presentan las cabezas de los remaches y que permiten identificarlos físicamente, si se observa esta columna da la impresión que puede ser algo confuso diferenciar los remaches que no llevan marca en su cabeza y que son de distinta aleación, como son los casos los de aleación de aluminio 1100, los de acero resistente a la corrosión y los de cobre, sin embargo si se disponen en la mano, por su peso y por su color característico, los hace imposibles de confundir, y en el caso de estar instalados, los elementos que están uniendo servirán de referencia para su correcta identificación.

En la columna referente al "*código de material MS*", está compuesta de unas letras que se corresponden con cada tipo de aleación y que serán las utilizadas en la designación de cada P/N.

CÓDIGOS DE MATERIAL "MS"

A.- Son remaches de aleación de aluminio 1100, contiene una cantidad insignificante de cobre, 0,01 %, , por lo que se puede considerar como un remache de aluminio sin alear, es muy blando y no se usa en la unión de elementos estructurales, se utiliza para ensamblar plásticos y elementos no-estructurales. Estos remaches se identifican en relación al marcado de su cabeza de taller por carecer de marcas, presentando un aspecto liso.

AD.- Este tipo de remaches ha sido el más utilizado en el ensamblado de elementos estructurales de aluminio, al no necesitar de tratamiento térmico previo a su instalación, su aleación, la 2117T4, desarrollada por el fabricante Alcoa, se usa solo para la fabricación de remaches, a estos se les suele denominar como remache "universal" de sustitución, ya que se pueden usar tal como se han recibido del fabricante. Estos remaches tienen mejores resultados frente a la resistencia a la corrosión y al agrietado en comparación con el resto de aleaciones de aluminio con cobre, son los remaches usados para rellenar orificios en la instalación de depósitos de combustible de ala, **wet wing fuel tank**, por sus excelentes características de rellenado. Se identifican con una marca en la cabeza de fábrica que tiene el aspecto de un pequeño granetazo en el centro de la misma.

D.- Estos remaches son de aleación de aluminio 2117T4, es un remache bastante más duro que el 2117T4 (ÁD) y ha sido un remache muy extendido en el ensamblado de elementos estructurales sometidos a grandes esfuerzos, durante los procesos de fabricación de aeronaves. Se fabrican en dos versiones, el primero, usado en la construcción de las aeronaves más antiguas, su dureza aumenta la posibilidad de que durante el remachado se produzca agrietado en el mismo, dificultando su control, fundamentalmente en remaches de diámetros de 3/16" y superiores. Para minimizar esta posibilidad de agrietado se debe realizar un tratamiento térmico "de recocido antes" de su remachado. El segundo tipo de remache 2017T4 (crack-free), desarrollado por Alcoa, consiste en un remache con ligeramente menos cantidad de magnesio y un control más preciso de los porcentajes de hierro y silicio, que lo convierten en un remache 2017T4 libre de grietas. Este remache tiene una resistencia al corte mayor que el modelo antiguo, 38 KSI frente a los 34 KSI del antiguo, se utilizó por primera vez en la construcción de los planos del Boeing 727. El marcado de su cabeza, en ambos tipos, presenta un pequeño punto en relieve.

DD.- Son remaches de aleación de aluminio 2024T4, con porcentajes altos de cobre y silicio, ha sido considerado como el remache de aleación de aluminio de mayor dureza, se utiliza cuando los elementos a unir están sometidos a esfuerzos importantes y que el remachado con los AD no soportarla, o requerirla un diámetro muy grande, necesitan para su instalación, como en los remaches anteriores "D", de un recocido previo para evitar que se agrieten durante el remachado y su posterior mantenimiento a una temperatura inferior a los 30° F, esta característica hizo que a ambos se les haya denominado como remaches de nevera (ice-box rivet). El marcado de la cabeza de los remaches "DD" consiste en dos pequeños guiones en relieve.

B.- Remaches de aleación de aluminio 5056, tiene un porcentaje muy importante de magnesio, es muy resistente a la corrosión y su uso está destinado a la unión de elementos y pieles de

aleación de magnesio, no necesitan recocido previo a su remachado. Esta aleación es la más extendida en la fabricación del cuerpo (sleeve) de los remaches ciegos de aleación de aluminio

F.- Remaches de acero resistente a la corrosión, se utiliza para el ensamblado de elementos sometidos a altas temperaturas, como chapas corta-fuegos y salidas de escape, fabricadas de acero inoxidable, titanio o monel. No presenta marcas en la cabeza.

M.- Remaches de monel, son usados específicamente para el remachado de elementos de aleaciones de titanio, de acero y níquel y aleaciones de níquel, los elementos que unen suelen estar sometidos a altas temperaturas, son intercambiables con los anteriores, "F", aunque son más fáciles de remachar, cuando se trata de elementos de acero inoxidable, es preferible el uso de los remaches anteriores. El marcado de la cabeza son dos pequeños granetazos.

En las siguientes columnas de la tabla de la figura 3., se muestran los códigos referentes al tipo de cabeza correspondientes a los distintos tipos de aleación y que ya se expuso en párrafos anteriores.

El P/N de los remaches sólidos según la norma que se está exponiendo, permite la completa identificación del mismo, está compuesto en primer lugar por el código de la cabeza, seguido del código MS de material y luego por el diámetro expresado en treintidosavos de pulgada y terminando con la longitud del mismo en dieciseisavos de pulgada, como se puede observar en el cuadro siguiente de la figura 4.

| | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| MS 20470 AD - 4 - 10 | |
| MS 20470 | FORMA DE LA CABEZA, UNIVERSAL |
| AD | CÓDIGO DEL MATERIAL, 2117 |
| 4 | DIÁMETRO EN /32 " , 1/8 " |
| 10 | LONGITUD EN /16 " , 5/8 " |

FIG. 4. IDENTIFICACIÓN DE UN REMACHE SEGÚN P/N DE LA NORMA "MS"

En este apartado referente a identificación de los remaches sólidos es necesario destacar también que la normativa americana "AN" (Air Force-Navy Standard Number), muy utilizada en aeronáutica para identificar tornillería, utiliza la misma configuración de P/N que la "MS20", con los mismos parámetros y códigos de identificación de material, intercambiando solamente las letras de identificación de la norma, siendo el mismo remache el MS20426 AD-5-4 y el AN426 AD-5-4.

La denominación o P/N de un remache, independientemente de la norma utilizada para ello, permitirá la identificación completa del remache, indicando los siguientes parámetros del mismo:

- Forma de la cabeza.
- Material o aleación de fabricación.
- Diámetro del cuerpo del remache.
- Longitud del cuerpo del remache.

En las tablas que se muestran en la figura 5., se puede comprobar que los P/N de los remaches identifican todos los parámetros del mismo, como se indicaba en el párrafo anterior, con independencia de la norma o especificación utilizada, en estas tablas se ha puesto como ejemplo el mismo remache, con los parámetros y la especificación correspondiente a cada normativa de identificación.

ESPECIFICACIÓN AMERICANA (M.S.)

| | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| MS 20470 AD - 4 - 10 | |
| MS 20470 | FORMA DE LA CABEZA, UNIVERSAL |
| AD | CÓDIGO DEL MATERIAL, 2117 |
| 4 | DIÁMETRO EN /32 " , 1/8 " |
| 10 | LONGITUD EN /16 " , 5/8 " |

ESPECIFICACIÓN ALEMANA

| | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| 3,2 x 16 LN 9198 - 3.1124.4 | |
| 3,2 | DIÁMETRO EN MM. 3,2 MM |
| 16 | LONGITUD EN MM. 16 MM |
| LN 9198 | FORMA DE LA CABEZA, UNIVERSAL |
| 3.1124.4 | ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL |

ESPECIFICACIÓN FRANCESA

| | |
|-----------------------------|---|
| L 21215 - 32 - 16 DC | |
| L 21215 | FORMA DE LA CABEZA, UNIVERSAL |
| 32 | DIÁMETRO EN /10 DE MM, 3,2 MM. |
| 16 | LONGITUD EN MM. 16 MM |
| DC | ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL, A - U2G |

FIG. 5. TABLAS DE ESPECIFICACION DE REMACHES.

En la figura 6., se muestran las tablas de equivalencias de "identificación de códigos de material" y de "especificación de aleaciones" que usan los manuales técnicos de aeronaves de fabricación americana, francesa y alemana.

La tabla de códigos, permite mediante letras identificar el tipo de material del que están fabricados los distintos remaches y su equivalencia entre las normativas americana, alemana y francesa; este código, es el utilizado en la denominación de los remaches, como se exponía en las tablas y párrafos anteriores. En la tabla de especificaciones de las aleaciones, se puede comprobar las equivalencias de las referencias alfanuméricas, que permiten identificar las aleaciones de aluminio, magnesio y monel, que se utilizan en la fabricación de elementos estructurales, revestimientos o piel y de los distintos remaches que se utilizan a nivel internacional en la construcción de aeronaves.

EQUIVALENCIAS ENTRE CODIGOS DE MATERIAL

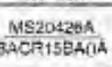
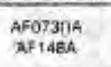
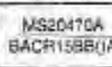
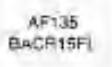
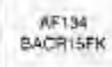
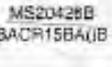
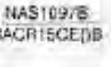
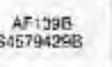
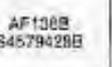
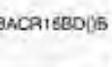
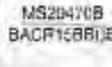
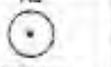
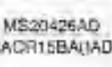
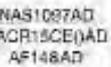
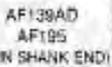
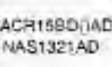
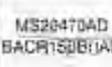
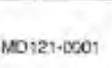
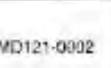
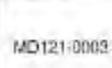
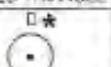
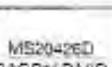
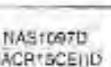
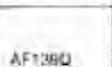
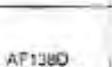
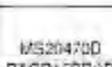
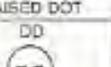
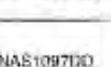
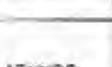
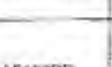
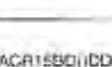
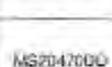
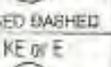
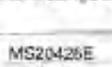
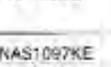
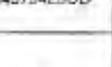
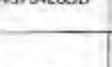
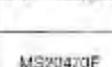
| CÓDIGOS DE MATERIAL | M. S. | ALEMÁN | FRANCÉS |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| | A | Al | -- |
| AD | Dk | DC | |
| D | Du | DE | |
| DD | Du | DE | |
| B | Mg | DB | |
| M | Ml | TB | |

Las tablas que se han expuesto en las anteriores figuras permitirán identificar y construir el P/N de cada tipo de remache según las necesidades de cada caso.

2.1.2. EVOLUCIÓN ACTUAL DE LOS REMACHES SÓLIDOS.

En los párrafos y tablas anteriores se han mostrado las aleaciones y tipos de cabeza que más se han usado en la fabricación de remaches y los más aplicados en la mayoría de las aeronaves que actual están en vuelo por todo el mundo. Como consecuencia de la búsqueda de mejora constante, innata a la industria aeronáutica, tanto con el fin de facilitar los procedimientos de instalación como las características de los propios remaches, fundamentalmente en los de cabeza plana donde los nuevos diseños mejoran considerablemente la resistencia de los mismos a las cargas de tracción, se han desarrollado nuevas aleaciones y tipos de cabeza.

En las siguientes figuras se muestran los cuadros con el marcado de las cabezas, aleaciones y P/N que se pueden encontrar en los catálogos actuales.

| MATERIAL CODE & HEAD IDENTIFICATION | ALLOY & DRIVEN SHEAR STRENGTH (MINIMUM) † | FLUSH HEAD STYLES | | | | DOUBLE DRIVEN | PROTRUDING HEAD STYLE |
|--|---|---|---|---|---|---|---|
| | |  |  | CROWN FLUSH ‡ | | | |
| | | | |  |  | | |
| A NO MARK | 1100 NO MINIMUM 11 KSI TYPICAL |  |  |  |  |  |  |
| NO MARK DYED GREEN | 6061-T6 (C) 25KSI |  |  |  |  |  |  |
| B  | 5056-H321 (C) 26KSI |  |  |  |  |  |  |
| AD  | 2117-T3 30KSI |  |  |  |  |  |  |
| NONE  | 2219-T62 32KSI |  |  |  |  |  |  |
| D*  | 2017-T31 (C) 34KSI (C) 2017-T3 38KSI (C) |  |  |  |  |  |  |
| DD  | 2024-T31 (C) 41KSI |  |  |  |  |  |  |
| KE or E  | 7050-T73 (C) 41KSI |  |  |  |  |  |  |

NOTES: † SHEAR STRENGTH FOR FAST INSPECTION METHOD (SIF) IS IN EFFECT APPLICABLE PROVISIONS APPLY.
 ‡ CROWN FLUSH IS A TRADE NAME.
 * ALL HEAD STYLES ARE 1/8" THICK.
 (C) TO BE CHECKED BY DRAWING REVOLUTION FROM HEAD POSITION WITH SUBSEQUENT SATISFACTORY MARKING APPLIED TO MANUFACTURING LOGO ON ALL PARTS WHERE PERMITTED BY SPECIFICATION.

| MATERIAL CODE & HEAD IDENTIFICATION | ALLOY & DRIVEN SHEAR STRENGTH (MINIMUM) ¹ | FLUSH HEAD STYLES | | | | PROTRUDING HEAD STYLE |
|--|--|---|---|--|---|---|
| | |  |  | CROWN FLUSH ² | | |
| | | | |  |  | |
| COPPER NO MARK | 23KSI | MS20427C | --- | --- | --- | MS20615()CU |
| STEEL/CAD  RECESSED TRIANGLE | 32KSI | AS125101 THRU AS125250 MS20427()C | --- | --- | --- | AS125551 THRU AS125700 MS20613()P |
| MONEL NO MARK | 49KSI | MS20427M MS9318 | NAS1200M BACR15CE()M | AF184 S4579429M | AF183 S4579428M | MS20615()M MS9319 BACR15DX()M |
| TITANIUM COLUMBIUM  RECESSED DIAMOND | 53KSI | MS20426T 03A058 | NAS1097U | --- | --- | MS20470T 03A092 |
| INCONEL 600 | 51KSI | AN123601 THRU AN123750 | --- | --- | --- | AN123301 THRU AN123450 |
| CRES  RECESSED DASH | 55KSI | MS20427F | --- | --- | --- | MS20613()C |
| 347 CRES NO MARK | 65KSI | AN123451 THRU AN123600 | --- | --- | --- | AN123151 THRU AN123300 |
| A-286  RAISED DOT | 90KSI | AN123601 THRU AN123750 MS9460 NAS1199 | NAS1200 | AF184 | AF183 | AN123301 THRU MS9403 MS9403 NAS1198 BACR15DX |

FIG. 7. TABLA REMACHES DE ALTA RESISTENCIA Y RESISTENTES A LA TEMPERATURA

En relación a las nuevas aleaciones mostradas en las anteriores tablas, hay que destacar la 7050T73, esta aleación fue desarrollada ya en 1979 por "Alcoa" y la "US Air Force", con el objeto de obtener un remache con la resistencia del "DD", 2024T4, pero que se pudiese instalar sin necesidad de tratamiento térmico previo. Esta aleación tiene como base el cinc y el magnesio, proporcionando a los remaches con ella fabricados un límite de vida por fatiga superior al de la propia estructura de la aeronave y una resistencia al corte superior al remache de 2024T4, a estas ventajas se une el hecho de poder ser remachado sin tratamiento previo, teniendo como gran inconveniente su alto coste. Los remaches fabricados con esta aleación se identifican con la letra "E", en su P/N, y el marcado de su cabeza consiste en un pequeño anillo en relieve en el centro de la misma. Se uso de una manera muy extensa en el Boeing 767 y actualmente es usado por esta Compañía en lugar del 2024T4.

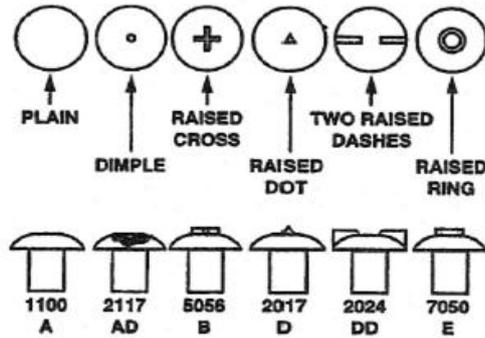
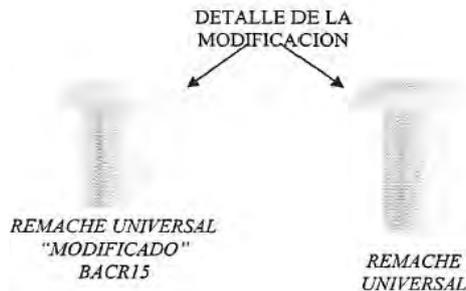


FIG. 8. REMACHES DE ALEACIÓN DE ALUMINIO

Las cabezas de los remaches sólidos también han sido objeto de mejoras durante los últimos años y como se indicaba al principio del apartado de manera especial en las referente a los remache planos.

En cuanto a los remaches de cabeza universal los nuevos desarrollos se han limitado a un diseño realizado por Boeing, con su remache de cabeza universal "modificada" (modified universal head), con el P/N "BACR15FT", como su nombre deja entrever tiene prácticamente los mismos parámetros que el remache de cabeza universal, con mejoras encaminadas a facilitar el proceso de instalación, al apoyar mejor y con mas superficie de contacto entre la buterola y la cabeza del remache, esto a su vez mejora las características del remache instalado al permitir que la energía del remachado se transmite más homogéneamente a la cabeza haciendo por tanto un forjado también más homogéneo.



Los remaches de cabeza plana han sido objeto de numerosos estudios de diseño con el fin de mejorar resistencia de la cabeza a los esfuerzos de tracción y apoyo que proporciona el remache estándar, MS20426, con avellanado de 100°, esta carencia de resistencia de las uniones con estos remaches frente a los de cabeza universal, está motivada tanto por los parámetros de la cabeza, como por los que son consecuencia del proceso de remachado propio de los mismos. La instalación de un remache de cabeza plana requiere la realización de un cajeadado o avellanado en la piel superior para que asiente la cabeza del remache esta acción disminuye la resistencia .de la piel, al desgarrar, por otro lado durante el remachado parte de la energía se pierde al estar" en contacto la buterola tanto con la cabeza del remache como con la piel a remachar, como se observa en el detalle "A" de la figura 9.

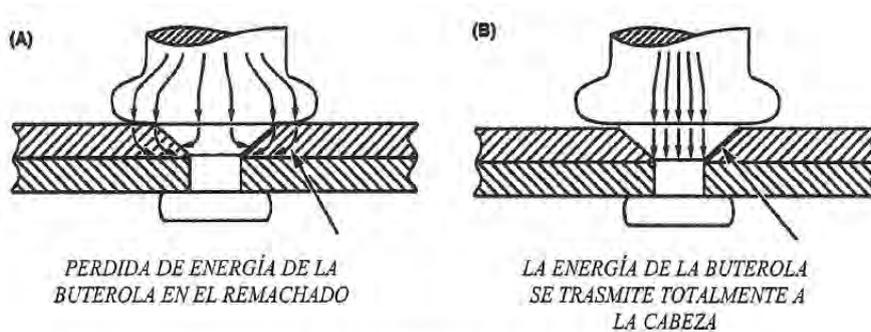


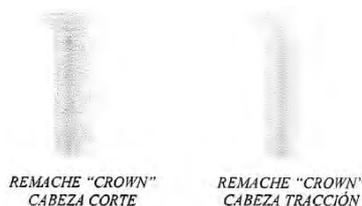
FIG. 9. TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA EN LOS REMACHES PLANOS.

Los desarrollos de los nuevos remaches han abordado la solución a los problemas intrínsecos del remachado plano con diseños de cabezas para su aplicación en uniones que trabajen principalmente a corte y cabezas para uniones donde los esfuerzos de tracción son los preponderantes además se han diseñado las cabezas ligeramente curvadas en su parte superior que permiten que la energía se transmita completamente a la cabeza del remache, detalle "B" de la figura 9., la "NACA" (National Advisory Commission for Aeronautics) en cambio a procedido a la solución del problema a través del propio método de remachado.

El remache NAS1097 está diseñado para la aplicación en uniones donde los esfuerzos de corte (shear stress) son los más preponderantes, su cabeza no presenta un perfil totalmente cónico, teniendo en su parte superior una estrecha zona cilíndrica. Esta cabeza permite que la buterola apoye completamente sobre su superficie, con lo que se consigue que se transmita la energía del remachado de una manera más homogénea a la cabeza del remache.



Alcoa ha diseñado los remaches planos "Crown", con el avellanado estándar de 100°, en versiones para trabajar a corte y para tracción, estos remaches tienen la parte superior de la cabeza redondeada, este diseño permite que durante el remachado, por un lado, que la buterola apoye solo en la cabeza, con los beneficios que esto conlleva, y por otro que la cabeza se expanda en el cajeado del avellanado rellenándolo y mejorando a su vez la expansión del cuerpo del remache dentro del orificio de remachado, figura 10.



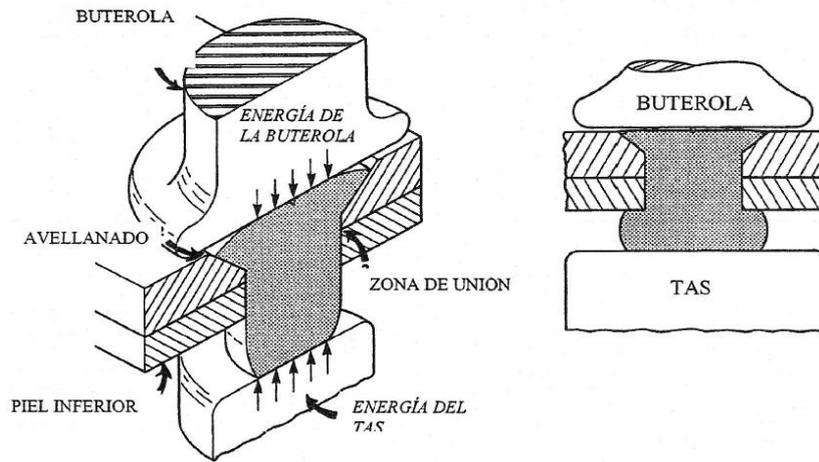


FIG. 10. PROCESO DE REMACHADO DE LOS REMACHES PLANOS "CROWN"

El fabricante de remaches estadounidense "ALLFAST", ha desarrollado un remache sólido de cabeza plana, el "ALL-TITE", similar al "Crown", con un diseño que aporta algunas mejoras o ventajas sobre estos y sobre el NAS1097, con cabezas para su aplicación en uniones que trabajen fundamentalmente a corte y para las que los esfuerzos de tracción sean los predominantes. En la figura 11., se puede ver la presentación que el fabricante hace del mismo y en su comparación con el NAS1097

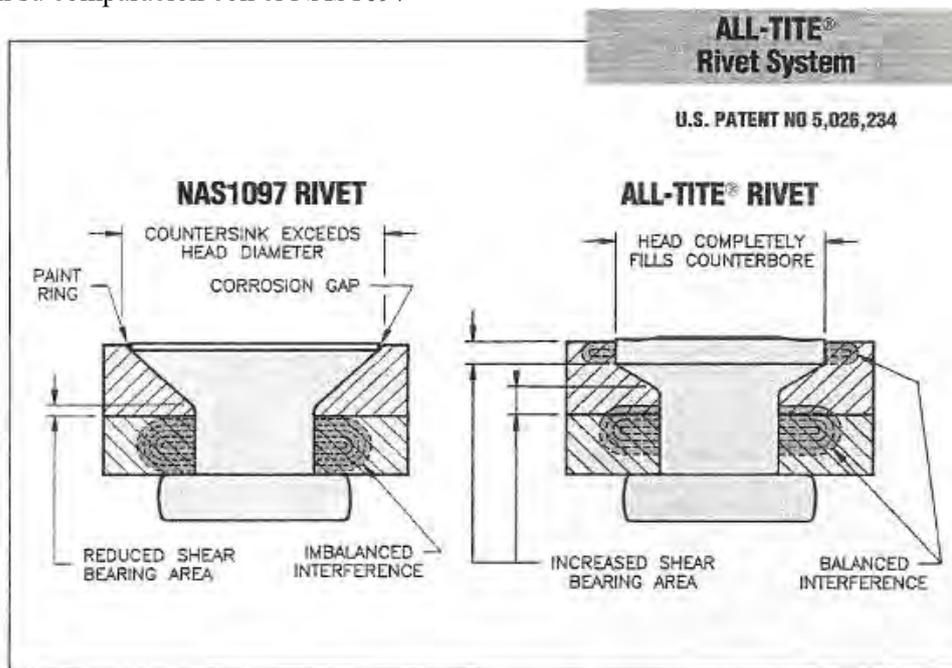
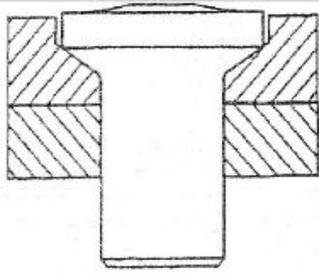


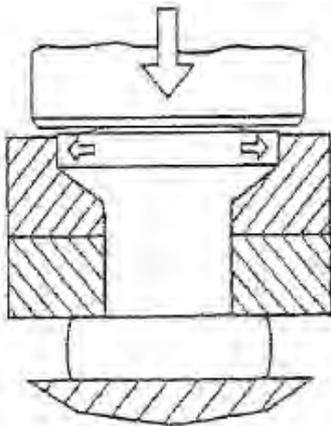
FIG. 11. REMACHE "ALL-TITE" DE ALLFAST.

El remache "ALL-TITE", como se puede desprender de la figura superior, requiere un avellanado por fresado, y como se indica en la figura 12., este tendrá un diámetro, en la parte cilíndrica ligeramente superior al de la cabeza del remache, con objeto de que por la acción del remachado, esta se expanda y rellene esta holgura obteniendo la máxima resistencia de este remache. El inconveniente que presenta este remache y que ya las figuras desvelan, es que solo se puede aplicar a uniones de pieles de cierto grosor, a partir de .050".

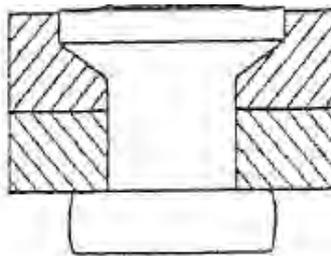


- *FRESADO DE LA PIEL SUPERIOR, CON AVELLANADO DE 120° Y CAJEADO CON DIAMETRO SUPERIOR AL NOMINAL DE LA CABEZA DEL REMACHE.*

FIG. 12. PROCESO DE REMACHADO DEL REMACHE "ALL-TITE".



- *REMACHADO, EXPANSIÓN RADIAL DE LA CABEZA RELLENANDO EL CAJEADO Y EXPANSIÓN DEL CUERPO DEL REMACHE DENTRO DEL ORIFICIO DE REMACHADO, CON ACCIÓN DE FORJADO EN FRÍO DEL REMACHE Y DEL AREA DE REMACHADO.*



- *REMACHE INSTALADO, SE REQUIERE SE PUEDE REALIZAR UN FRESADO O RASURADO DE LA SUPERFICIE PARA UN ACABADO TOTALMENTE LISO.*

FIG. 12. PROCESO DE REMACHADO DEL REMACHE "ALL-TITE".

Para remediar la pérdida de resistencia a la carga causada por el fresado para la instalación de remaches planos, la "NACA", **National Advisory Commission for Aeronautics**, ha desarrollado un método para el remachado en superficies que deben quedar perfectamente lisas y que se está adoptando por los distintos fabricantes de aeronaves.

En este método el ángulo de fresado es de 60° y 82° y los remaches no suelen tener cabeza de fábrica, remaches "slug", siendo la característica fundamental del remachado con este sistema, donde se rellena el cajeado del avellanado con el cuerpo del remache, realizando dos cabezas de taller. También se pueden usar remaches con cabeza de fábrica, este se instala con la cabeza en el interior de la estructura, manteniendo la característica de este remachado al realizar la cabeza de taller en el cajeado avellanado, figura 13. El proceso de remachado se finaliza con un fresado del exceso de material en la cabeza plana para conseguir que el acabado quede completamente liso.

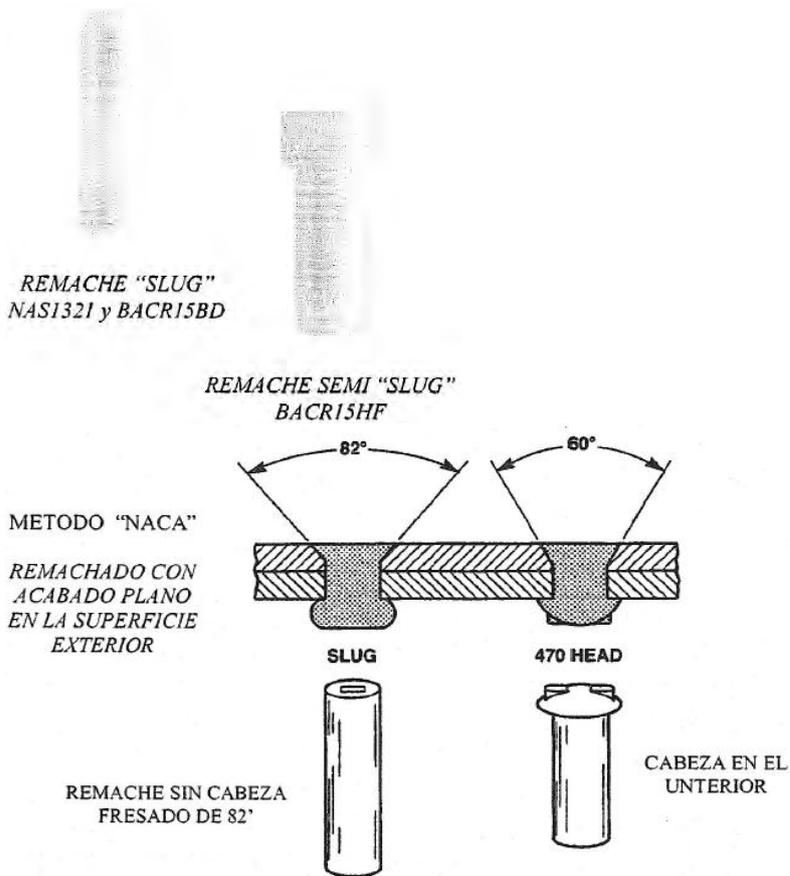
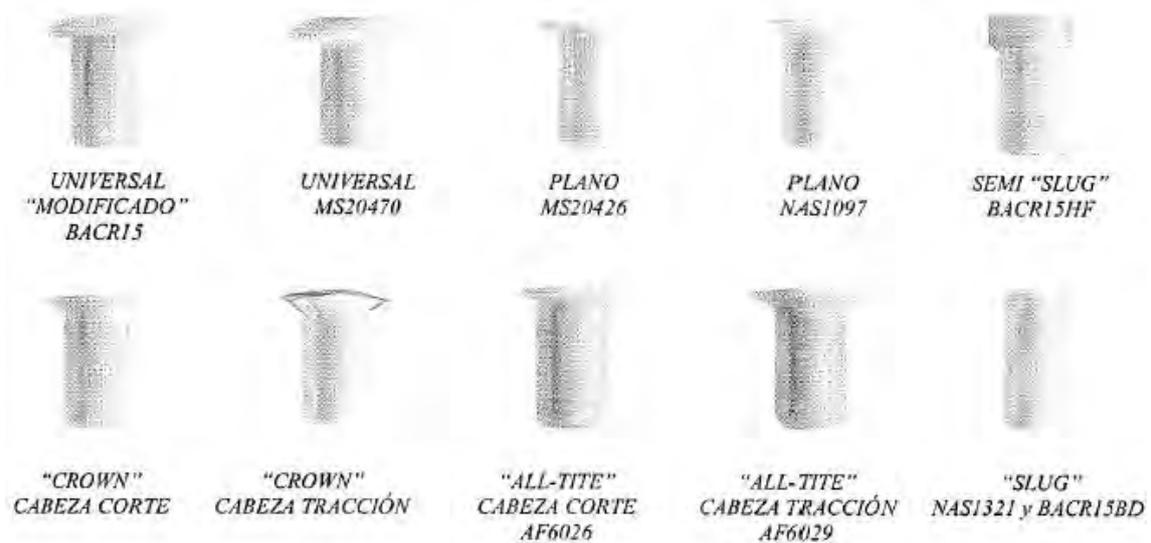


FIG. 13. SISTEMA DE REMACHADO "NACA"

Este método proporciona una resistencia muy superior al remachado con AN 426, como consecuencia del proceso de forjado que se realiza durante el remachado, llegando a tener la misma resistencia que un remache de cabeza universal.



2.1.3. PARÁMETROS DE LOS REMACHES SÓLIDOS.

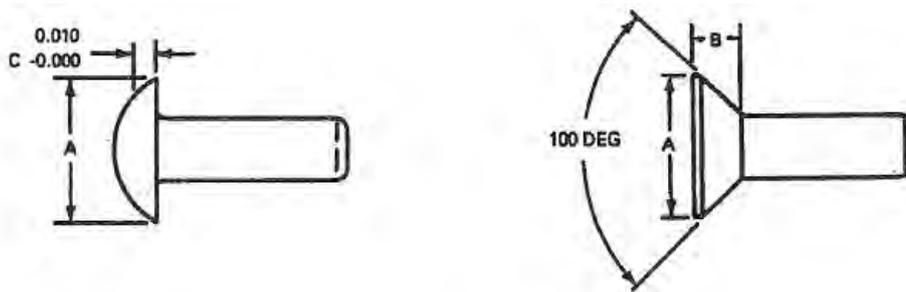
El objeto de este apartado es completar, con las siguientes tablas referentes a los distintos parámetros de los remaches, lo descrito en los apartados anteriores, de manera que se disponga de toda la información necesaria para determinar el remache más adecuado a cada necesidad.

En la siguiente tabla, correspondiente a la figura 14., se muestran los dos últimos dígitos del P/N de los remaches sólidos en base al diámetro del remache y la longitud del mismo según la norma "MS" y "AN", estos dígitos se conocen como DASH NÚMBERS y como ya se indicaba en la tabla que hacía referencia a las especificaciones americanas, el diámetro se designa en treintaidosavos (1/32") de pulgada y la longitud en dieciseisavos (1/16") de pulgada. Estos datos permitirán junto con las anteriores tablas, poder designar correctamente el P/N del remache según estas normas.

Como se puede observar al analizar la tabla de los DASH NUMBERS, hay una longitud mínima de remache para los diámetros superiores a 3/32" y la particularidad de unas longitudes determinadas para los diámetros de 1/16" y 3/32" que no se fabrican, las de 11/16" y 13/16", y las que aparecen indicadas solamente corresponden a los remaches MS20615, esto quiere decir que solo se fabrican en longitud 11 y 12, los remaches de monel y cobre.

| DIÁ- METRO | LONGITUD DEL REMACHE | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|------|-----|------|-----|------|----------|------|------|-------|------|-------|
| | 1/8 | 3/16 | 1/4 | 5/16 | 3/8 | 7/16 | 1 / 2 | 9/16 | 5/8 | 11/16 | 3/4 | 13/16 |
| 1/16 | 2-2 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 2-6 | 2-7 | 2-8 | 2-9 | 2-10 | -- | 2-12 | -- |
| 3/32 | 3-2 | 3-3 | 3-4 | 3-5 | 3-6 | 3-7 | 3-8 | 3-9 | 3-10 | -- | 3-12 | -- |
| 1/8 | | 4-3 | 4-4 | 4-5 | 4-6 | 4-7 | 4-8 | 4-9 | 4-10 | 4-11 | 4-12 | 4-13 |
| 5/32 | | | 5-4 | 5-5 | 5-6 | 5-7 | 5-8 | 5-9 | 5-10 | 5-11 | 5-12 | 5-13 |
| 3/16 | | | 6-4 | 6-5 | 6-6 | 6-7 | 6-8 | 6-9 | 6-10 | 6-11 | 6-12 | 6-13 |

FIG. 14. TABLA DE LOS DASH NUMBERS NORMAS "MS" Y "AN".



| DIA. REM. | CABEZA UNIVERSAL | | | | | | CABEZA EMBUTIDA | | | |
|--------------|------------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|-----------------|----------|----------------|----------|
| | MS20470 | | MS20613 | | MS20615 | | MS20426 | | MS20427 | |
| | A | C | A | C | A | C | A | B | A | B |
| 1/16 | .125 ± .006 | .02 7 | .125 ± .006 | .02 7 | .125 ± .006 | .02 7 | .114 ± .004 | .02 2 | .135 ± .004 | .03 2 |
| 3/32 | .187 ± .009 | .04 0 | .187 ± .009 | .04 0 | .187 ± .009 | | .179 ± .004 | .03 6 | .190 ± .004 | .04 2 |
| 1/8 | .250 ± .012 | .05 4 | .250 ± .012 | .05 4 | .250 ± .012 | | .225 ± .004 | .04 2 | .236 ± .004 | .04 8 |
| 5/32 | .312 ± .016 | .06 7 | .312 ± .016 | .06 7 | .312 ± .016 | | .286 ± .004 | .05 5 | .298 ± .004 | .06 1 |
| 3/16 | .375 ± .019 | .08 0 | .375 ± .019 | .08 0 | .375 ± .019 | | .353 ± .004 | .07 0 | .365 ± .004 | .07 5 |

FIG. 15. TAMAÑO DE LOS REMACHES NORMA "MS"

Para ir finalizando con las tablas referentes a los remaches sólidos, según las especificaciones americanas "MS", se expone la de la figura 15., que permitirá comprobar el tamaño de cada remache en función del diámetro. De esta tabla se puede destacar que el diámetro de la cabeza de los remaches universales es aproximadamente el doble del diámetro del " remache, " este parámetro puede ser muy útil cuando rí' se tiene mucha practica en el- manejo de remaches, pues si al observar una estructura remachada, no se identifica el diámetro del remache por el tamaño de su cabeza, a simple vista por falta de experiencia, bastara con medir esta con un calibre y dividir a la mitad el resultado para hallarlo.

Por último la tabla de la figura 16., se muestra la longitud de los remaches relacionados con su diámetro y el espesor exacto para cada longitud. Los espesores expuestos en cursiva corresponden a las medidas en milímetros. Cuando el espesor se encuentre entre dos medidas de la tabla, se escogerá el remache de mayor longitud. También se incluyen las tablas para intercambiar los parámetros en pulgadas y milímetros de los remaches.

Las tablas que se han expuesto en las anteriores figuras van a permitir seleccionar el remache que sea necesario en cada momento, sobre la base del espesor a remachar y al material de los elementos estructurales a ensamblar, también nos proporcionan información para determinar el P/N en la norma "MS" y su equivalencia con las otras normas de uso en las aeronaves más extendidas en la actualidad. En los siguientes párrafos se exponen las generalidades que complementaran las tablas anteriores para determinar la selección del remache adecuado a cada situación.

CABEZAS UNIVERSAL Y EMBUTIDA

| DIAMETROS | 3 (3/32) | 4 (1/8) | 5 (5/32) | 6 (3/16) |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| DASH NUMBER | GRIP | GRIP | GRIP | GRIP |
| -2 | -- | -- | -- | -- |
| -3 | .047" 1.19 mm | -- | -- | -- |
| -4 | .109" 2.76 mm | .062" 1.57 mm | .016" 0.40 mm | -- |
| -5 | .171" 4.34 mm | .124" 3.14 mm | .078" 1.98 mm | -- |
| -6 | .234" 5.94 mm | .187" 4.74 mm | .141" 3.58 mm | -- |
| -7 | .297" 7.36 mm | .250" 6.35 mm | .204" 5.18 mm | .063" 1.60 mm |
| -8 | .359" 9.12 mm | .312" 7.92 mm | .266" 6.75 mm | .125" 3.17 mm |
| -9 | .421" 10.69 mm | .374" 9.50 mm | .328" 8.33 mm | .187" 4.74 mm |
| -10 | .484" 12.29 mm | .437" 11.09 mm | .391" 9.93 mm | .250" 6.37 mm |

DIAMETROS

| /32 in | 2 (1/16) | 3 | 4 (1/8) | 5 | 6 (3/16) |
|--------|----------|-----|---------|---|----------|
| mm | 1.6 | 2.4 | 3.2 | 4 | 4.8 |

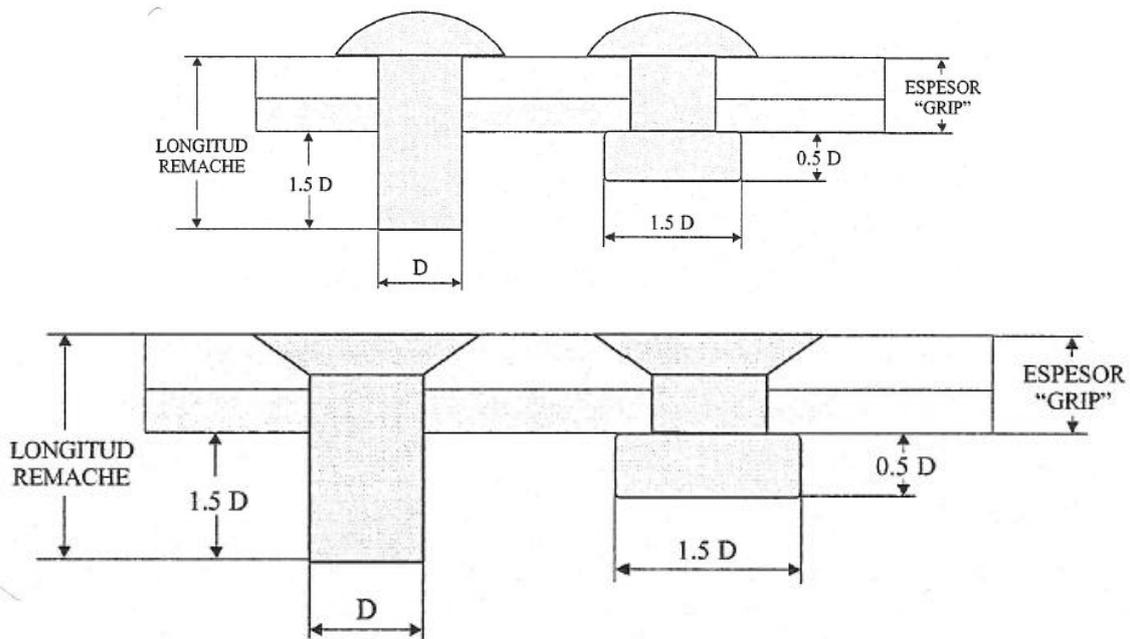
LONGITUDES

| /16 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| mm | 2 | 4 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 |

FIG. 16. TABLAS DE LONGITUD DEL REMACHE EN FUNCIÓN DEL ESPESOR TOTAL A REMACHAR.

Como caso general se debe instalar un remache de cabeza universal, es evidente que en situaciones en las que se necesite una 'superficie totalmente lisa, tanto por necesidad, aerodinámica o de montaje de otros elementos, se instalara un remache de cabeza plana, pero sólo en estos casos. El espesor de los elementos a remachar será el parámetro inicial que determinara el diámetro del remache; si es demasiado grueso, la fuerza que se necesitara para su remachado provocara un dilatación, grietas o deformación alrededor de la cabeza del remache, por el contrario si el diámetro es demasiado pequeño, no tendrá la suficiente resistencia al corte. Como regla general el diámetro del remache será al menos de dos veces y media a tres, el espesor de la piel original, en las reparaciones el diámetro podrá ser determinado en base al remache que originalmente estaba instalado.

La longitud del remache estará determinada por el espesor total a remachar, figura 9., y también por el diámetro del remache que se utilice. En la figura 17 se puede observar la regla general, que indica que la cantidad de remache que sobresale antes del remachado debe ser aproximadamente una vez y media el diámetro del remache. La cabeza formada durante el remachado debe tener un diámetro aproximado de una vez y media el diámetro y la mitad de este aproximadamente de espesor.



| DIAMETROS EN 1/32" | CABEZA REMACHADA (SHOP HEAD) ESTANDAR | | CABEZA REMACHADA (SHOP HEAD) DIA. MIN. ALT. MAX. | | CABEZA REMACHADA (SHOP HEAD) DIA. MAX. ALT. MIN. | |
|--------------------------|---|-------------------|---|-------------------|--|-------------------|
| | 1.5 D | 0.5 D | 1.33 D | 0.66 D | 1.66 D | 0.33 D |
| 3 | 0.141" 3.58 mm | 0.047" 1.19 mm | 0.122" 3.09 mm | 0.062" 1.57 mm | 0.157" 3.98 mm | 0.031" 0.78 mm |
| 4 | 0.188" 4.77 mm | 0.063" 1.60 mm | 0.163" 4.14 mm | 0.083" 2.10 mm | 0.208" 5.28 mm | 0.042" 1.06 mm |
| 5 | 0.234" 5.94 mm | 0.078" 1.89 mm | 0.203" 5.15 mm | 0.104" 2.64 mm | 0.260" 6.60 mm | 0.052" 1.32 mm |
| 6 | 0.281" 7.13 mm | 0.094" 2.38 mm | 0.245" 6.22 mm | 0.125" 3.17 mm | 0.312" 7.92 mm | 0.063" 1.60 mm |

FIG. 17 DETERMINACION DE LA LONGITUD DEL REMACHE PARÁMETROS ESTANDARD.

2.1.4. TABLAS DE IDENTIFICACIÓN DE LOS REMACHES SÓLIDOS EUROPEOS.

Los grandes consorcios aeronáuticos europeos, AIRBUS, en aviones de pasajeros y EUROCOPTER, en helicópteros, están cada día aumentando su cota en el mercado mundial. Por tanto y aunque a lo largo de los distintos apartados anteriores, se ha ido indicando que los remaches aeronáuticos están estandarizados y por tanto cumplen con los mismos parámetros y son intercambiables, es interesante mostrar las tablas con el marcado estandarizado de los remaches sólidos de fabricación europea.

En este apartado se van a mostrar las tablas referentes a los remaches sólidos que se están instalando en la mayoría de las aeronaves construidas en Europa, limitándolas a los detalles del marcado de las cabezas con su aleación correspondiente.

| MARCADO | IDENTIFICACION Por marcado - Por color | MATERIA | OBSERVACIONES |
|---|---|---------|--|
|  | - Marcado en relieve - Sin color de identificación | A-G5 | |
|  | - Marcado en relieve - Sin color de identificación | A-U2G | |
|  | - Marcado y punto en relieve - Sin color de identificación | A-U4G1 | |
|  | - Sin marcado - Identificado por el color rojo | A-5 | Esta identificación por color rojo es obligatoria para los remaches de aluminio a fin de evitar cualquier confusión con los remaches de cabeza fresada 100° de AU-4G |
|  | - Marcado en relieve - Identificado por color verde | A-G5MC | |
|  | - Marcado en hueco - Identificado por color violeta | A-U2G | |

FIG.18. REMACHES DE ALEACIÓN DE ALUMINIO.

| MARCADO | IDENTIFICACION Por marcado - Por color | MATERIA | OBSERVACIONES |
|---|---|--------------|---------------|
|  | - Marcado en hueco - Sin color de identificación | XC10 XC12 | |
|  | - Marcado en hueco - Sin color de identificación | XC10 XC12 | |

FIG. 19. REMACHES DE ACERO CADMIADO.

| | | | |
|---|--|-----------|--|
|  | - Marcado por dos arcos en relieve opuestos exteriormente al diámetro nominal del remache - Sin color de identificación | Z3CN18-10 | |
|  | - Marcado por tres arcos equidistantes en relieve exteriormente al diámetro nominal del remache - Sin color de identificación | Z6NCT25 | |
|  | - Marcado en hueco - Identificado por color amarillo limón | Z2CN18-10 | |
|  | - Marcado en relieve - Sin color de identificación | Z6NCT25 | |

FIG. 20. REMACHES DE ACERO INOX. UTILIZABLES HASTA 700° C.

| MARCADO | IDENTIFICACION Por marcado - Por color | MATERIA | OBSERVACIONES |
|---|--|---------|---------------|
|  | - Marcado en relieve por dos puntos diametralmente opuestos - Sin color de identificación | N-U30 | |
|  | - Marcado en relieve - Identificado por color azul claro | N-U30 | |

FIG. 21. REMACHES DE ALEACIÓN DE NIQUEL UTILIZABLES HASTA 450° C.

| MARCADO | IDENTIFICACION Por marcado - Por color | MATERIA | OBSERVACIONES |
|---|--|---------|--|
|  | - Marcado en relieve en tres puntos en triángulo exteriormente al diámetro nominal del remache | N-C15F8 | |
|  | - Marcado en hueco - Sin color de identificación | N-C20T | |
|  | - Marcado en relieve - Sin color de identificación | N-C15Fe | Dado que los remaches de N-15Fe son utilizables solo en Francia, éstos no son objeto de un marcado ISO |

FIG. 22. REMACHES DE ALEACIÓN DE NIQUEL UTILIZABLES HASTA 700° C

| | | | |
|---|---|-----|--|
|  | - Marcado en relieve - Sin color de identificación | T40 | |
|---|---|-----|--|

FIG. 23. REMACHES DE TITANIO

| TIPO DE ALEACION | DESIGNACIÓN NUMÉRICA | DESIGNACIÓN ANTIGUA | FORMAS DE LOS PRODUCTOS | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| ALUMINIO | 1050A | A5 | * | | | | | | | | |
| ALEACIÓN DE ALUMINIO CON BASE COBRE | 2014 | A-U4SG | * | | | | * | * | * | | |
| | 2014P1 | A-U4SG/A5 | * | | | | | | | | |
| | 2017A | A-U4G | * | | | * | * | * | * | | |
| | 2017AP1 | A-U4G/A5 | * | | | | | | | | |
| | 2024 | A-UG1 | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | 2024P1 | A-U4G1/A5 | * | | * | | | | | | |
| | 2618A | A-U2GN | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| | 2618AP1 | A-U2GN/AZ1 | * | | | | | | | | |
| AL. ALUMINIO BASE MAGNE. | 2214 | A-U4SG | | * | | | | | | | |
| | 5086 | A-G4MC | * | * | | * | | * | * | * | * |
| AL. ALUMINIO BASE MAGNESIO SILICIO | 5754 | A-G3M | * | | | * | | * | * | * | |
| | 6061 | A-GSUC | | | | * | | | | | |
| | 6081 | A-SGM03 | * | | | | | | | | |
| AL. ALUMINIO BASE ZINC | 6082 | A-SGM07 | | | | | * | * | * | | |
| | 7075 | A-Z5GU | * | * | | * | * | * | * | * | * |
| | 7075P1 | A-Z5GU/A-Z1 | * | * | * | | | | | | |
| | 7175 | | | | | | | | | | * |
| | 7020 | A-Z5G | * | * | | | | | | | |
| | 7050 | | | * | | | | | | | |
| | 7475 | | * | * | | | | | | | |

FIG. 24. ALEACIONES DE ALUMINIO.

FORMAS DE LOS PRODUCTOS.

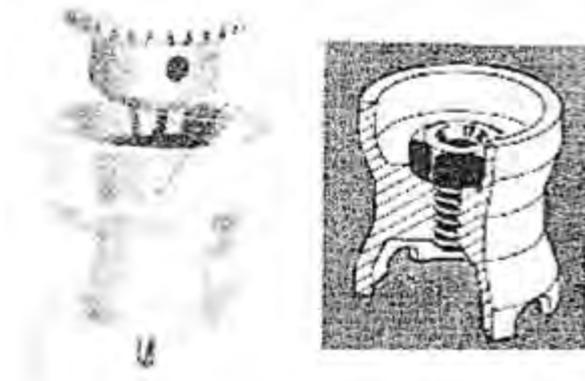
- 1- CHAPAS DELGADAS Y BANDAS.
- 2- CHAPAS GRUESAS.
- 3- CHAPAS USO ESPECIAL.
- 4- TUBOS.
- 5- PERFILES EXTRUIDOS.
- 6- BARRAS ESTIRADAS.
- 7- BARRAS EXTRUIDAS.

8- BARRAS FORJADAS

2.2. REMACHADO.

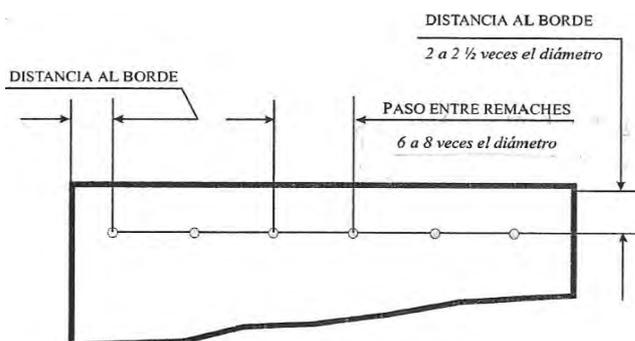
Como paso previo a la descripción de los procedimientos para la instalación de los remaches sólidos y para su extracción o desremachado, es importante indicar los procedimientos o pasos para la realización de los taladros u orificios para la instalación de los remaches, siendo este paso fundamental en la calidad final del remachado.

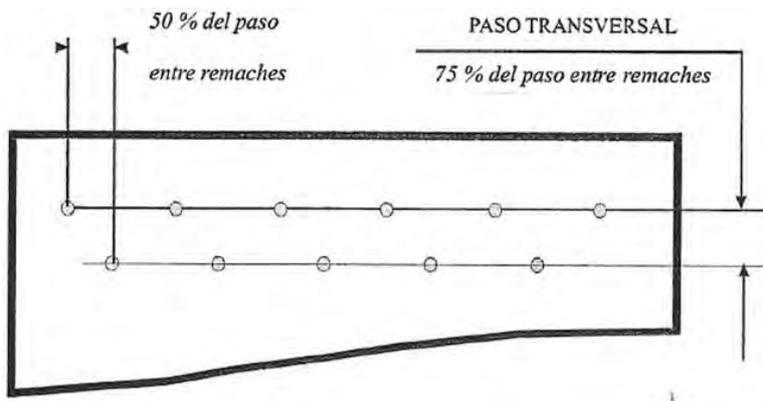
La calidad de un buen remachado, comienza con un buen taladrado, este paso es muy importante ya que si el orificio es pequeño, se puede dañar la capa de protección, cadmiado o pasivado, que recubre al remache, cuando es introducido a través de él, si por el contrario es grande, el remache no lo rellenara bien cuando se realice el remachado y posiblemente se doble o remache mal. Otro aspecto muy importante a tener también en cuenta durante el taladrado, es que este se realice perpendicularmente a la superficie de la pieza, con el fin a su vez de que el remache entre también perpendicular y completamente centrado, cuando sea necesario asegurar esta perpendicularidad, por la importancia del trabajo, se utilizan guías para la broca que lo garantizan. Estos aspectos se deben tener en cuenta cuando se quita un remache, para poder volver a instalarlo adecuadamente sin necesidad de instalar uno de mediada superior.



2.2.1. PARÁMETROS DE REMACHADO.

Para comenzar con los pasos previos al remachado y aunque se volverá a profundizar en ello en el capítulo correspondiente a los procesos de reparación de elementos metálicos, se expondrán las tablas y figuras relativas a las distintas distancias entre remaches (figura 25.), denominadas como parámetros de remachado o parámetros de taladrado. Estas distancias que se deben tener en cuenta para la distribución y colocación de los remaches son: la **distancia al borde** de la piel o **edge distance**, que es la distancia que hay desde el centro del remache a, los bordes adyacentes" y que permitirá marcar las filas de remaches de los bordes; el **paso entre remaches** o **rivet pitch**, que determina la distancia entre centros de dos remaches consecutivos dentro de la misma fila y por último la **distancia entre filas** de remaches o **transverse pitch**, esta es la separación que hay entre filas de remaches medida perpendicularmente.





Estos parámetros están basados, como casi todos los utilizados para el remachado o las reparaciones estructurales, en el diámetro del remache. En la figura 25. se muestran, los parámetros estándar que se usan como norma general. La distancia al borde estará comprendida entre 2 y 2 *s veces el diámetro del remache, esta distancia permitirá acercar al remache al borde de manera que el espesor de los elementos a remachar puedan soportar el esfuerzo del proceso de remachado así como la correcta distribución de los esfuerzos entre remaches y los elementos estructurales remachados, siempre que se pueda se debe utilizar la distancia a $2^{1/2}$ el diámetro, en la tabla de la figura 26 se muestra la distancia mínima que se podría utilizar en caso de no disponer de material suficiente para usar el parámetro estándar, como se puede observar a mayor espesor menor distancia, el espesor que se debe aplicar para usar esta tabla será el del menor de los elementos a remachar. La máxima distancia al borde nunca será superior a 4 veces el diámetro, una distancia superior podría encrespar los bordes hacia arriba

El paso entre remaches estará comprendido entre 6 y 8 veces el diámetro del remache que se va a instalar y nunca inferior a 3, en reparaciones o ensamblajes de elementos no sometidos a esfuerzos, se debe emplear la mayor separación entre remaches, lo más próximo a 8 veces el diámetro del remache, en todo caso el paso máximo nunca superara a 24 veces el espesor de la piel superior a remachar.

Por último la distancia entre filas debe estar a un 75% del paso entre... remaches establecido, al aplicar este parámetro la distribución de los remaches se hará colocándolos al tresbolillo, la distancia entre filas nunca debe superar a la del paso entre remaches ni podrá ser inferior a dos veces el diámetro del remache.

Medidas en pulgadas.

| DIÁMETRO ESPESOR | CABEZA UNIVERSAL | | | | CABEZA PLANA | | | |
|---------------------|------------------|------|------|------|--------------|------|------|------|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| .020 | .156 | .218 | .265 | -- | .187 | .281 | .328 | -- |
| .025 | .156 | .218 | .265 | .328 | .187 | .281 | .328 | .390 |
| .032 | .140 | .218 | .265 | .328 | .171 | .281 | .328 | .390 |
| .040 | .125 | .187 | .234 | .328 | .156 | .250 | .328 | .390 |
| .050 | .109 | .156 | .203 | .312 | .140 | .218 | .296 | .375 |
| .064 | -- | .140 | .187 | .265 | -- | .203 | .265 | .328 |
| .072 | -- | .140 | .171 | .250 | -- | .203 | .250 | .312 |

FIG. 26. DISTANCIA MÍNIMA AL BORDE EN ALEACIONES DE ALUMINIO

Las ventajas de colocar los remaches al tresbolillo, es que reducen el fallo del remache a lo largo de la veta metálica de la estructura, los colocados en filas al lado uno de otro tienen una mayor tendencia a este tipo de fallo. En los remaches de cabeza plana se debe tender a utilizar la distancia mayor de esta regla común.

2.2.2. PREPARACIÓN DEL ORIFICO DE REMACHADO.

El primer paso en la realización del orificio de remachado es la selección de la broca adecuada en la tabla de la figura 27. se muestran los distintos diámetros de remaches y las brocas que se deben usar, expresados en fracciones de pulgadas y en "size". Esta tabla consta de tres columnas que corresponden al diámetro del remache, al del taladrado previo (pilot size) y al final o de escariado o ajuste (ream size).

| DIAMETRO REMACHE | TALADRO PREVIO (PILOT SIZE) | TALADRO FINAL (REAM SIZE) |
|------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 3/32 | 3/32 (.0937) | 40 (.098) |
| 1/8 | 1/8 (.125) | 30 (.1285) |
| 5/32 | 5/32 (.1562) | 21 (.159) |
| 3/16 | 3/16 (.1875) | 11 (.191) |

FIG. 27. CUADRO DE RELACIÓN ENTRE DIAMETROS DE REMACHES Y BROCAS DE TALADRADO

Cuando se realiza un trabajo de ensamblado de elementos estructurales delicado o una reparación importante o se están taladrando piezas vitales, se deben, realizar todos los taladros iniciales con una broca del tamaño previo y después de esto taladrar finalmente con el tamaño de ajuste en realidad y con la excepción de estos casos, normalmente se trabaja directamente con brocas de los tamaños de ajuste o escariado, que son de un tamaño ligeramente superior al del diámetro del remache, las medidas de las brocas de la tabla 27, están identificados con el sistema "wire gauge size" y "letter size", que utiliza dígitos y letras para identificar cada medida, siendo los tamaños de este sistema los más adecuados para el taladrado de remaches.

En la tabla de la página siguiente, 26, donde figuran los diámetros de brocas en "milímetros", "fracciones de pulgada" y en "letter size", con su valor correspondiente en diezmilésimas de pulgada, se puede comprobar que este sistema, en negrita y cursiva, tiene un número de diámetros muy escalonado, en sombreado se pueden observar los diámetros de los remaches y el de la broca de taladrado final, comprobando que esta es mayor que el diámetro nominal del remache.

En el mercado europeo se encuentran brocas en décimas de milímetro y en fracciones de pulgada, pero difícilmente en el sistema "letter size", siendo necesario su importación del mercado estadounidense. Observando la tabla 27 se puede comprobar que con estas brocas nos separamos de los diámetros ideales para la instalación de los remaches aeronáuticos.,

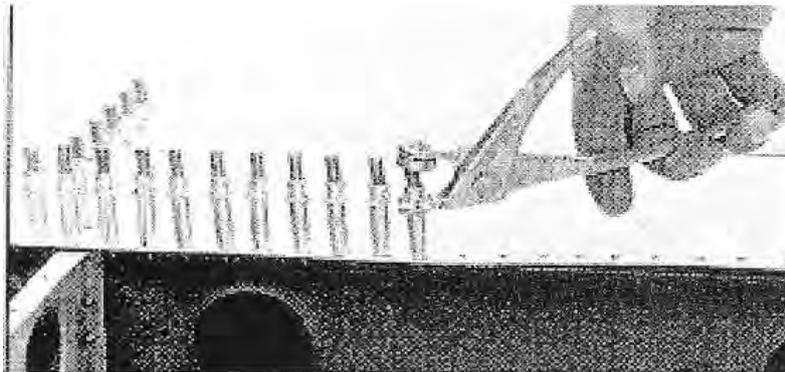
| SIZE | Pulgadas | SIZE | Pulgadas | SIZE | Pulgadas | SIZE | Pulgadas | SIZE | Pulgadas |
|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 97 | .0059 | 62 | .0380 | 37 | .1040 | 10 | .1935 | 7.6mm | .2992 |
| .15mm | .0059 | 61 | .0390 | 2.7mm | .1063 | 9 | .1960 | N | .3020 |
| 96 | .0063 | 1mm | .0384 | 36 | .1065 | 5mm | .1969 | 7.7mm | .3031 |
| .16mm | .0063 | 60 | .0400 | 2.75mm | .1083 | 8 | .1990 | 7.75mm | .3051 |
| 95 | .0067 | 59 | .0410 | 7/64 | .1094 | 5.1mm | .2008 | 7.8mm | .3071 |
| .17mm | .0067 | 1.05mm | .0413 | 35 | .1100 | 7 | .2010 | 7.9mm | .3110 |
| 94 | .0071 | 58 | .0420 | 2.8mm | .1102 | 13/64 | .2031 | 5/16 | .3125 |
| .18mm | .0071 | 57 | .0430 | 34 | .1110 | 6 | .2040 | 8mm | .3150 |
| 93 | .0075 | 1.1mm | .0433 | 33 | .1130 | 5.2mm | .2047 | O | .3160 |
| .19mm | .0075 | 1.15mm | .0453 | 2.9mm | .1142 | 5 | .2055 | 8.1mm | .3189 |
| 92 | .0079 | 56 | .0465 | 32 | .1160 | 5.25mm | .2067 | 8.2mm | .3228 |
| .2mm | .0079 | 3/64 | .0469 | 3mm | .1181 | 5.3mm | .2087 | P | .3230 |
| 91 | .0083 | 1.2mm | .0472 | 31 | .1200 | 4 | .2090 | 8.25mm | .3248 |
| .20mm | .0083 | 1.25mm | .0492 | 3.1mm | .1220 | 5.4mm | .2126 | 8.3mm | .3268 |
| 90 | .0087 | 1.3mm | .0512 | 1/8 | .1250 | 3 | .2130 | 21/64 | .3281 |
| .22mm | .0091 | 55 | .0520 | 3.2mm | .1260 | 5.5mm | .2165 | 8.4mm | .3307 |
| 89 | .0095 | 1.35mm | .0531 | 3.25mm | .1280 | 7/32 | .2188 | Q | .3320 |
| .25mm | .0098 | 54 | .0550 | 30 | .1285 | 5.6mm | .2205 | 8.5mm | .3346 |
| 88 | .0100 | 1.4mm | .0551 | 3.3mm | .1299 | 2 | .2210 | 8.6mm | .3386 |
| .27mm | .0105 | 1.45mm | .0571 | 3.4mm | .1339 | 5.7mm | .2244 | R | .3390 |
| 86 | .0110 | 1.5mm | .0591 | 3.5mm | .1360 | 5.75mm | .2264 | 8.7mm | .3425 |
| .28mm | .0110 | 53 | .0595 | 29 | .1378 | 1 | .2280 | 11/32 | .3438 |
| 84 | .0115 | 1.55mm | .0610 | 3.6mm | .1405 | 5.8mm | .2283 | 8.75mm | .3445 |
| .3mm | .0118 | 1/16 | .0625 | 28 | .1406 | 5.9mm | .2323 | 8.8mm | .3465 |
| 83 | .0120 | 1.6mm | .0630 | 9/64 | .1417 | A | .2340 | S | .3480 |
| .32mm | .0125 | 52 | .0635 | 3.6mm | .1440 | 15/64 | .2344 | 8.9mm | .3504 |
| 82 | .0126 | 1.65mm | .0650 | 27 | .1457 | 6mm | .2362 | 9mm | .3543 |
| .32mm | .0130 | 1.7mm | .0669 | 3.7mm | .1470 | B | .2380 | T | .3580 |
| 81 | .0135 | 1.75mm | .0670 | 3.75mm | .1476 | 6.1mm | .2402 | 9.1mm | .3583 |
| .35mm | .0138 | 51 | .0689 | 3.75mm | .1495 | C | .2420 | 23/64 | .3594 |
| 80 | .0145 | 1.75mm | .0700 | 25 | .1496 | 6.2mm | .2441 | 9.2mm | .3622 |
| .35mm | .0156 | 1.8mm | .0709 | 3.8mm | .1520 | D | .2460 | 9.25mm | .3642 |
| 1/64 | .0157 | 1.85mm | .0728 | 24 | .1535 | 6.25mm | .2461 | 9.3mm | .3661 |
| .4mm | .0160 | 49 | .0730 | 3.9mm | .1540 | 6.3mm | .2480 | U | .3680 |
| 78 | .0177 | 1.9mm | .0748 | 23 | .1562 | 6.4mm | .2500 | 9.4mm | .3701 |
| .4mm | .0180 | 48 | .0760 | 5/32 | .1570 | E | .2500 | 9.5mm | .3740 |
| 77 | .0197 | 1.95mm | .0781 | 22 | .1575 | 6.4mm | .2520 | 3/8 | .3750 |
| .5mm | .0200 | 5/64 | .0785 | 4mm | .1590 | 6.5mm | .2559 | V | .3780 |
| 76 | .0210 | 47 | .0785 | 21 | .1610 | 6.6mm | .2570 | 9.6mm | .3819 |
| .55mm | .0217 | 2mm | .0807 | 20 | .1614 | 6.7mm | .2598 | 9.7mm | .3839 |
| 75 | .0225 | 2.05mm | .0810 | 4.1mm | .1654 | G | .2610 | 9.75mm | .3858 |
| .55mm | .0236 | 46 | .0820 | 4.2mm | .1660 | 6.8mm | .2638 | 9.8mm | .3860 |
| .6mm | .0240 | 45 | .0827 | 19 | .1673 | 17/64 | .2656 | W | .3898 |
| 73 | .0245 | 2.1mm | .0827 | 4.25mm | .1693 | 6.75mm | .2657 | 9.9mm | .3906 |
| .72 | .0256 | 2.15mm | .0846 | 4.3mm | .1695 | H | .2660 | 25/64 | .3937 |
| .65mm | .0260 | 44 | .0860 | 18 | .1719 | 6.9mm | .2677 | 10mm | .3970 |
| 71 | .0276 | 2.2mm | .0866 | 11/64 | .1730 | 6.9mm | .2717 | X | .4040 |
| .7mm | .0280 | 2.25mm | .0886 | 17 | .1732 | I | .2720 | Y | .4062 |
| 70 | .0292 | 2.3mm | .0890 | 4.4mm | .1770 | 7mm | .2756 | 13/32 | .4130 |
| .69 | .0295 | 43 | .0906 | 16 | .1772 | J | .2770 | Z | .4134 |
| .75mm | .0310 | 2.35mm | .0925 | 4.5mm | .1800 | 7.1mm | .2795 | 10.5mm | .4219 |
| 68 | .0312 | 42 | .0935 | 15 | .1811 | K | .2810 | 27/64 | .4331 |
| 1/32 | .0315 | 3/32 | .0938 | 4.6mm | .1820 | 9/32 | .2812 | 11mm | .4375 |
| .8mm | .0320 | 2.4mm | .0945 | 14 | .1850 | 7.2mm | .2835 | 7/16 | .4528 |
| 67 | .0330 | 41 | .0960 | 13 | .1850 | 7.25mm | .2054 | 11.5mm | .4531 |
| .85mm | .0335 | 2.45mm | .0965 | 4.7mm | .1870 | 7.3mm | .2874 | 29/64 | .4688 |
| 66 | .0350 | 2.5mm | .0980 | 4.75mm | .1875 | L | .2900 | 15/32 | .4724 |
| .85mm | .0354 | 40 | .0984 | 3/16 | .1890 | 7.4mm | .2913 | 12mm | .4844 |
| 65 | .0360 | 2.5mm | .0995 | 4.8mm | .1890 | | .2950 | | |
| .9mm | .0370 | 39 | .1015 | 12 | .1910 | M | .2953 | 31/64 | .4921 |
| 64 | .0374 | 38 | .1024 | 11 | .1929 | 7.5mm | .2969 | 12.5mm | .5000 |
| .95mm | | 2.6mm | | 4.9mm | | 19/64 | | 1/2 | |

FIG. 28. TABLA DE EQUIVALENCIAS ENTRE TAMAÑO DE BROCAS Y DECIMALES DE PULGADA

Antes de finalizar este apartado dedicado a la preparación del orificio de remachado, es necesario recordar que cuando se va realizar el proceso de remachado de un elemento estructural, tanto por ser nuevo o como en la reposición de remaches, que por cualquier circunstancia se han tenido que quitar, los orificios deben estar limpios de virutas y suciedad, y las piezas deben coincidir en la posición correcta y deben mantenerse así durante todo el remachado. Para conseguir que las piezas no se muevan durante el remachado y coincidan en la posición deseada, se utilizarán unas pinzas especiales llamadas "clecos", que tienen los mismos diámetros de cada remache y que introducidas por los orificios de estos, nos sujetarán e

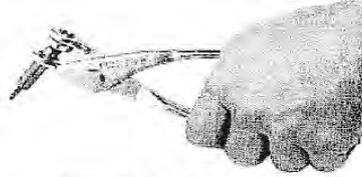
inmovilizaran las piezas a remachar. Este sistema de sujeción se utiliza también durante la fase de taladrado, colocando un cleco en cada orificio realizado o en orificios alternos, evitando que las piezas se desplacen entre si.

Existen clecos de distintas longitudes y con dos sistemas básicos de accionar el anclaje, los mas usados se manejan con unos alicates y es un muelle interno el que hace que las uñas de las pinzas se ajustan al exterior del orificio, y se anclan al deslizarse la lengüeta interna entre las uñas, el otro se realiza mediante el atornillado con una tuerca hexagonal o de palomilla que sustituye la acción del muelle, estos clecos de tuerca se suelen usar cuando se quiere fijar de una manera mas consistente las piezas que se van a remachar o taladrar, ya que la presión que se consigue con la tuerca es muy superior a la del muelle. Para ambos tipos de clecos hay también herramientas neumáticas que facilitan el montaje de los mismos, cuando el número necesario de clecos es alto.





COLOCACIÓN DE CLECOS DE MUELLE CON HERRAMIENTA NEUMÁTICA



COLOCACIÓN DE CLECOS DE MUELLE CON ALICATE.



CLECO ESTANDAR CAP. 0-1/4"



CLECO CORTO CAP. 0-1/4"



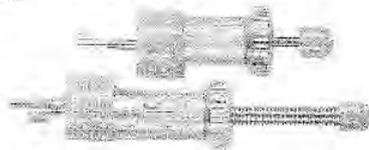
CLECO ESTANDAR CAP. 0-1/2"



CLECO ESTANDAR CAP. 1/4"-1/2"



CLECOS DE TUERCA

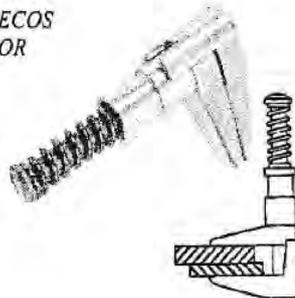


MINI-GATO DE GARGANTA PROFUNDA

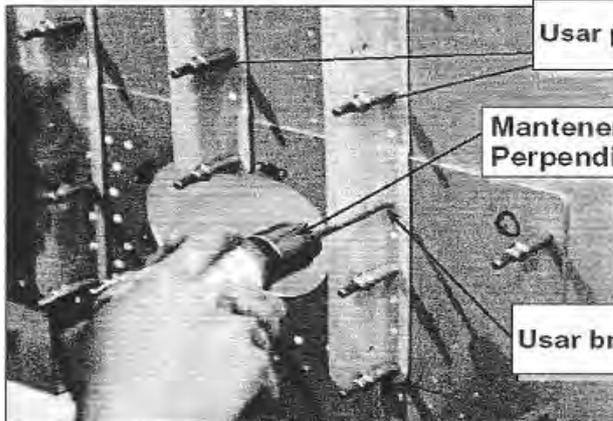


MINI-GATOS CLECOS ACCIONADOS POR MUELLE.

SE POSICIONAN CON LOS ALICATES PARA CLECOS



En las siguientes figuras se resumen los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta durante las operaciones de taladrado.

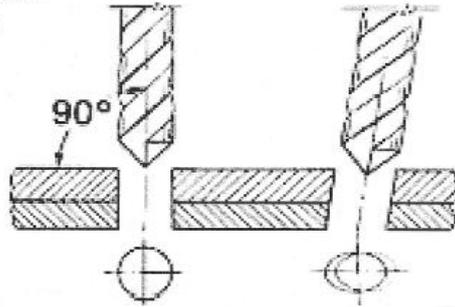


Usar pinzas de premontaje

Mantener el taladro Perpendicular al agujero

Usar broca adecuada

Realizar el taladrado perpendicular a la pieza



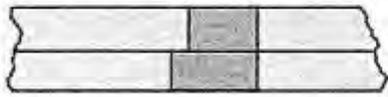
Chapas no alineadas - No se usan pinzas de premontaje/ o remaches temporales TAC



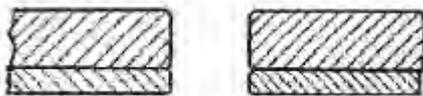
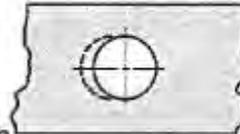
Agujero taladrado correctamente



Agujeros sin alinear



Agujero Re-taladrado creando una sobremedida
Agujero "Ovallizado" en la cara trasera/Ciega



Mal



Quitar las virutas

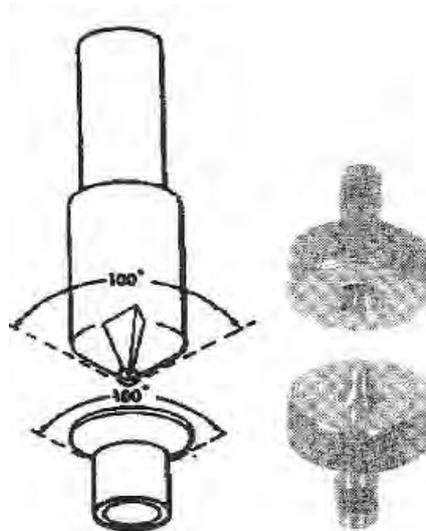


Bien



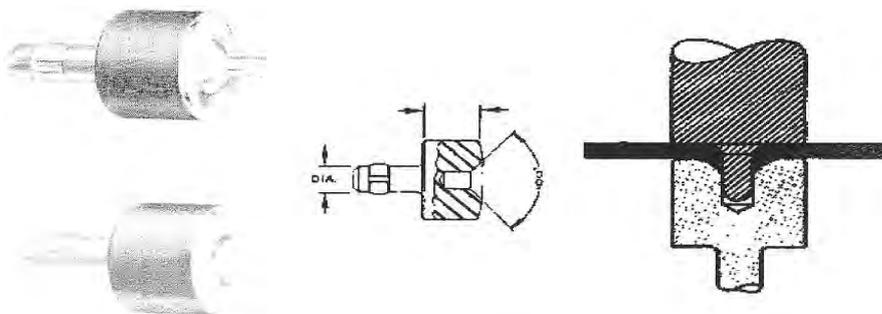
Quitar la rebaba

Cuando se realiza el escariado o eliminación de las rebabas, hay que tener cuidado de eliminar solo las rebabas y no recantear los bordes ya que esto puede afectar la resistencia de la unión remachada.

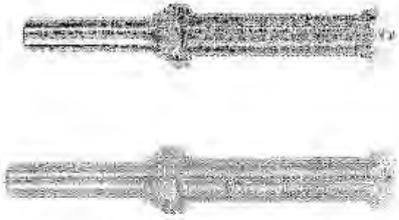


Dentro de los pasos previos al remachado y como continuación a los párrafos anteriores dedicados al taladrado, es necesario indicar los procedimientos que se deben emplear para la instalación de los remaches planos. La necesidad de superficies más suaves en los aviones de alta velocidad hizo que se experimentara con remaches planos de distintos ángulos de embutido, 78° y 90° para los de gran velocidad y de 110° para los cazas de alta velocidad, obteniendo como resultado la adaptación como estándar del remache plano embutido con ángulo de 100°.

Para la instalación de estos remaches, es necesario efectuar a las pieles a remachar un avellanado o fresado, **well** o **nest**, para conseguir que la cabeza asiente en él y quede completamente plano, este procedimiento se puede realizar fresando la piel externa, **countersinking**, o por estampación, **dimpling**. En el caso del fresado, la pérdida de material provoca que en la zona alrededor de la cabeza se produce un debilitamiento, para compensar esta pérdida de resistencia los fabricantes de aeronaves deben instalar un mayor número de remaches con el fin de aumentar la resistencia al corte y a la carga en la unión de estos elementos.



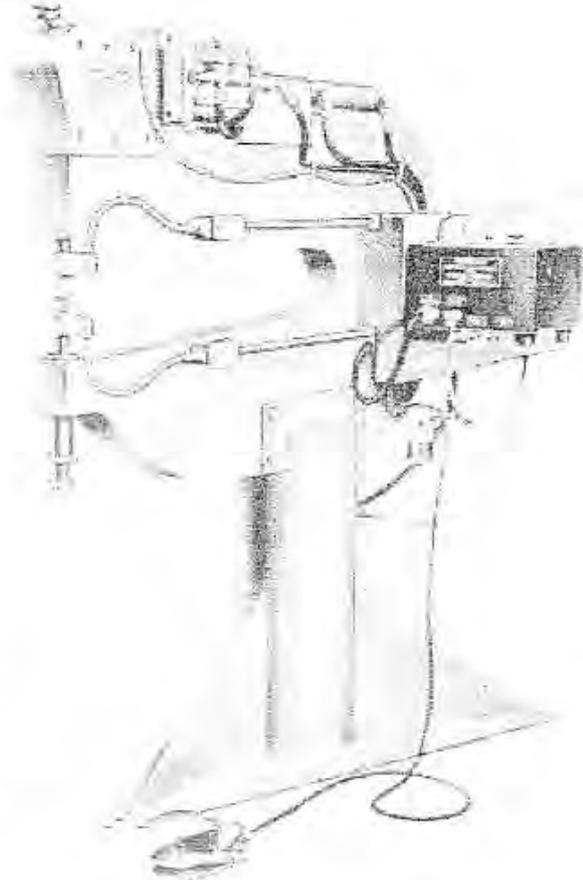
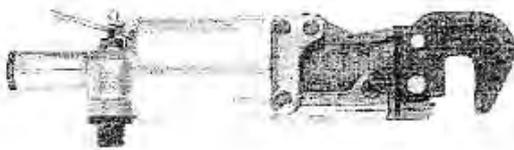
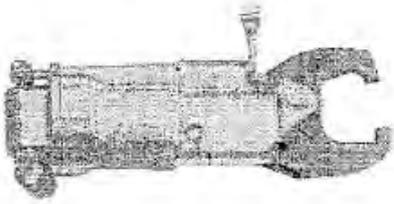
Los procesos de estampación, dimpelado, se puede realizar en frío o en caliente. El dimpelado en frío, se utiliza en pieles inferiores a .040", es el más usado en talleres de mantenimiento, y tiene la ventaja de que este procedimiento consigue una resistencia al corte y carga mayor en la unión que la obtenida por un remache de cabeza universal, del mismo tamaño. El dimpelado en caliente se aplica en pieles gruesas, para evitar que se agriete el material, esto provoca que en las zonas alrededor del dimpelado, estas pierdan parte de su tratamiento térmico, perdiendo resistencia que recupera en parte durante el proceso de remachado, forjado en frío.



JUEGO DE DIMPLES

UTILES DE ESTAMPACION PARA MARTILLO NEUMATICO

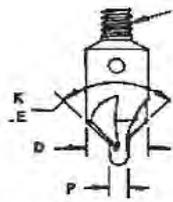
**REMACHADORAS NEUMATICAS
DE YUGO Y PINZA USADAS PARA
ESTAMPACION EN FRIO**



EQUIPO PARA ESTAMPACION EN CALIENTE

HERRAMIENTAS Y UTILES PARA AVELLANADO POR ESTAMPACION

El fresado se utiliza en pieles gruesas o piezas, como es lógico suponer para esta operación se utilizan unas fresas (figura 30.) con una conicidad de 100° . Estas fresas pueden tener una guía central del tamaño de cada diámetro de remaches y dos o tres filos de corte, las mas recomendadas son las que tienen guía y mayor numero de filos, para trabajos de precisión se utilizan fresas montadas sobre un útil que permiten regular la profundidad del corte y la perpendicularidad de este (figura 30.).



FRESAS CON GUIA DE ORIFICIO DE TALADRO PARA USAR CON UTIL DE FRESADO



FRESA SIN GUIA

UTIL DE FRESADO CON AJUSTE DE PROFUNDIDAD DE CORTE

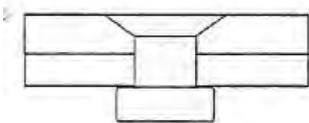


FRESAS SIN GUIA PARA USAR EN TALADRADORA DIRECTAMENTE

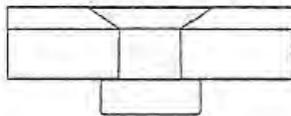


FRESA INVERTIDA Y MANGO, PARA USO SOBRE ANGULARES Y ZONAS DE DIFÍCIL ACCESO

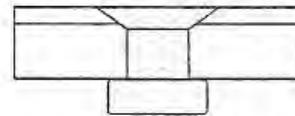
Cuando se remachan dos o más pieles, puede ser que estas no tengan igual espesor, cuando la piel superior es de poco espesor, puede ser necesario realizar un dimpelado de esta y un fresado de la inferior, en la figura 31. se muestra un dibujo donde se puede observar gráficamente cuando es aceptable o no el fresado y la tabla de selección de procedimiento a seguir en base a los diámetros de los remaches y los espesores de las pieles a remachar.



PREFERIBLE FRESADO



FRESADO ADMISIBLE

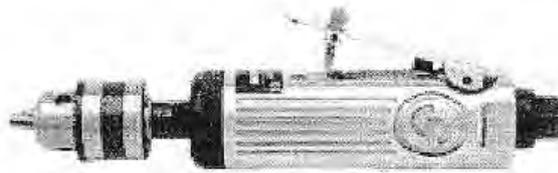


FRESADO INACEPTABLE

| DIAMETRO DE REMACHE | ESPESOR PIEL SUPERIOR | ESPESOR PIEL INFERIOR | METODO DE AVELLANADO |
|---------------------|--|------------------------------------|-------------------------------|
| 3/32 | .032 o mayor .025 o menor .025 o menor | -- .050 o mayor .040 o menor | FRESADO MIXTO DIMPELADO |
| 1/8 | .040 o mayor .032 o menor .032 o menor | -- .064 o mayor .050 o menor | FRESADO MIXTO DIMPELADO |
| 5/32 | .050 o mayor .040 o menor .040 o menor | -- .072 o mayor .064 o menor | FRESADO MIXTO DIMPELADO |
| 3/16 | .064 o mayor .050 o menor .050 o menor | -- .090 o mayor .080 o menor | FRESADO MIXTO DIMPELADO |

(medidas en pulgadas)

FIGURA 31. TABLA DE PROCEDIMIENTOS DE AVELLANADOS.



TALADROS NEUMÁTICOS

LIGEROS, MANEJABLES Y PERMITEN AJUSTAR LA VELOCIDAD

BROCA CON TOPE PARA LIMITAR LA PROFUNDIDAD DE TALADRADO



JUEGO PARA TALADRAR LAS CABEZAS DE LOS REMACHES UNIVERSALES Y REDONDEADAS

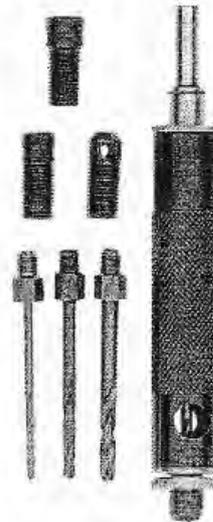
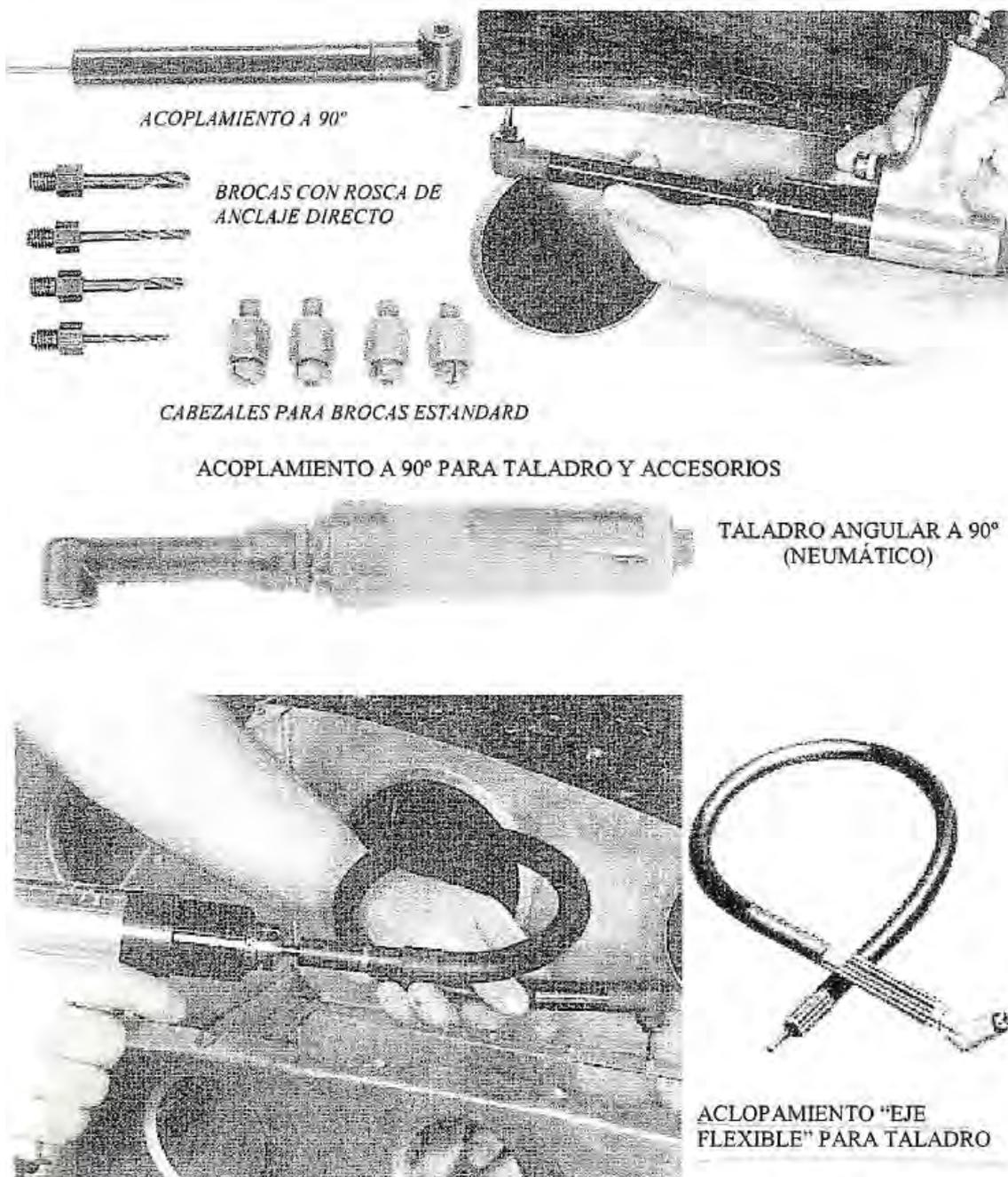


FIG. 32. HERRAMIENTA Y UTILLAJE PARA TALADRADO.



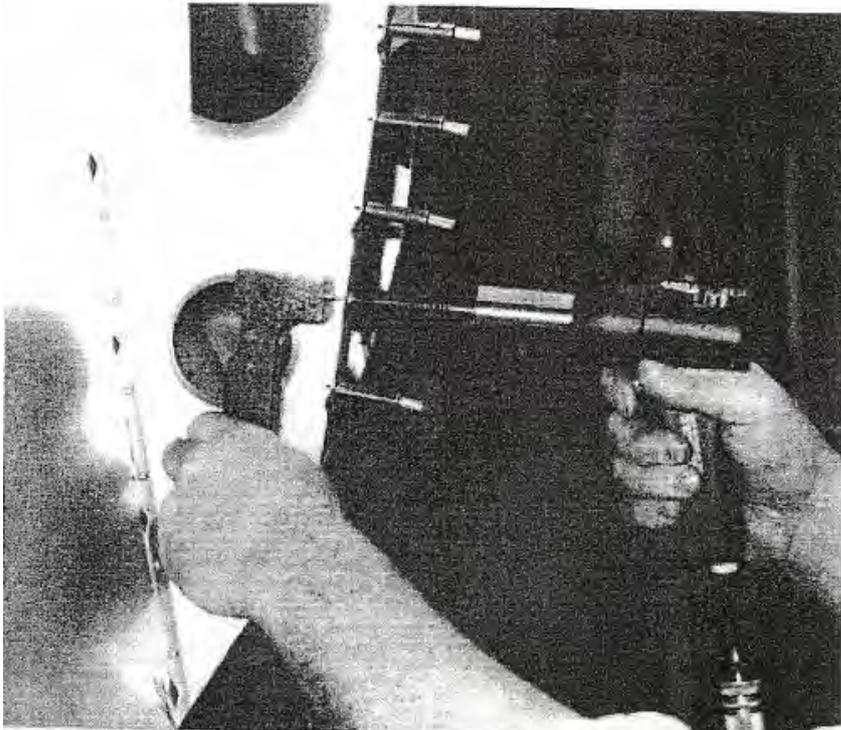
HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS PARA TALADRADO

2.2.3. PROCESO DE REMACHADO.

Cuando un remache sólido se está instalando sufre una serie de cambios físicos, el cuerpo del remache se expande al tamaño de orificio y por tanto el diámetro del área de la sección efectiva aumenta, la dureza del remache aumenta como consecuencia del forjado en frío y la cabeza de fabrica se expande. Por tanto el proceso de remachado es un forjado, donde cambia su designación de templado de T4 a T3.

El proceso de instalación o remachado de los remaches sólidos, tanto de cabeza plana como universal, no reviste grandes complicaciones, aunque si cierta habilidad. Para la instalación de estos remaches, las herramientas fundamentales que se requieren son, un **martillo neumático** con la **buterola** o **blank river set**, adecuada al tamaño y forma de la cabeza del remache que se

desea instalar y de un **tas** o **buking bar**, del peso necesario para formar la cabeza de remachado al otro extremo del remache y de la forma que permita acceder hasta el remache.



REMACHADORAS- MARTILLOS NEUMÁTICOS DE DISTINTA CAPACIDAD

JUEGO ESTÁNDAR DE BUTEROLAS

JUEGO DE TASES TÍPICOS PARA REMACHADO

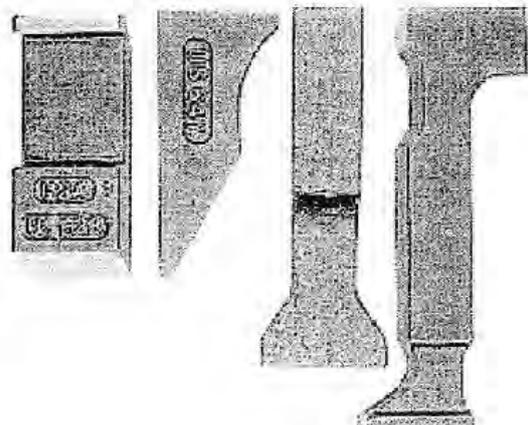


FIG. 33. MARTILLOS NEUMÁTICOS Y BÜTEROLAS.

Cuando se instalan remaches de diámetro pequeño, 3/32" y 1/8", sobre elementos desmontados y de pequeñas dimensiones, se puede remachar utilizando en lugar del martillo neumático un martillo de bola o peña y con un adaptador de buterola para evitar golpear sobre el extremo de la buterola, provocando una rebaba que no permita su posterior uso con el martillo neumático. Con este sistema manual de remachado, se golpeará sobre el extremo del remache donde se debe realizar la cabeza de remachado, al contrario que con el procedimiento de martillo neumático, soportando, por tanto, el esfuerzo sobre la cabeza del remache colocando una buterola sobre un soporte en un tornillo de banco.

Para la instalación de los remaches sólidos en bordes de piezas, se usan las "remachadoras de yugo" (figura 34.), neumáticas o manuales, estas últimas están limitadas a remaches de diámetros pequeños y aleaciones de aluminio. Estas herramientas facilitan el trabajo al no necesitar utilizar tas y permitiendo con la regulación adecuada, un remachado uniforme y preciso mejorando por tanto la producción. La regulación de la altura de remachado se consigue combinando buterolas de distintos espesores y añadiendo arandelas de distinto espesor debajo de las mismas.



BUTEROLAS PARA REMACHADORA DE YUGO



ESTUCHE DE BUTEROLAS PARA TODOS LOS DIÁMETROS DE REMACHES Y POSIBLES LONGITUDES



REMACHADORA DE YUGO NEUMÁTICA, DE GRAN POTENCIA Y PESO (10 Kg.)

REMACHADORA DE YUGO NEUMÁTICA, DE MANO (1,5 Kg.)



REMACHADORA MANUAL

FIG. 34. REMACHADORAS DE YUGO Y SUS BUTEROLAS.

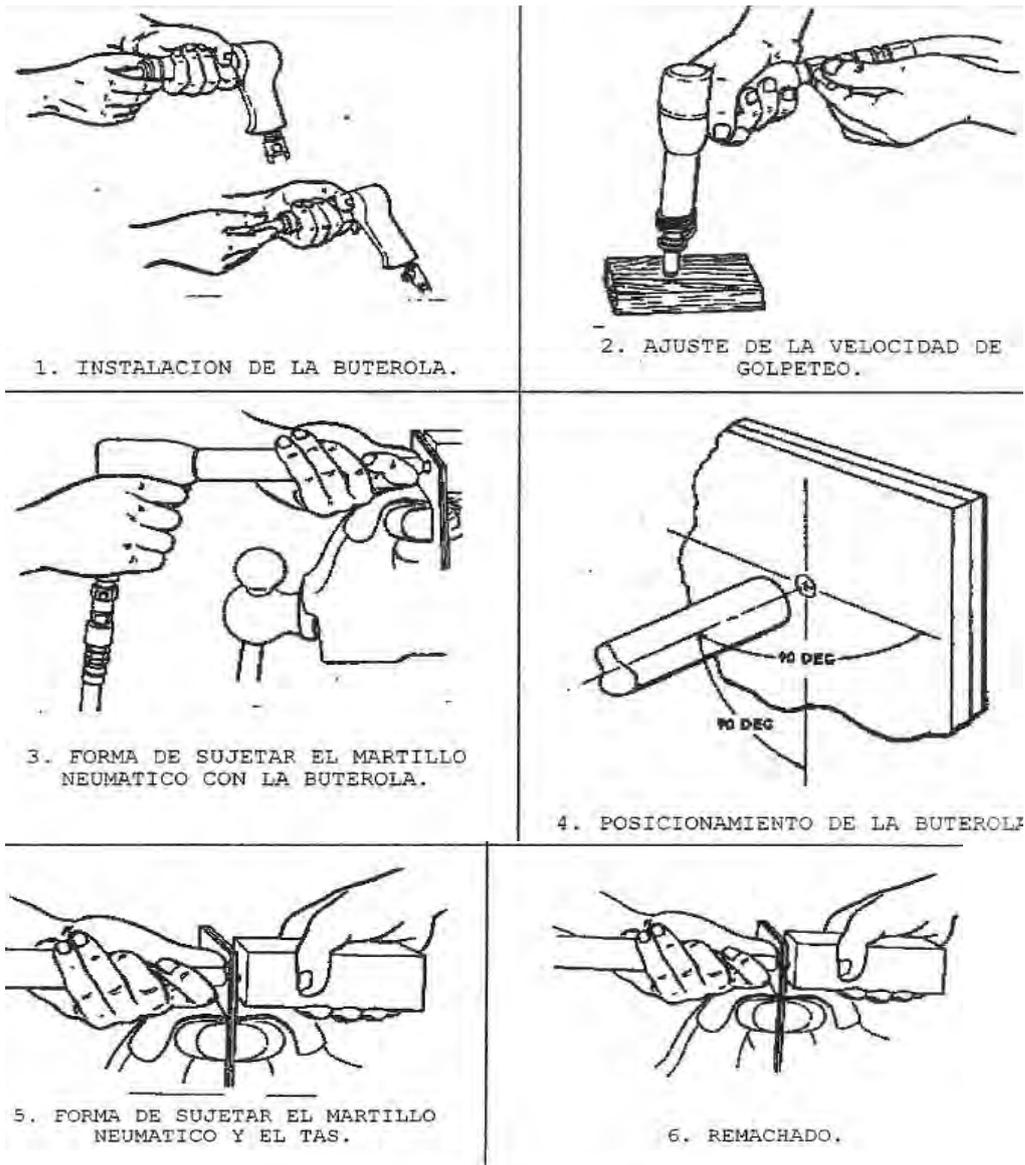


FIG. 35. PROCESO DE REMACHADO

En la figura 35., se observan los pasos que se deben realizar cuando se remacha con martillo neumático, estos son suficientemente explicativos, siendo necesario solo hacer unas pequeñas consideraciones:

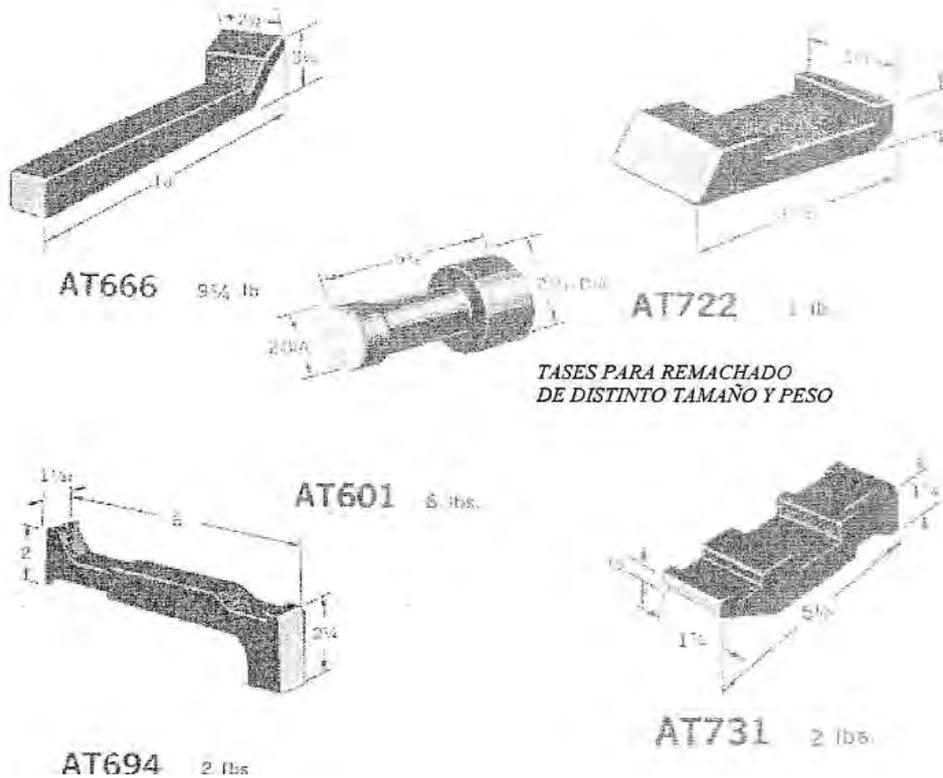
El ajuste de la velocidad de golpeteo del martillo es muy importante, ya que debe ser tal que permita controlarlo y suficiente para producir el remachado de una forma rápida y seguida, este ajuste se puede realizar tal como se observa en la figura, aunque es más recomendable ajustarlo antes de colocar la buterola, tapando con la palma de la mano la boca del martillo, ya que de esta manera se produce el mismo efecto y se evita golpear con la buterola sobre una madera, pues con el tiempo se dañara.

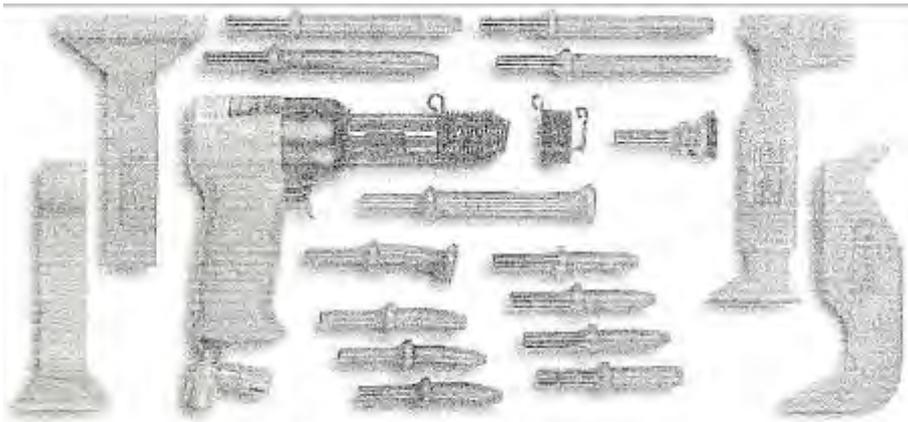
Un aspecto que se debe recalcar, es la posición que se tiene que adoptar al remachar y qué como en el taladrado debe ser perpendicular a la superficie y en prolongación al eje del remache. Un posicionamiento erróneo provocara daños sobre la cabeza del remache que podrá requerir su sustitución o incluso sobre la piel que se está remachando, con un daño que puede ser de mayor consideración requiriendo una reparación de esta piel. Estos daños típicos de remachado se analizaran en los siguientes párrafos.

Por último hay que tener en cuenta el peso del tas que se utilice, este debe tener suficiente peso para que el esfuerzo del remachado lo soporte el tas y no la mano del operario, en la figura 3.36., se exponen algunos de los pesos que son recomendables para cada diámetro de remache, esta tabla esta realizada sobre la base de remaches de aleaciones de aluminio, del tipo AD, D, DD y B, como es lógico en el caso de remaches de acero resistente a la corrosión, acero inoxidable y monel el peso debe ser algo mayor, puesto que requieren bastante potencia de golpeteo por parte del martillo neumático y por consiguiente el tas debe absorber mayor energía.

La zona y acceso al remache determinará la forma del tas y podrá limitar también su peso. Los tases estándar se fabrican de acero y se les aplica un tratamiento de endurecimiento de las caras que se usan para el remachado, también existen unos tases especiales, fabricados en una aleación muy pesada y de gran dureza, por lo que con un tamaño pequeño absorbe mucha energía, facilitando su menor tamaño el acceso a zonas difíciles, el inconveniente de este tipo de tas es su elevado coste.

| DIAMETRO REMACHE | PESO RECOMENDADO |
|------------------|------------------|
| 3/32 | 2 a 3 |
| 1/8 | 3 a 4 |
| 5/32 | 3 a 4 ½ |
| 3/16 | 4 a 5 |





JUEGO DE HERRMIENTAS PARA REMACHADO

FIG. 36. TASES Y JUEGO DE HERRAMIENTAS PARA REMACHADO



*BUTEROLAS RECTAS
TAMAÑO ESTANDAR*



*BUTEROLAS "OFFSET"
TAMAÑO ESTANDAR*

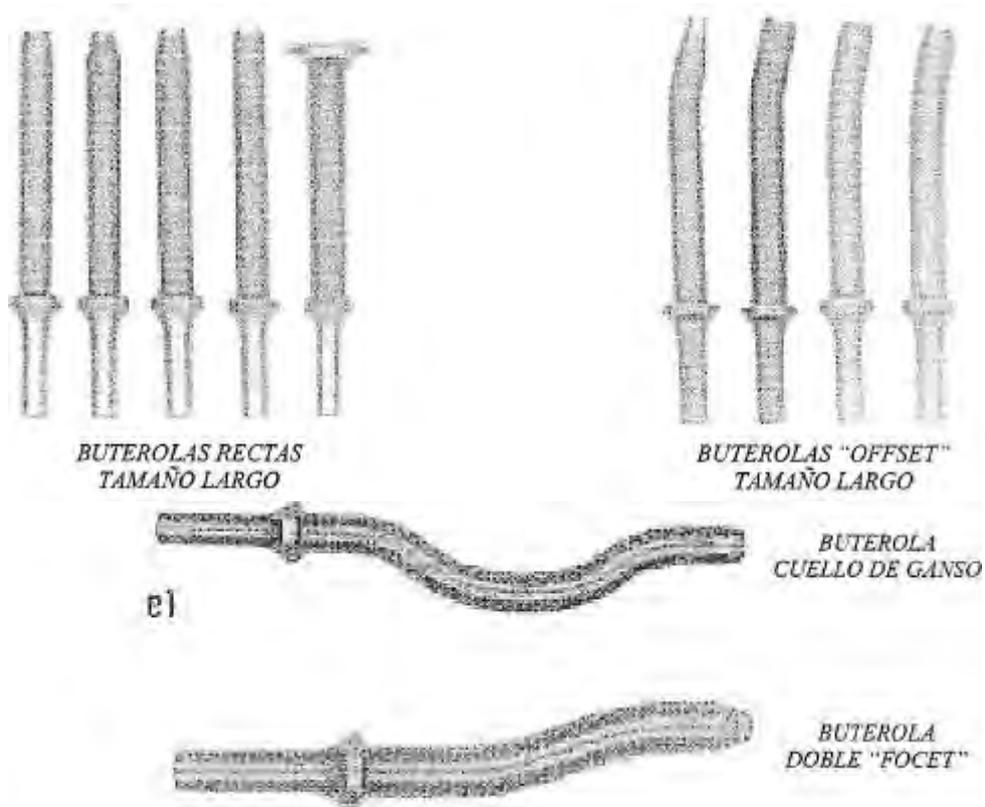


FIG. 37. BUTEROLAS DE REMACHADO (RIVET SET)
2.2.2. PREPARACIÓN DEL ORIFICO DE REMACHADO.

Durante el remachado se pueden producir pequeños daños sobre la cabeza del remache, producidos por un mal posicionamiento de la buterola sobre la cabeza del remache o por el desplazamiento sobre la misma, durante el golpeteo. Estos daños también pueden afectar la piel que se está remachando, provocando la necesidad, no solo de tener que sustituir el remache, sino que sea necesario realizar una reparación de esta piel.

Otros de los defectos más normales que se producen en el remachado afectan a la cabeza que se está formando al otro extremo del remache, estos suelen estar generados por una mala colocación del tas, por un exceso de remachado, por falta de remachado o por que el orificio del remache no está bien perpendicular y el remache entre torcido. En la figura 38., se muestran algunos de los defectos más frecuentes y los parámetros que se aplican para valorar su aceptabilidad.

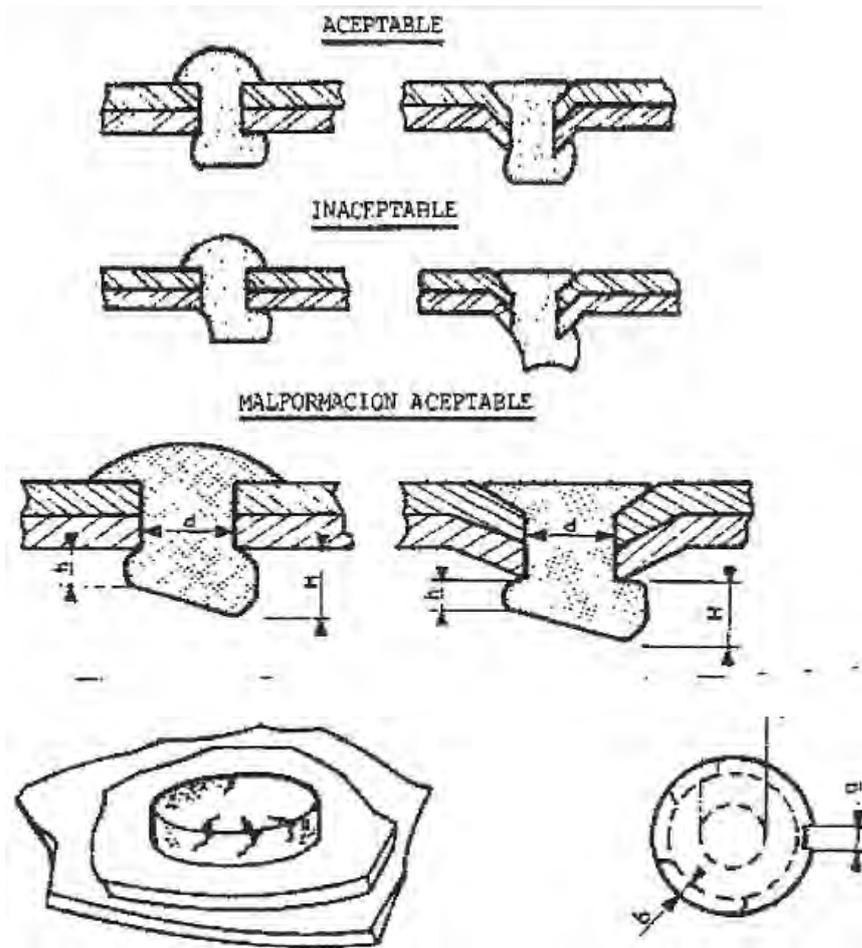
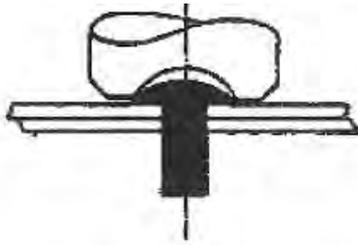
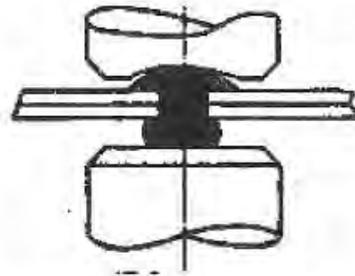


FIG. 38. DEFECTOS CLASICOS DEL REMACHADO



- Buterola pequeña, marcara la cabeza del remache, debilitándola.



- Buterola con la forma y tamaño correcto.



- Remachado con los remaches inclinados, por un taladrado no perpendicular..



- Cabeza de remachado demasiado plana, por exceso de remachado, cabeza débil.



- Remache corto, la cabeza de remachado será insuficiente y débil.



- Remache sin ajustar bien, remachándose entre ambas pieles.



- Remache muy ajustado, las pieles se comban y el remachado es pobre.



- Exceso de remachado, provocando la deformación de las pieles alrededor del remache, debilitando las pieles.



- Daño provocado por la buterola, al no asentar perpendicularmente al remache, dañara la cabeza del remache y la piel.



- Cabeza de remachado agrietada, por no estar bien recocado el remache.

2.3. DESREMACHADO.

El proceso de trabajo para la extracción de los remaches tiene una gran importancia, como se ha adelantado en párrafos anteriores, en cualquier reparación de estructura metálica, por ser fundamental evitar que el orificio del remache se ovalice y aumente de tamaño, provocando que el remache que se "Vuelva á instalar en su lugar, tenga que ser de un diámetro

La instalación de un remache de diámetro superior al original, suele presentar ciertas dificultades como que no sea admitido por el espesor de las pieles que esta uniendo, o que la distancia al borde no admita ese diámetro o incluso que la fuerza necesaria para su remachado

pueda deformar o dañar las piezas que se están reparando, siendo necesario por tanto reforzar la zona, cuestión que no siempre será posible.

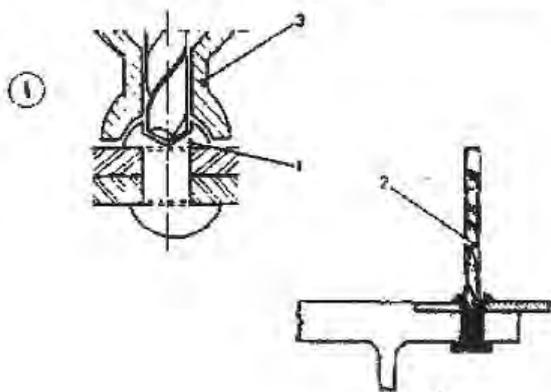
Los procesos de desremachado que se expondrán a continuación están encaminados a evitar o reducir al máximo la deformación del orificio. También se suele producir durante estas operaciones dos daños típicos, uno producido porque la punta de la broca se deslice por la cabeza del remache, sobre todo en los de cabeza universal o gota de sebo, provocando un arañazo o el comienzo del taladrado de la piel junto al remache, y el otro, porque en la extracción del cuerpo del remache se pueda, también deformar la piel, cuando estas son finas o el remache está muy ajustado. Por tanto se puede resumir que es fundamental que en el desremachado de cualquier tipo de remache, se evite el ovalizado del orificio del remache y taladrar o deformar la piel junto al mismo.

En la figura 39., se observan los pasos de un proceso de desremachado típico. En este proceso se realizan dos pasos fundamentales, el primero es el taladrado de la cabeza del remache y el segundo la extracción del cuerpo del remache.

El taladrado de la cabeza del remache, como en los párrafos anteriores se ha expuesto, debe realizarse con cuidado de que la punta de la broca no se deslice y taladre la piel de alrededor, para evitar esto se puede utilizar una guía que se adapte a la cabeza del remache, por tanto se deberá disponer de una para cada diámetro de remache o realizar los pasos 1 y 2, que se explicaran en el siguiente proceso. Para evitar que el orificio se sobredimensione, el diámetro de la broca será inferior al que se utiliza cuando se taladra para la instalación de un remache nuevo, si las brocas que se disponen están numeradas con el sistema "wire gage size", se deberá usar una broca de un dígito superior, por ejemplo, si el remache es diámetro 4 (1/3") , la broca de taladrado para instalarlo, sería la número #30, por tanto para su desremachado se utilizara la de número #31.

En el segundo paso, el de extracción del cuerpo del remache, es necesario indicar que el botador debe ser cilíndrico y de diámetro ligeramente inferior al del remache. También es recomendable el uso de un tas o sufridera que evite que al golpear con el botador, se deforme la piel, tal como se puede observar en la figura, de no disponer de un tas con el orificio para ajustarlo a la cabeza de remachado, se puede utilizar un tas normal de remachado, con cuidado de no apoyarlo sobre la cabeza, pero si lo más próximo a esta.

1. TALADRADO DE LA CABEZA DEL REMACHE



- 1. CABEZA DEL REMACHE.
- 2. BROCA DE UNA MEDIDA INFERIOR AL DIAMETRO DEL REMACHE.
- 3. GUIA DE CENTRADO DE LA BROCA.

2. EXTRACCION DEL CUERPO DEL REMACHE

2. EXTRACCION DEL CUERPO DEL REMACHE

1. BOTADOR DE PUNTA CILINDRICA.
2. TAS O SUFRIDERA

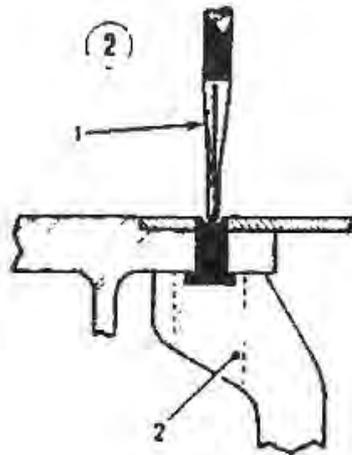
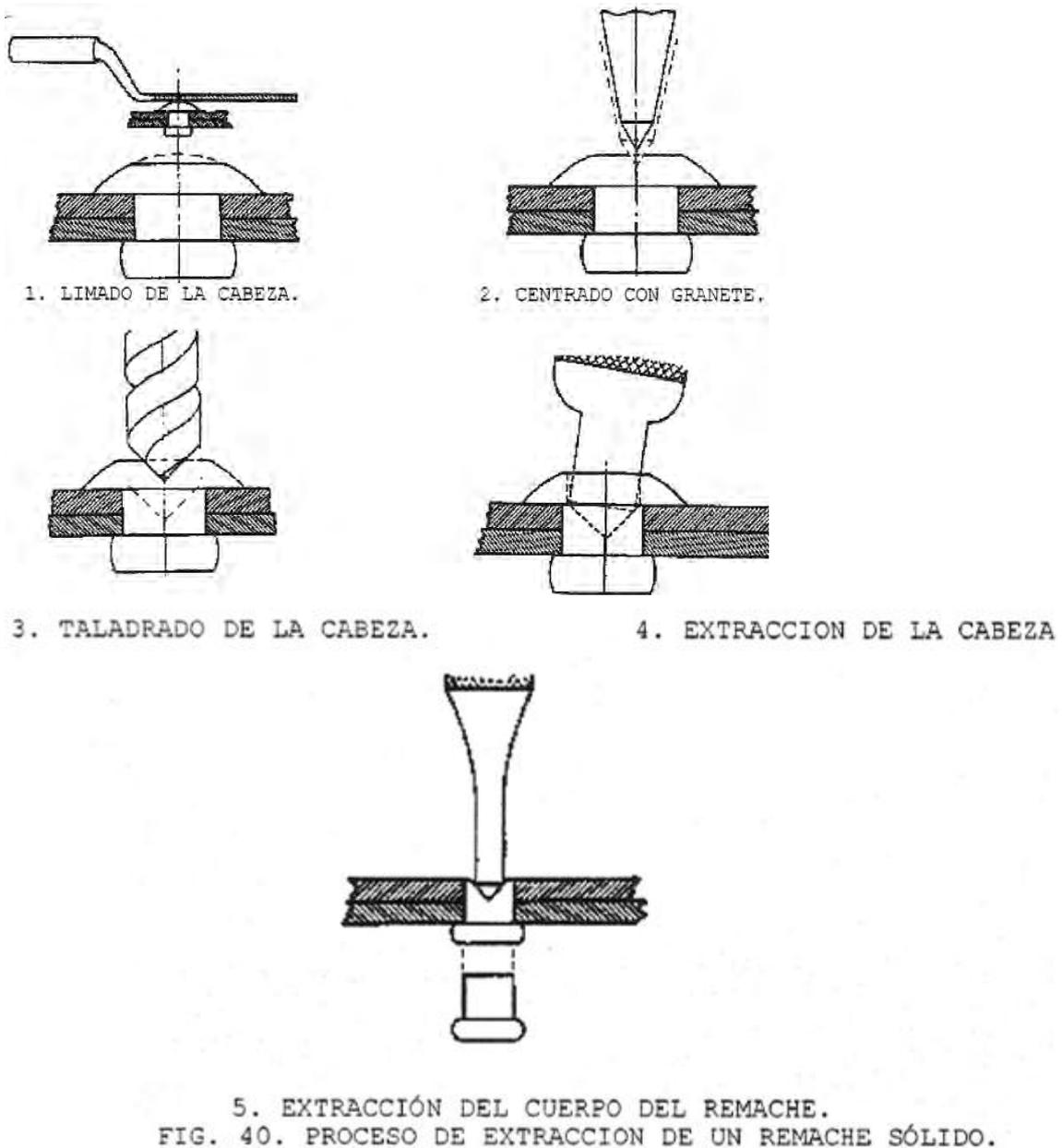


FIG. 39. PROCESO DE EXTRACCION DE UN REMACHE SÓLIDO.

En el siguiente proceso de extracción de un remache, que se observa en la figura 40., se presentan cinco pasos, los cuatro primeros están encaminados como en el primer paso del anterior proceso, al taladrado y extracción de la cabeza del remache y el último a la extracción del cuerpo.

Estos primeros pasos muestran un procedimiento que evite que la broca se deslice por la cabeza del remache, para ello el primer paso indica que se lime ligeramente la cabeza del remache, para conseguir una superficie plana para que apoye mejor la punta de la broca. En el segundo, se observa como con un granete se hace el punto de guía de la broca. En el tercero muestra el taladrado de la cabeza del remache, siguiendo las mismas precauciones en cuanto a diámetro de la broca, expuestas en el proceso anterior. Estos pasos vienen a ser lo que se indicaba en el primero del anterior proceso, pero sin la utilización de la guía de apoyo y por tanto, utilizando otros procedimientos que en definitiva aseguren como se indicaba al principio del párrafo que la broca no se deslice por la cabeza del remache. Los remaches de aleación 2117, "AD", tienen en su cabeza como un granetazo, como marca para su identificación, con lo que estos paso se pueden saltar, siempre que no tengan exceso de pintura que tape esta marca, en cambio en los de aleación 2017 "D", 2024 "DD" y 5056 "B", en los que el marcado es en relieve en el centro de la cabeza del remache, estos pasos son imprescindibles.



Con el cuarto paso se completan los dedicados a la eliminación de la cabeza del remache. En este paso se muestra como con la punta de un botador y apalancando sobre el orificio que se ha realizado en la cabeza, se consigue desprender esta del cuerpo del remache.

Por último en el quinto paso se puede observar la extracción del cuerpo del remache golpeándolo con un botador.

Intentar exponer que método es el más idóneo o que mejor resultados pueda dar, es prácticamente imposible, las circunstancias que rodeen al remache que se quiere extraer, como son su diámetro, situación respecto a otros elementos estructurales o incluso la posición o acceso hasta él, serán los aspectos que determinaran el sistema a emplear. La experiencia del técnico que tenga que realizar este trabajo, también será un aspecto importante, no solo eligiendo un procedimiento determinado, sino combinando ambos o utilizando algún otro paso que en definitiva le permita conseguir el objetivo propuesto y que de nuevo se va a resumir: " extraer el remache sin que se aumente el diámetro del orificio del remache original".

TEMA IX
TUBERÍAS Y TUBOS
FLEXIBLES

TUBERÍAS Y TUBOS FLEXIBLES

Los tubos del avión son metálicos, y se usan para combustible, aceite, refrigerante y líneas hidráulicas. Manguitos flexibles se usan especialmente con partes que se mueven o donde puede haber vibraciones.

A la hora de reparar alguna tubería, podemos tener que cambiarla por otra o si no hay recambio, fabricar otra igual. Esta tubería será sometida a una prueba de presión antes de instalarla. Si la tubería estalla, suele ser debido a vibraciones, instalación no apropiada o daño causado por impacto con un objeto.

LÍNEAS DE FLUIDO RÍGIDA

MATERIALES PARA TUBERÍA

Cobre

Se usaba en aviación en el pasado. Hoy en día se utiliza aleación de Aluminio, acero resistente a la corrosión o tubos de titanio.

Tubos de aleación de aluminio

Se usan para conductos de ventilación y otros que soporten bajas presiones.

Acero

Son tubos de acero resistentes a la corrosión y se usan para sistemas hidráulicos de alta presión, para el tren de aterrizaje, flaps, frenos. Al resistir mejor las cargas, se pueden fabricar de menores espesores. Así los tubos que usamos de Aluminio tendrán un peso parecido a los de acero. Los tubos de acero se usan donde hay riesgo de foreign object damage (FOD), como son el tren de aterrizaje y las ruedas.

Titanio

Se usa para sistemas que soportan altas presiones. Titanio es un 30% más fuerte que el acero y un 50% más ligero. No usar tubos de Titanio si van a estar en contacto con oxígeno porque reacciona con él, dando una espontánea combustión, incluso a bajas presiones.

Fabricación de tuberías metálicas

La formación de tubos consta de cuatro procesos: Cortar, doblar, acampanar y moldear. Si el tubo es blando y de diámetro menor de 1/4", podemos doblarlo a mano, si es mayor necesitaremos herramienta.

Corte de tubos

Necesitamos producir un cuadrado libre de rebabas. Se puede cortar con un cutter o sierra. Cutter para metales blandos, como cobre o aluminio.

Cortar el tubo un 10% más largo que el tubo que queremos reemplazar.



Figure 7-2. Tube cutting.

Realizaremos el corte con el cutter, rotando alrededor del tubo. Después quitaremos las rebabas con una herramienta apropiada, y habrá que tener cuidado de no dañar el acampanado, porque una pequeña grieta hará que el sellado no se realice en buenas condiciones.

Cuando hacemos serrado, se debe fijar el tubo con una abrazadera para evitar vibraciones.



Figure 7-3. Deburring tool.

Doblado de tubos

Queremos obtener un doblado suave, sin achatar el tubo. Tubos por debajo de 1/4", en diámetro puede ser usado sin usar una herramienta. La tabla 7-1 muestra los métodos preferidos y radios de doblado estándar para doblar tubos, según el tamaño del tubo.

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Type Bender | AB | AB | B | B | B | BC | B | BC | B | BC | C | BC | C |
| Tube od | 1/8" | 3/16" | 1/4" | 5/16" | 3/8" | 3/8" | 7/16" | 1/2" | 1/2" | 5/8" | 5/8" | 3/4" | 3/4" |
| Standard Bend | 3/8" | 7/16" | 9/16" | 11/16" | 11/16" | 15/16" | 13/8" | 1 1/2" | 1 1/4" | 2" | 1 1/2" | 2 1/2" | 13/4" |
| Type Bender | C | B | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| Tube od | 7/8" | 1" | 1" | 1 1/8" | 1 1/4" | 1 3/8" | 1 3/8" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 3/4" | 2" | 2 1/2" | 3" |
| Standard Bend | 2" | 3 1/2" | 3" | 3 1/2" | 3 3/4" | 5" | 6" | 5" | 6" | 7" | 8" | 10" | 12" |

A – Hand B – Portable hand benders C – Production bender

Table 7-1. Standard bend radii to which standard bending tools will form the various sizes of tubes.

Si se está va a doblar con la herramienta de doblar, meter el tubo en el surco del doblador de forma que el extremo a medir quede fuera de la parte bloqueante. Si el extremo a medir está en la derecha, entonces alinear la marca del tubo con la R de la maneta, gira la maneta hasta que el cero se alinee con los grados de doblado deseado. Y ahora dobla el tubo.



Figure 7-4. Tube bending.



Figure 7-5. Correct and incorrect tubing bends.



Figure 7-6. CNC tube bending machine.

Métodos alternativos de doblado

Cuando no se puede doblar a mano o no tenemos la herramienta disponible, se pueden usar máquinas de de arena caliente. Al calentar el tubo ya podemos doblarlo fácilmente. Si usamos este método hay que cortar una longitud de tubo mayor del deseado.

La longitud extra se utiliza para insertar un tapón, que puede ser de madera, a cada extremo. El tubo también puede ser cerrado al aplanar los extremos o soldando discos.

Después de tapar un extremo, llena el tubo de arena o de aleación fundible (en presencia de agua caliente). Tapa el otro extremo y dóblalo para darle la curvatura adecuada. Después quita la arena o la aleación con agua caliente (que fundirá esa aleación (fundible)).

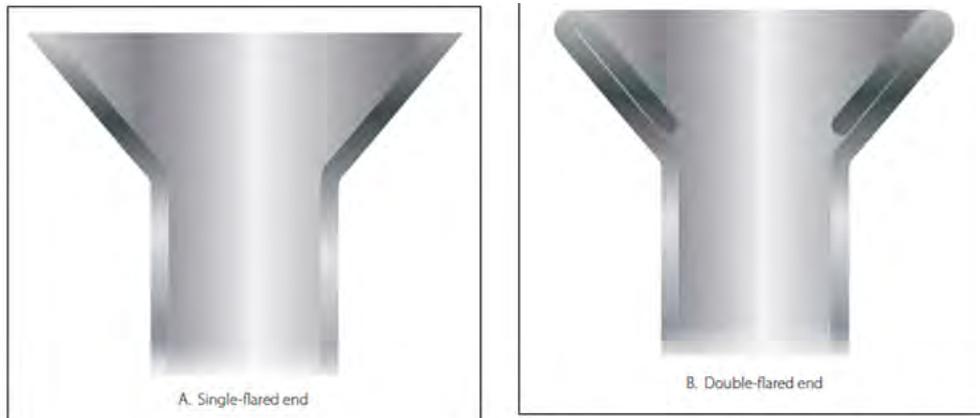


Figure 7-7. Cutaway view of single and double-flared tube ends.

Comprueba que no quedan restos de arena o aleación. Si usas aleación, no la tires, pues puede ser reutilizada en otra ocasión.

Acampanado de tubos

Hay dos tipos de acampanados para los aviones, el simple y el doble. El acampanado ha de ser preciso pues funcionará al ser instalado a altas presiones.

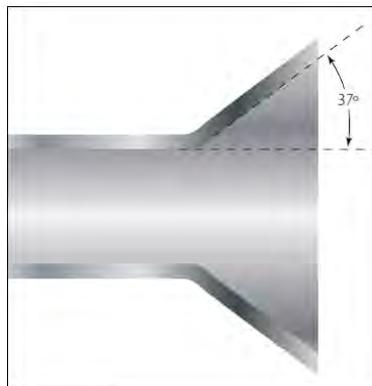


Figure 7-8. Flaring tool.

Si el acampanado es muy corto, dará lugar a pérdidas de fluido y si es muy largo puede provocar también pérdidas por interferir con la parte roscada en la unión.

Instalación de tubos flexibles e inspección

Antes de instalar un conjunto de de tubos en un avión, hemos de inspeccionarla cuidadosamente. Quita protuberancias y arañazos, y asegúrate de que las partes están bien acopladas y ajustadas mediante un buen acampanado del tubo. Los tubos deben estar limpios y libres de partículas extrañas.

Conexión y torque

Antes de aplicar el torque, asegurarse de que el ensamblaje esté propiamente alineado. El torque a aplicar debe ser consultado en unas tablas. De aplicar un torque erróneo, podríamos romper los tubos.



Figure 7-19. Swaged fitting tooling.

Instalación de tubos sin acampanamiento

Aprieta la tuerca con la mano hasta que no puedas más y después usa una llave inglesa para apretar la tuerca y otra para sujetar el conector.

Nota: Sobreapretar, causará que el borde del tubo entre demasiado en el otro tubo y dará rasgamientos en las vibraciones a las que está sometido el avión en un vuelo normal

Fallos comunes: Acampanado distorsionado en los hilos roscados de la tuerca; manguito roto; acampanado agrietado y roto totalmente; roscas de la tuerca o unión sucias, dañadas o rotas.

Aviso: Nunca apretar la tuerca más de la tercera vuelta.

Inspección de tubos rígidos y reparación.

Abolladuras y grietas pueden arreglarse. Pero no deben ser reparados las grietas y abolladuras mayores al 10 % del grosor de la pared del tubo. En este caso deberemos reemplazar. También se hace, a veces, cortar la parte del tubo dañada y reemplazar esa zona solamente. Así acampanamos los dos extremos del nuevo tubo y lo insertamos usando uniones estándar, manguitos y tuercas de tubo.

Para quitar una abolladura, podemos proceder como se indica en el dibujo de abajo: Metemos una bala, agarrada por un cable,

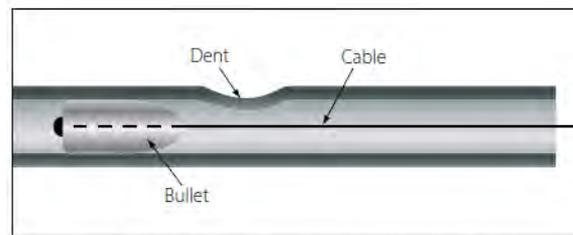


Figure 7-23. Dent removal using a bullet.

Si el tubo es de Aluminio, usaremos una bala de de madera. Si no es de Aluminio, usaremos acero.

Tubos flexibles

Cuando repares tubos flexibles, posiciona unas abrazaderas para impedir que el tubo cuelgue demasiado. En la figura 7-25, se ve el diseño de una conexión flexible para fluido. Cuando se reemplace un tubo flexible, nos aseguraremos que el trazado del nuevo tubo es el mismo.

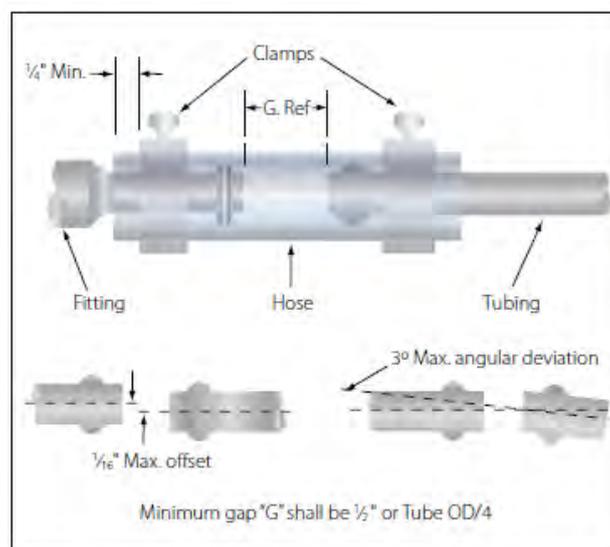


Figure 7-25. Flexible fluid connection assembly.

Manguitos flexibles para líneas de fluido

Se usan para conectar partes móviles con estacionarias, donde hay mucha vibración o se necesita mucha flexibilidad. También sirve como conector en sistemas de tubos metálicos.

Como materiales para los manguitos flexibles, nunca usaremos la goma pura. Para cumplir factores de durabilidad, funcionamiento, resistencia, ... se escogen materiales sintéticos como: Buna-N, neoprene, butyl, ethylene propylene, diene rubber (EPDM) and Teflon™. While Teflon™

Inspección de manguitos flexibles

Chequearemos por deterioro, goteras, separación de la cubierta y la unión al tubo interior. También grietas, endurecimiento, pérdida de flexibilidad o cold flow. El término cold flow corresponde a las marcas producidas en el manguito debido a la presión de las abrazaderas o soportes.

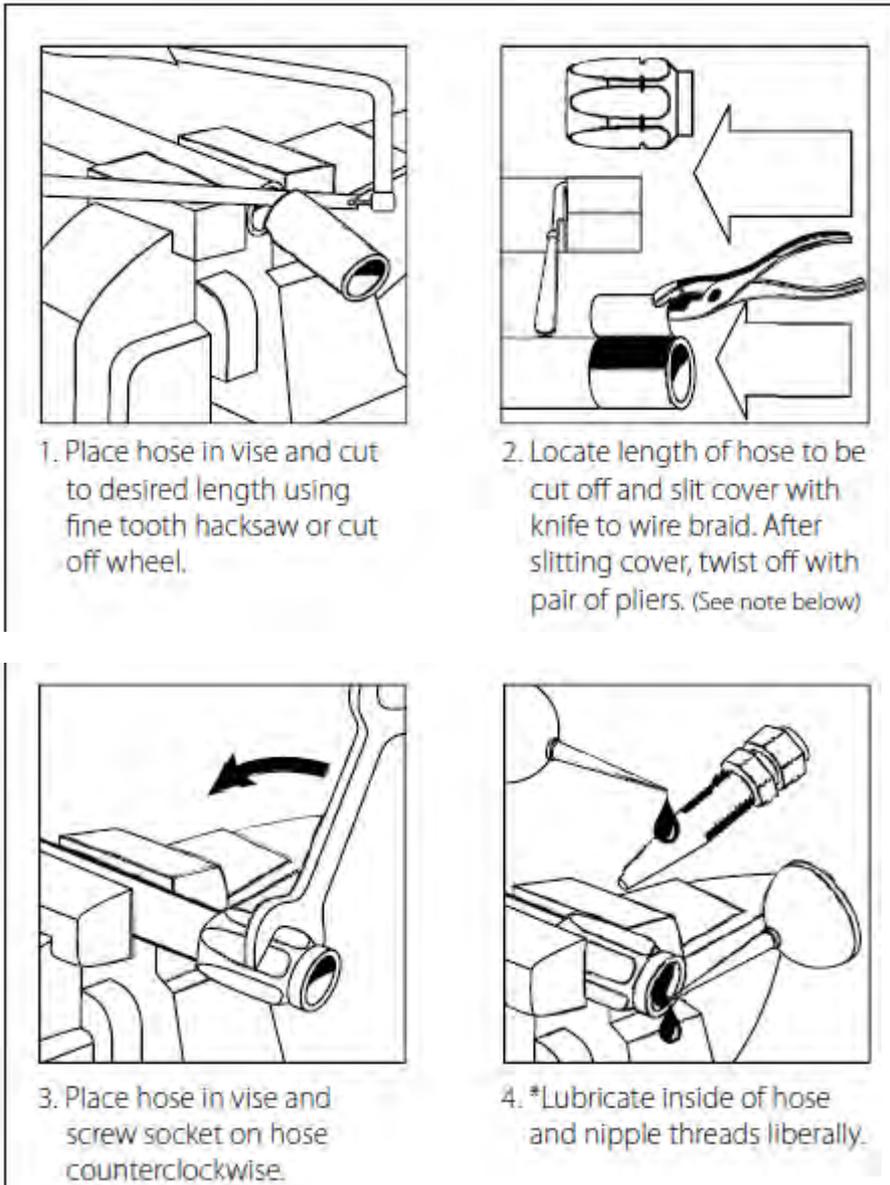


Figure 7-28. Assembly of MS fitting to flexible hose

Instalación de manguitos flexibles

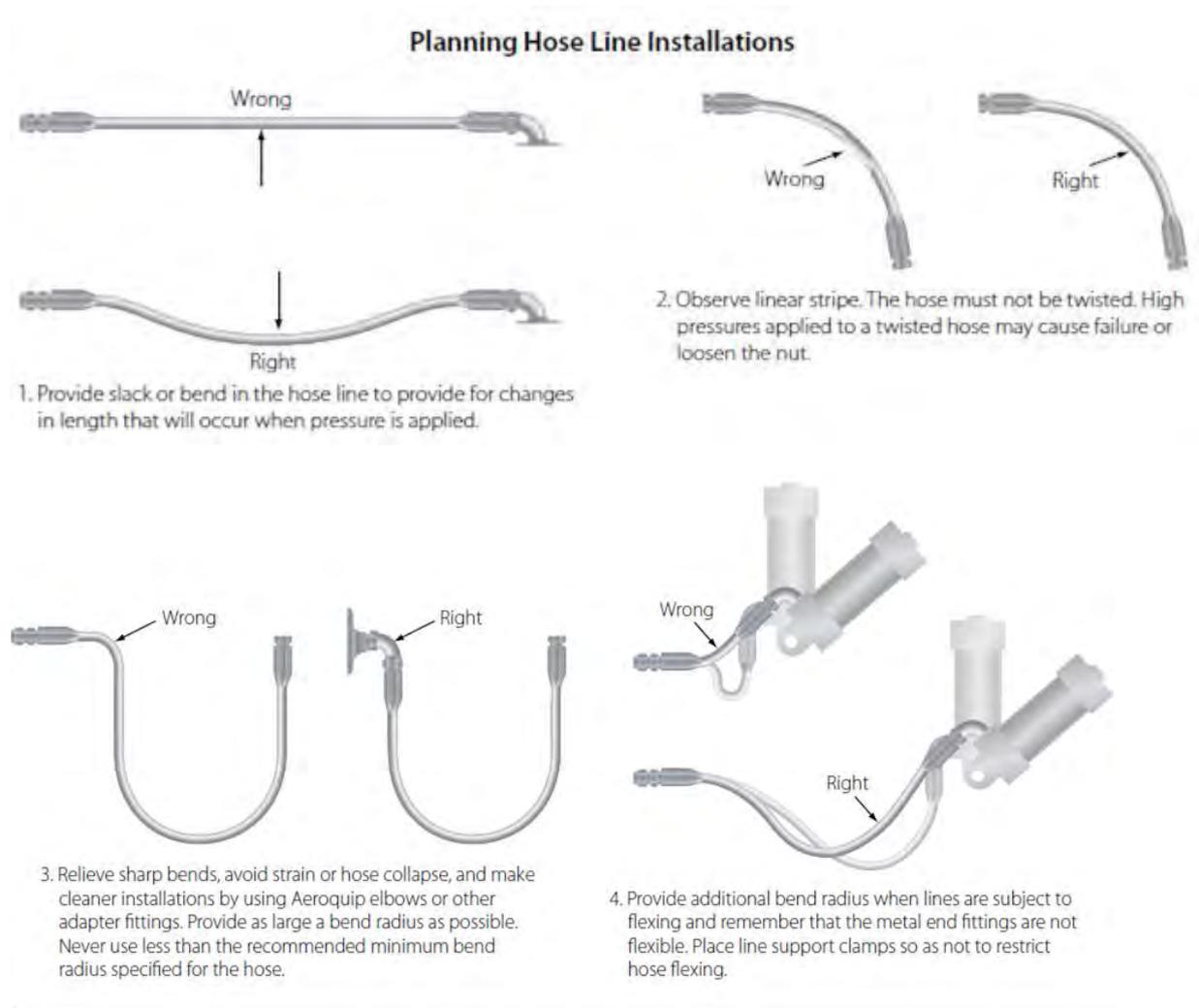


Figure 7-31. Flexible hose installation.

Como dice la figura 7-31, debemos proveer:

- a) Slack, dobléz, de un 5 u 8% de su longitud total para estar preparados a los cambios de longitud cuando la presión es aplicada. Poner una envoltura para protegerlo contra los excesos de temperatura.
- b) Suficiente flexión entre partes rígidas por las considerables vibraciones para hacer de se doble el tubo pero no los manguitos de las partes finales. Por tanto no pondremos abrazaderas en sitios que restrinjan la flexión del tubo.
- c) Tolerancia, es decir, no apretar torciendo para evitar rupturas o pérdida de la tuerca. Usaremos conexiones de plataforma giratoria para evitar esto.
- d) Conexiones de codo, para evitar dobleces extremas
- e) Separación, entre otros equipos y tubos.

Abrazaderas para tubos flexibles

Otra función de estas abrazaderas es para unir los tubos a la estructura del avión. Estas abrazaderas están hechas de goma sólo o de goma almohadillada.

Las de teflón se instalan donde pérdidas de fluido es esperado, pero no provee iguales propiedades contra vibración.

Usamos bonded clamps, (abrazaderas vinculadas) para asegurar tubos de aceite, hidráulicos,...

Unbonded clamps, sólo para asegurar cableado.

Asegurarse de que la abrazadera no es muy pequeña porque restringirá el flujo.

2. CURVADO, CONFORMADO Y ABOCARDADO EN TUBERÍAS METÁLICAS. EQUIPOS, MEDIOS Y TÉCNICAS OPERATORIAS

En las instalaciones y en la construcción de máquinas es habitual encontrarse con un cambio de dirección en las tuberías; generalmente las tuberías son suministradas y fabricadas en tramos rectos que tendremos que transformar para obtener la forma deseada.

La tubería puede ser curvada usando un útil en el que se apoya, y que tendrá la nueva forma que queremos obtener y un sistema que aportará la fuerza necesaria para realizar el curvado.

Este elemento que aporta la fuerza necesaria puede ser accionado manualmente, por un motor eléctrico, por un sistema neumático o por un sistema hidráulico.

Las curvadoras pueden ser portátiles, para usar en la propia instalación, o fijas que se usan en talleres de mecanizado para diámetros mayores o series de trabajo más grandes.

Enumeraremos los grupos de herramientas más habituales:

- Muelles curvatubos.
- Curvatubos.
- Tenazas curvatubos.
- Conformadora de salvatubos.
- Curvadora manual 90°.
- Curvatubos de cobre rígido.
- Curvadoras eléctricas y neumáticas portátiles.
- Abocinadores o abocardadores.
- Expandidores
- Extractores de Tes.

Herramientas para tubo de cobre. Curvado manual

Muelles curvatubos

El sistema más sencillo para curvar tubos de cobre recocado o aluminio. Capacidad 6–16 mm.

Para trabajar con el muelle se introduce la tubería en el interior del muelle y después, manualmente y muy despacio, se va dando la forma deseada; una vez alcanzada, la forma de la tubería, se saca del muelle.

Figura 4. Muelles curvatubos.



Figura 5. Curvatubos múltiple.



Curvatubos múltiple

Es una herramienta que se usa para curvar tuberías de pequeño diámetro, pudiendo curvar hasta 180° de tubos de cobre recocido, latón y acero dulce. Incorpora escala de curvas claras. Posición inicial del mango, 90°. Mangos de aluminio indeformables.

Normalmente llevan indicado el diámetro de las tuberías para las que se utilizan, expresadas en mm o en pulgadas, según proceda.

Se coloca un tramo recto de tubería en la curvadora y, con ayuda de la herramienta y la palanca que proporciona, se realiza la curva.

Se utiliza normalmente en trabajos de refrigeración.

Tenazas curvatubos

Herramienta para curvar con hasta 180° tubos de cobre recocido, aluminio, latón y acero dulce. Están fabricadas para un solo diámetro y va indicado en la herramienta. La capacidad está entre 6 y 18 mm Ø.

La abrazadera para tubos proporciona un agarre antideslizante.

Conformadora de salvatubos

Es una variante de las curvadoras, que realiza una figura especial; se utiliza normalmente cuando existe un cruce de tuberías o cualquier otro obstáculo. (fig. 7)

Para cambiar de diámetro de tubo se deben cambiar las hormas de doblado.

Figura 7.



Figura 8. Curvatubos.



Curvadora manual 90°

Herramienta para el curvado a mano hasta 90° de tubo de cobre recocido, cobre revestido, aluminio, acero dulce y acero inoxidable de pared fina. (fig. 8)

Requiere cambiar las hormas para operar con diferentes diámetros.

Curvatubos de cobre rígido

El cobre rígido tiene mayor dureza que el recocido; para realizar la curva se necesita una herramienta capaz de realizar un esfuerzo mayor; para curvarlo se necesitan herramientas más consistentes y de mayor brazo de palanca.

Ésta herramienta es capaz de realizar curvas en frío de hasta 180° para tubos de cobre recocido, rígido y revestido, acero dulce, aluminio, latón, acero inoxidable y tubos multicapa. Las mordazas son de aluminio forjado.

Los diámetros que se trabajan con este sistema suelen oscilar entre 8 – 28 mm Ø.

Figura 9. Curvatubos manual.



Curvadoras eléctricas y neumáticas portátiles

Cuando se quiere dar comodidad al operario, se quiere aumentar la producción de curvas o cuando la fuerza que hay que realizar es tal que no resulta práctico o posible realizarla a mano, se utilizan las curvadoras accionadas por motores eléctricos o accionamientos neumáticos.

Dependiendo del diámetro del tubo, del tipo de material o del espesor de la pared tendremos que usar máquinas de mayor o menor potencia; en general diremos que la fuerza necesaria aumentará al aumentar el diámetro, el espesor de la pared del tubo, la dureza del material y el tratamiento térmico de templado del mismo.

Las curvadoras necesitan de unos patines que sean ajustables para poder asegurar la calidad de sus curvas.

Las hay con cuerpo de aluminio para bajar el peso y posibilitar el transporte y el trabajo a pie de obra, y de mayor envergadura para utilizar sobre un banco de trabajo.

Figura 10.



Figura 11.



Figura 12.



Figura 13.



Abocinadores o abocardadores

Los abocardados son expansiones de la punta del tubo en forma de cono a 45° que se realizan para preparar el tubo para un empalme sin soldadura; se utiliza en tubos de cobre, latón, aluminio y acero dulce.

Para realizar una unión por abocardado se seguirán los siguientes pasos:

- Cortar el tubo a la longitud deseada.
- Quitar las rebabas del corte y limpiar la punta del tubo.
- Introducir la tuerca en el tubo (si no se hace en ese momento después será imposible).
- Colocar el tubo sobre la herramienta soporte del abocardador en su diámetro correspondiente, fijándose que salga un poco, aproximadamente como una moneda de un euro.
- Colocar la horquilla sobre la pletina soporte y colocar sobre el cono una gota de aceite de refrigeración.
- Hacer girar la tuerca hasta que el cono presione el tubo contra la pletina hasta que se forme el abocardado.
- Separar el tubo de la pletina y comprobar que el abocardado es correcto.
- Acoplar la unión.

Cambiando el cono de la cabeza del tornillo y colocando una cabeza expandida, esta herramienta puede realizar funciones de expandidor.

Figura 14.



Figura 15.

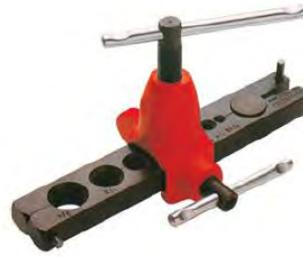


Figura 16.



Expandidores

Cuando se quieren soldar dos tubos del mismo diámetro se realiza la expansión de una de las puntas, de forma que la otra pueda ser introducida sobre ésta.

Si el tubo es rígido puede agrietarse, si se calienta y deja enfriar, lo habremos recocido y hecho más maleable.

Esta herramienta permite ahorrar dinero en la instalación, al no tener que comprar manguitos de empalme.

Figura 17. Expandidor manual.



Figura 18. Expandidor eléctrico.



Extractores de Tés

Cuando se quiere realizar una derivación en tubos de cobre rígido y recocido, aluminio o acero dulce, la herramienta indicada para la realización de derivaciones o collarines es el extractor. Se aplica en instalaciones de fontanería, gas, calefacción y refrigeración.

Puede ser manual o eléctrico; el uso de una u otro tipo dependerá de la cantidad de derivaciones que deseemos construir; a medida que crece la cantidad es más conveniente usar la máquina eléctrica.

Se suele usar para realizar derivaciones a tubos desde 10 hasta 42 mm de Ø.

Figura 19. Sacabocados derivaciones, manual.



Figura 20. Accesorios Sacabocados.



Figura 21. Sacabocados derivaciones, eléctrico.



DEFECTOS QUE APARECEN EN EL DOBLADO Y CONFORMADO DE LOS MATERIALES

Dependiendo del material y la técnica de conformado nos encontramos con diferentes defectos, los más representativos son:

Doblado de tubos

El defecto más habitual en el doblado de un tubo es que se chafe; esto suele ocurrir –si se realiza con máquina– cuando los diámetros escogidos no son los correctos para el diámetro indicado, entonces el espesor del tubo resulta insuficiente; si es con muelles manuales, suele ser por falta de pericia del operario.

Expandido de puntas tubo de cobre o aluminio

Si el cobre es demasiado duro, se puede agrietar; si ocurre, se tendrá que recocer la punta del tubo antes de expandir.

Si no se cuida la limpieza se pueden quedar residuos que perjudiquen el circuito frigorífico; hay que realizar una buena limpieza previa a la soldadura.

Abocardados

Los conos realizados pueden resultar excesivos y la pieza de latón no se puede introducir en la punta del tubo o resulta excesivamente pequeño y no es válido por no proporcionar el asiento suficiente a la unión.

En ocasiones el tubo se agrieta al realizar el expandido y la causa puede ser un cono excesivo o la falta de lubricación del cono expansor.

Se tendrá que tener precaución con la calidad del corte y realizar un escariado correcto, de lo contrario la viruta no permitirá que el asiento sea correcto y existirán fugas de gas, incluso se puede dar la avería de los asientos de las piezas de latón o válvulas en contacto con estas virutas.

TEMA X

RESORTES

RESORTES

INTRODUCCION

Los resortes son componentes mecánicos que se caracterizan por absorber deformaciones considerables bajo la acción de una fuerza exterior, volviendo a recuperar su forma inicial cuando cesa la acción de la misma, es decir, presentan una gran elasticidad.



Para su fabricación se emplean aceros de gran elasticidad (acero al carbono, acero al silicio, acero al cromo-vanadio, acero al cromo-silicio, etc), aunque para algunas aplicaciones especiales pueden utilizarse el cobre endurecido y el latón.

Los resortes se utilizan con gran frecuencia en los mecanismos para asegurar el contacto entre dos piezas, acelerar movimientos que necesitan gran rapidez, limitar los efectos de choques y vibraciones, etc.

CLASIFICACION

Existen diferentes tipos de resortes, cada uno de ellos con sus aplicaciones determinadas. La clasificación puede realizarse desde diferentes parámetros.

Según la forma del resorte: helicoidal cilíndrico, helicoidal cónico, en espiral, laminar.

Según la forma de la sección transversal del hilo: circular, cuadrada, rectangular.

Según el tipo de carga que soportan: de compresión, de tracción, de torsión, de flexión.

PARÁMETROS PRINCIPALES DE UN RESORTE

A continuación realizaremos una descripción de los parámetros más importantes de un resorte, centrandó nuestro estudio en el resorte helicoidal cilíndrico de compresión, por ser el más utilizado en los mecanismos.

NÚMERO DE ESPIRAS ÚTILES (n): número de espiras utilizadas para obtener la flecha máxima del resorte.

NÚMERO TOTAL DE ESPIRAS (nt): número de espiras útiles mas las espiras que forman los extremos (espiras de apoyo).

$$nt = n + 1,5$$

SENTIDO DE ARROLLAMIENTO: sentido en el que gira la espira para un observador situado en uno de los extremos del resorte. El sentido es a la derecha (RH) si la espira gira, alejándose, en el sentido de las agujas del reloj, y a la izquierda (LH) si la espira gira, alejándose, en el sentido contrario al de las agujas del reloj.

PASO (p): distancia entre dos espiras útiles contiguas del resorte en estado libre, medida axialmente entre los centros de las secciones transversales del hilo de material.

DIÁMETRO INTERIOR (D_i): diámetro de la superficie cilíndrica envolvente interior del resorte.

DIÁMETRO EXTERIOR (D_e): diámetro de la superficie cilíndrica envolvente exterior del resorte.

DIÁMETRO MEDIO (D): diámetro medio de las espiras.

$$D = 1/2(D_i + D_e)$$

LONGITUD DEL HILO DE ALAMBRE (L): longitud total del hilo de alambre una vez desarrollada la hélice.

$$L \approx 3,14 D n_t$$

LONGITUD EN ESTADO LIBRE (L_0): longitud total que presenta el resorte cuando no actúa sobre el mismo ninguna fuerza exterior.

$$L_0 = np + 1,5D$$

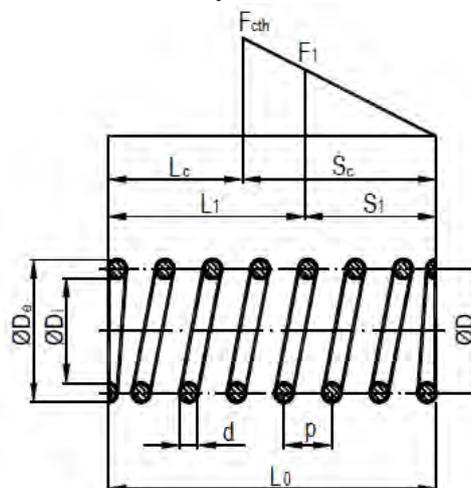
LONGITUD CON LAS ESPIRAS UNIDAS (L_c): longitud total que presenta el resorte cuando todas las espiras están completamente comprimidas.

FLECHA MÁXIMA (s_c): diferencia de longitud que presenta el resorte entre el estado libre y con la carga máxima. Para un resorte de compresión, se trata de la diferencia entre la longitud en estado libre y la longitud con las espiras unidas.

$$s_c = L_0 - L_c$$

CARGA DEL RESORTE (F_{cth}): fuerza ejercida sobre el resorte para poder comprimirlo a la longitud L_c con las espiras unidas.

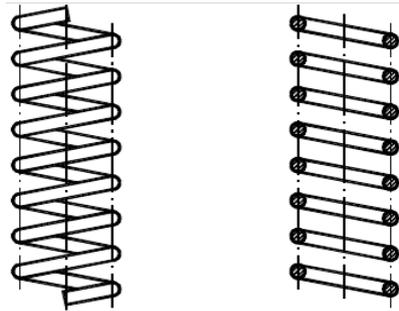
CARGA DEL RESORTE (F_1): fuerza ejercida sobre el resorte para poder comprimirlo a una longitud L_1 , presentando una flecha de valor s_1 .



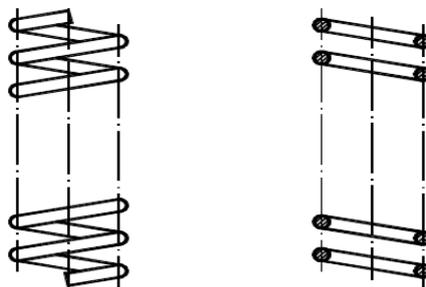
REPRESENTACIÓN Y ACOTACIÓN DE RESORTES

La norma UNE-EN ISO 2162 establece una clasificación de los diferentes tipos de resortes, los datos técnicos de los mismos, así como su representación y acotación. En este apartado incluimos una serie de ejemplos sobre la forma de representar y acotar un resorte helicoidal cilíndrico de compresión.

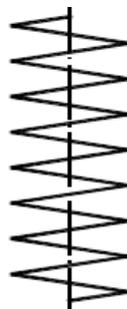
En general, los resortes se pueden representar en vista o seccionados por un plano secante axial. En ambos casos, en la proyección según un plano paralelo al eje del resorte, las sinusoides que representan los contornos de las espiras se sustituyen por líneas rectas que unen las partes del contorno o sección transversal de la espira.



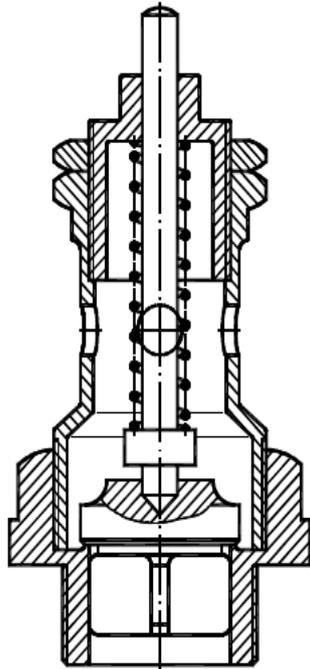
Con la finalidad de simplificar el dibujo, cuando el resorte presenta gran número de espiras, se puede utilizar una representación interrumpida, representando únicamente las espiras de apoyo y las dos últimas espiras activas de cada extremo del resorte.



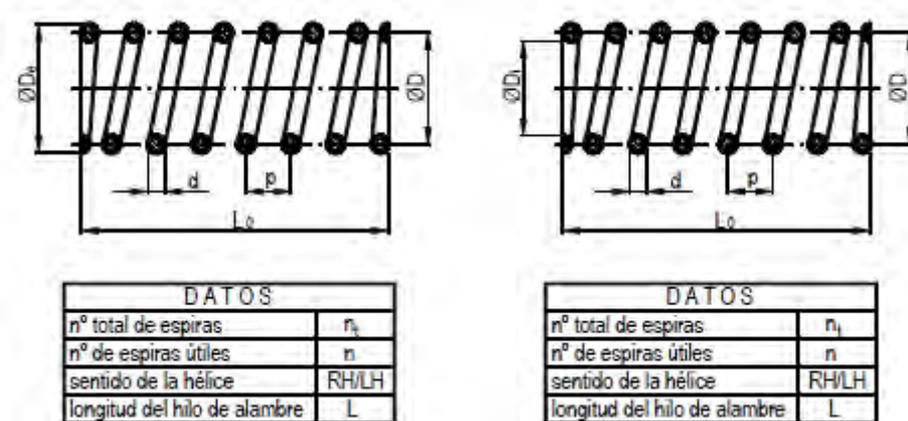
En dibujos simplificados o cuando son de tamaño reducido, se puede utilizar una representación simplificada. En este caso el resorte se representa por medio de una línea quebrada en zig-zag coincidente con el eje del hilo metálico.



Como ejemplo de aplicación, se presenta un dibujo seccionado de una válvula de seguridad, en el cual, aparece representado en corte un resorte helicoidal cilíndrico de compresión.



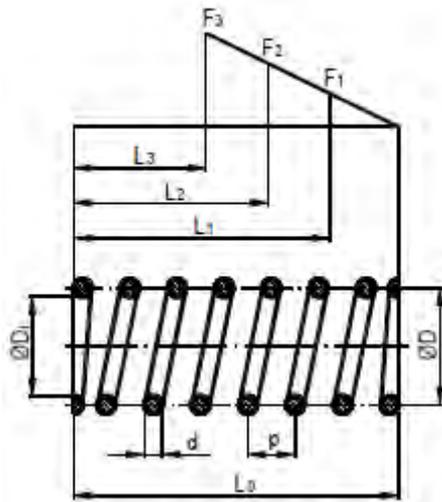
En los dibujos de fabricación, los resortes se representan con su eje en posición horizontal y con la forma que presentan en estado libre, es decir, sin tener en cuenta la carga exterior que provoca su deformación. A su vez, en caso de que el extremo del resorte presente alguna forma especial, se añadirán las vistas necesarias para su total definición.



Tal como se observa en las figuras anteriores, los diferentes parámetros del resorte se indican en el dibujo mediante cotas; añadiendo en una tabla otra serie de datos.

Si el resorte va estar alojado en el interior de un orificio cilíndrico, se acota el diámetro exterior D_e , tal como se observa en la figura de la izquierda; en cambio, si el resorte va estar alojado en una espiga cilíndrica, se acota el diámetro interior D_i , según se observa en la figura de la derecha.

Cuando un resorte ha de satisfacer una serie de requisitos respecto a los esfuerzos a los que debe estar sometido, se acompaña el diagrama de ensayo, el cuál indicará la dependencia entre la carga que recibe y la deformación experimentada por el mismo.



| DATOS | |
|------------------------------|-------|
| nº total de espiras | n_t |
| nº de espiras útiles | n |
| sentido de la hélice | RH/LH |
| longitud del hilo de alambre | L |

RESORTE HELICOIDAL CILINDRICO DE COMPRESIÓN

Este tipo de resorte es de uso general, utilizándose en válvulas, engrasadores, amortiguadores, etc. Está formado por un hilo de acero de sección redonda o cuadrada, arrollado en forma de hélice cilíndrica a derecha con paso uniforme. Trabaja tratando de extenderse en la dirección de su eje, oponiéndose a una fuerza externa que lo comprima.

Para conseguir un buen apoyo y un funcionamiento correcto, los extremos del resorte han de presentar superficies de apoyo planas y perpendiculares a su eje; por este motivo, las dos espiras extremas (espiras de apoyo) están más próximas entre sí (disminución del paso) y esmeriladas.

A su vez, las espiras extremas se pueden presentar arrolladas con un diámetro más pequeño (cola de cerdo), para facilitar su montaje en cilindros con ensanche lateral.



| RESORTE HELICOIDAL CILINDRICO DE COMPRESION | | | |
|--|--------------------------|-------|-----------------------------|
| TIPO DE RESORTE | REPRESENTACION DETALLADA | | REPRESENTACION SIMPLIFICADA |
| | VISTA | CORTE | |
| Resorte helicoidal cilíndrico de compresión con hilo de sección circular | | | |
| Resorte helicoidal cilíndrico de compresión con hilo de sección cuadrada | | | |

RESORTE HELICOIDAL CONICO DE COMPRESIÓN

En este caso, el hilo de acero se arrolla en forma de hélice cónica a derecha, concebida de manera que, bajo el efecto de una determinada carga, la altura del resorte sea mínima.

RESORTE CON HILO DE SECCION CIRCULAR

El resorte está formado por un hilo de acero de sección circular arrollado en forma de hélice cónica.



| RESORTE HELICOIDAL CONICO DE COMPRESION CON HILO DE SECCION CIRCULAR | | |
|--|-------|-----------------------------|
| REPRESENTACION DETALLADA | | REPRESENTACION SIMPLIFICADA |
| VISTA | CORTE | |
| | | |

RESORTE CON LAMINA DE SECCION RECTANGULAR

El resorte está formado por un fleje de acero de sección rectangular arrollado en forma de hélice cónica.



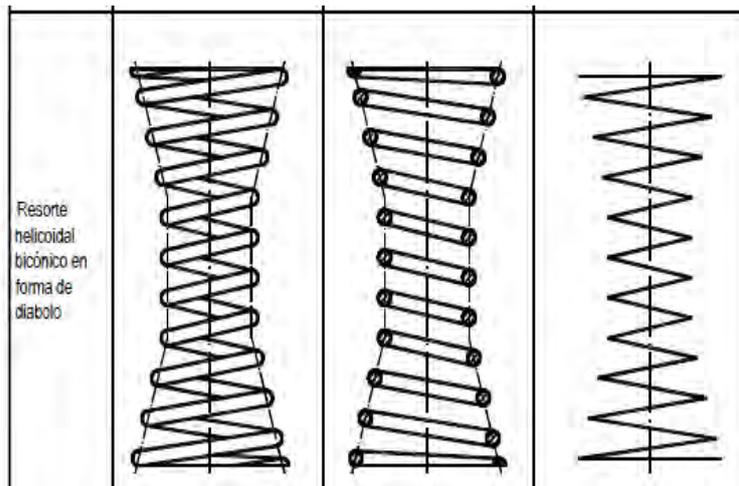
Este tipo de resorte se emplea principalmente para amortiguar fuerzas de choque de gran intensidad en un corto recorrido, por ejemplo en amortiguadores de topes de vagones de ferrocarril.

| RESORTE HELICOIDAL CONICO DE COMPRESION CON HILO DE SECCION RECTANGULAR | | |
|---|-------|-----------------------------|
| REPRESENTACION DETALLADA | | REPRESENTACION SIMPLIFICADA |
| VISTA | CORTE | |
| | | |

RESORTE HELICOIDAL BICONICO DE COMPRESIÓN

En los extremos del resorte el hilo está arrollado en forma de hélice cónica, mientras que en la parte central el hilo se arrolla en forma de hélice cilíndrica.

| TIPO DE RESORTE | REPRESENTACION DETALLADA | | REPRESENTACION SIMPLIFICADA |
|-----------------|---|-------|-----------------------------|
| | VISTA | CORTE | |
| | Resorte helicoidal bicónico en forma de tonel | | |



Resorte
helicoidal
bicónico en
forma de
diabolo

RESORTE DE DISCO

Es un resorte de compresión formado por arandelas elásticas en forma de tronco de cono (arandelas Belleville), montada individualmente o en grupo superpuestas.



Este tipo de resorte tiene gran aplicación, dada la simplicidad de su composición y las cualidades que reúne, entre las cuales podemos destacar las siguientes: dimensiones reducidas con gran capacidad de carga, varias arandelas superpuestas en el mismo sentido permiten multiplicar la carga que soportan con igual deformación, varias arandelas superpuestas en oposición permiten multiplicar la deformación elástica con igual carga, presentan una gran resistencia a la fatiga, máxima seguridad de funcionamiento ya que la rotura de una arandela no deja el resorte fuera de servicio.

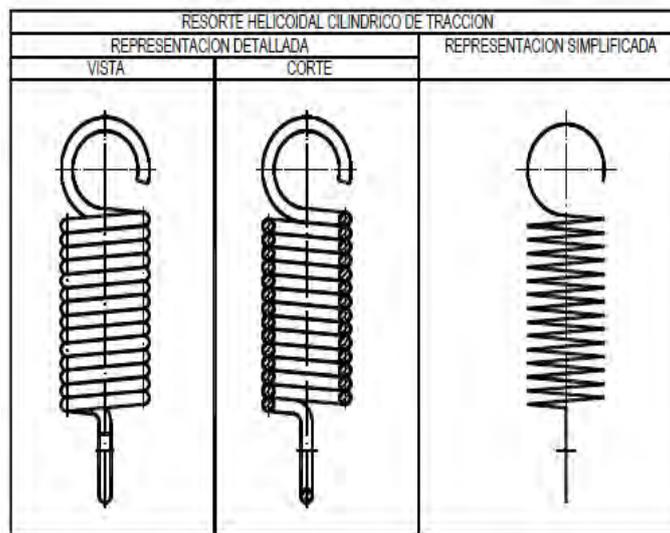
| ARANDELAS ELÁSTICAS | | | |
|--|--------------------------|-------|-----------------------------|
| TIPO DE RESORTE | REPRESENTACION DETALLADA | | REPRESENTACION SIMPLIFICADA |
| | VISTA | CORTE | |
| Arandela elástica | | | |
| Arandelas elásticas superpuestas en el mismo sentido | | | |
| Arandelas elásticas superpuestas en oposición | | | |

RESORTE HELICOIDAL DE TRACCIÓN

Es un resorte helicoidal cilíndrico que ejerce la acción hacia su interior, oponiéndose a una fuerza exterior que trata de estirarlo en la dirección de su eje. En reposo, las espiras de este tipo de resorte están normalmente juntas, por lo que el paso de las espiras es igual al diámetro del hilo.



Por su modo de acción, un resorte de tracción debe presentar sus extremos curvados en forma de gancho, los cuales pueden presentar diversas formas, según la finalidad a que están destinados. Según lo anterior, habrá que representarlos y acotarlos siguiendo las normas de carácter general



RESORTE HELICOIDAL DE TORSIÓN

Este tipo de resorte se deforma al ser sometido por sus extremos a un par de fuerzas perpendiculares a su eje. Está formado por un hilo de acero arrollado en forma de hélice cilíndrica con dos brazos extremos, los cuales se deforman angularmente al estar apoyados en los elementos que tienen el giro relativo. Las diferentes formas que pueden presentar sus extremos son muy variadas, en consecuencia, habrá que representarlos y acotarlos siguiendo las normas de carácter general.

Este tipo de resorte tiene infinidad de aplicaciones: pinzas de sujeción, juguetes mecánicos, etc.



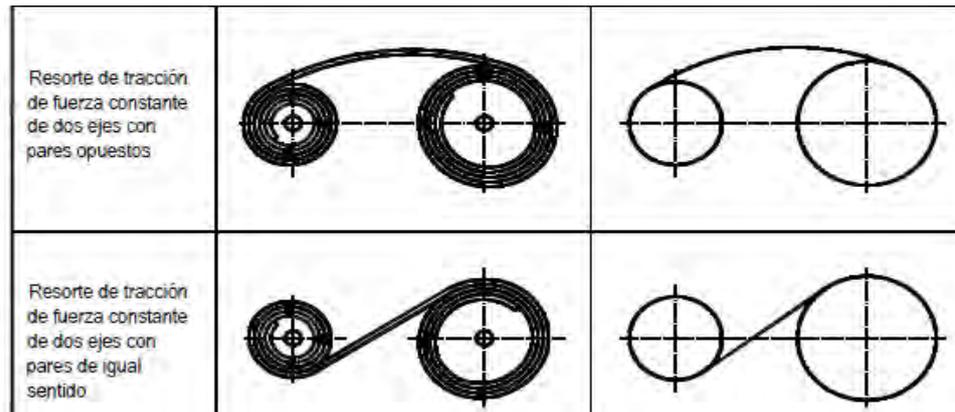
| RESORTE HELICOIDAL CILINDRICO DE TORSION | | |
|--|-------|-----------------------------|
| REPRESENTACION DETALLADA | | REPRESENTACION SIMPLIFICADA |
| VISTA | CORTE | |
| | | |
| | | |

RESORTE EN ESPIRAL

Es un resorte de torsión que requiere muy poco espacio axial. Está formado por una lámina de acero de sección rectangular enrollada en forma de espiral. Se utiliza para producir movimiento en mecanismos de relojería, cerraduras, persianas, metros enrollables, juguetes mecánicos, etc.

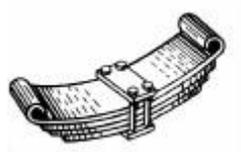


| RESORTES EN ESPIRAL | | |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| TIPO DE RESORTE | REPRESENTACION DETALLADA | REPRESENTACION SIMPLIFICADA |
| Resorte en espiral con lámina de sección rectangular | | |
| Resorte de tracción de fuerza constante | | |



RESORTE DE LÁMINAS

Este tipo de resorte se conoce con el nombre de ballesta. Está formado por una serie de láminas de acero de sección rectangular de diferente longitud, las cuales trabajan a flexión; la lámina de mayor longitud se denomina lámina maestra.



Las láminas que forman la ballesta pueden ser planas o curvadas en forma parabólica, y están unidas entre sí por el centro a través de un tornillo o por medio de una abrazadera sujeta por tornillos.

Las ballestas se utilizan como resortes de suspensión en los vehículos, realizando la unión entre el chasis y los ejes de las ruedas. Su finalidad es amortiguar los choques debidos a las irregularidades de la carretera.

| RESORTES DE LAMINAS | | |
|---|---|---|
| TIPO DE RESORTE | REPRESENTACION DETALLADA | REPRESENTACION SIMPLIFICADA |
| Resorte de láminas sin ojos |  |  |
| Resorte de láminas con ojos |  |  |
| Resorte de láminas con ojos y resorte auxiliar superior |  |  |
| Resorte de láminas con ojos y resorte auxiliar inferior |  |  |
| Resorte parabólico monolaminar con ojos |  |  |
| Resorte parabólico sin ojos |  |  |
| Resorte parabólico con ojos |  |  |
| Resorte parabólico con ojos y resorte auxiliar superior |  |  |
| Resorte parabólico con ojos y resorte auxiliar inferior |  |  |

TEMA XI

COJINETES

APOYOS POR DESLIZAMIENTO. RODAMIENTOS.

1. DIFERENCIAS Y VENTAJAS DE LOS RODAMIENTOS SOBRE LOS COJINETES DE FRICCIÓN.

Su principal diferencia es que reemplaza el movimiento de fricción por un movimiento de rodadura, mediante la intercalación de bolas o rodillos. El coeficiente de rozamiento se ve reducido hasta un 0.0013, inferior al valor del frotamiento interno del lubricante. Pueden corregirse irregularidades o desviaciones de dirección, utilizando rodamientos a rótula, principalmente cuando se trate de apoyos intermedios. Además de éstas, se pueden citar las siguientes:

Ventajas:

- Necesitan menor par de arranque que los de fricción.
- Facilidad de lubricación.
- Ocupan en el eje un espacio axial menor.
- Son capaces, en algunos tipos, de soportar cargas radiales y axiales. Los de fricción necesitan de un montaje doble.
- El ruido que se genera al comenzar el funcionamiento nos avisa de la necesidad de recambio. Los de fricción presentan la rotura de forma repentina.
- Se pueden reemplazar por elementos que están normalizados aún por diferentes fabricantes.
- Sus pequeñas tolerancias de ajuste en la fabricación permiten utilizarlos en mecanismos de gran precisión.
- Admiten precarga, con lo que se elimina el juego inicial. Esto da gran rigidez al montaje.
- Se pueden montar de formas muy diversas, ya que los fabricantes suministran las bases de sustentación.

Inconvenientes:

- Ocupan mayor espacio radial en un montaje que los de fricción.
- Mayor costo.
- El polvo o partículas, cuando se introducen en un rodamiento, lo pueden deteriorar. Los de fricción no sufren tanto por esta causa, pues el lubricante arrastra en gran medida las partículas adheridas.
- La vida de un rodamiento es finita. Un deslizamiento, bien conservado, puede durar siempre.
- Soportan peor las cargas por choque.

2. RODAMIENTOS DE BOLAS.

Están formados por dos anillos, uno interior solidario al eje o árbol participando de su giro, y otro exterior unido al soporte o cojinete y por lo tanto fijo con éste. Separando los dos anillos se intercalan una serie de bolas a distancias fijas, mantenidas por unas armaduras o cajones llamadas jaulas, fig. 11.1.

Existen cuatro tipos de rodamientos a bolas:

- A) Rígidos de bolas.
- B) De bolas a rótula.
- C) De una fila de bolas de contacto angular.
- D) De dos filas de bolas de contacto angular.

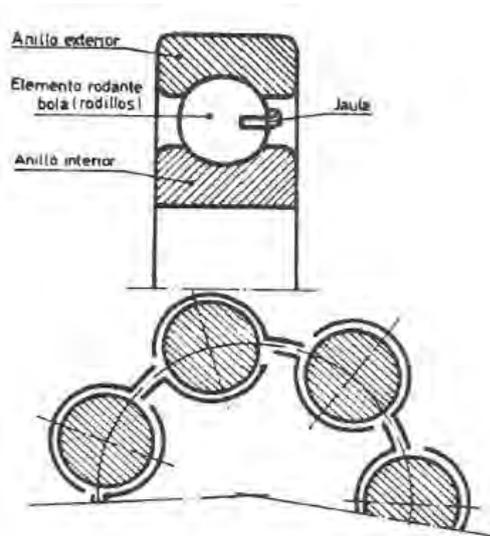


fig.11.1

2.1 Rodamientos rígidos de bolas.

Estos rodamientos tienen gargantas profundas y están provistos de orificios para la entrada de las bolas. (fig. 11.2)

Poseen gran capacidad de carga debido a la profundidad de la garganta y al tamaño que se le puede dar a la bola.

La carga que pueden soportar puede ser de sentido radial o axial. Se utilizan para altas velocidades y pueden llevar arandela de obturación para mayor duración o evitar la penetración del polvo, etc.

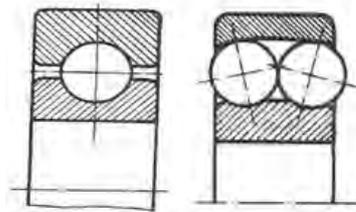


fig.11.2

fig.11.3

2.2 Rodamientos de bolas a rótula.

Poseen dos hileras de bolas con camino de rodadura esférico. Debido a la esfericidad del camino de rodadura son de alineación automática, pudiéndose utilizar para corregir irregularidades de alineación o paralelismo. (fig. 11.3)

Se utilizan tanto de agujero cilíndrico como cónico.

Existen tres tipos:

- A) Agujero interior cilíndrico.
- B) Agujero interior cónico.
- C) Rodamientos con manguito de fijación, que puede ser cónico exterior, interior o cilíndrico.

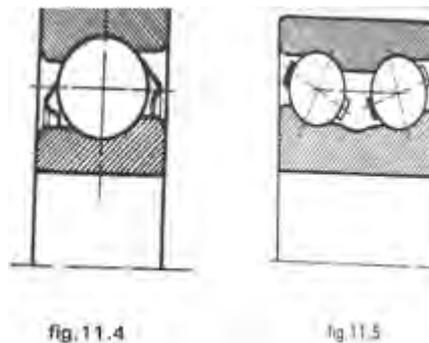
2.3 Rodamientos de una fila de bolas de contacto angular.

El anillo interior presenta en su forma dos diámetros, siendo uno mayor que el otro, al objeto de absorber bien las cargas axiales. (fig. 4).

Se disponen de manera que las presiones ejercidas por las bolas se apliquen oblicuamente al eje.

Son apropiados para cargas radiales o axiales, y se montan sobre el eje o árbol en contraposición al objeto de que uno absorba las cargas axiales en un sentido y el otro en el contrario.

Su resistencia a las cargas axiales es mayor que en el caso anterior, puesto que se ve aumentado el ángulo de contacto entre las bolas y el anillo interno.



2.4 Rodamientos de dos filas de bolas de contacto angular.

Tienen dispuesto el camino de rodadura de manera que la presión ejercida por las bolas se aplique oblicuamente con respecto al árbol o eje. (11.5)

Son adecuados en los casos en los que el órgano giratorio por falta de espacio deba ser soportado por un sólo rodamiento.

Son apropiados para absorber cargas radiales y axiales.

3. RODAMIENTOS DE RODILLOS.

Se componen esencialmente de dos aros, uno interior fijo al eje o árbol y otro exterior unido al soporte. Entre los anillos se disponen una serie de rodillos separados a distancias fijas entre sí por medio de jaulas, fig.11.6.

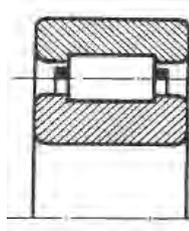


fig.11.6

Tienen una mayor capacidad de carga que los de bolas debido a que se realiza por medio de una generatriz y no por un punto como sucede en el caso anterior.

Existen tres tipos:

- A) Rodamientos radiales de rodillos cilíndricos.
- B) Rodamientos radiales de rodillos a rótula.
- C) Rodamientos radiales de rodillos cónicos.

3.1 Rodamientos radiales de rodillos cilíndricos.

Los rodillos están guiados por pestañas entre los aros, careciendo el otro aro de dicha pestaña

Son adecuados para cargas radiales relativamente grandes y pueden soportar grandes velocidades.

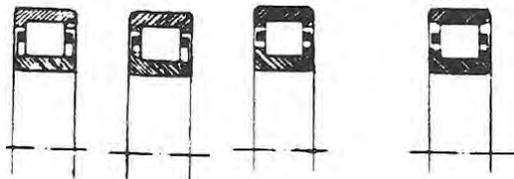


fig.11.7

3.2. Rodamientos radiales de rodillos a rótula.

Poseen en el aro exterior el camino de rodadura esférico común para ambos rodillos.

Son de alineación automática y pueden absorber elevadas cargas radiales y axiales. (fig. 11.8)

3.3. Rodamientos radiales de rodillos cónicos.

La disposición de los rodillos es de forma oblicua, de tal manera que la línea de acción de la carga a la que están sometidos los rodillos se encuentre sobre un mismo punto en el eje o árbol. (fig. 11.9)

Esta disposición les permite soportar grandes cargas radiales y axiales en ambos sentidos si se montan en contraposición.

La resistencia a las cargas axiales es superior a la de los rodamientos radiales de rodillos cilíndricos a rótula.

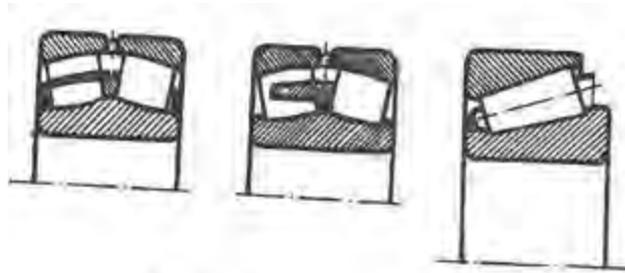


fig.11.8

fig.11.9

4. APOYOS PARA EJES VERTICALES.

Cuando sea necesario constituir un apoyo de tipo vertical se recurre a los rodamientos axiales de bolas o de rodillos.

Existen tres tipos:

- A) Rodamientos axiales de bolas de simple efecto
- B) Rodamientos axiales de bolas de doble efecto
- C) Rodamientos axiales de rodillos a rótula

4.1. Rodamientos axiales de bolas de simple efecto.

Se componen de una hilera de bolas entre dos aros, uno de los cuales está fijo al árbol, el otro a la bancada, pudiendo ser este de asiento plano o esférico. (fig. 11.10)

Se utiliza preferentemente el de asiento esférico ya que esta disposición permite corregir irregularidades. Aguantan cargas en un sólo sentido.

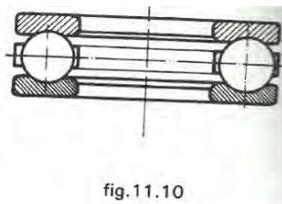


fig.11.10

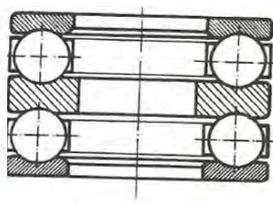


fig.11.11

4.2. Rodamientos axiales de doble efecto

Están provistos de dos hileras de bolas, una para cada dirección de la carga, y tres aros.

En el aro central se fija el eje o árbol y los dos exteriores se fijan al soporte. El asiento puede ser plano o esférico. (fig. 11.11)

Se utilizan para cargas axiales en las dos direcciones.

4.3. Rodamientos axiales de rodillos a rótula.

Estos rodamientos tienen una hilera de rodillos situados oblicuamente, estando guiados por una pestaña que va del aro fijo al eje o árbol. (fig. 11.12)

Poseen gran capacidad de carga y son también de alineación automática.

Pueden girar a gran velocidad y soportar tanto cargas radiales como axiales.

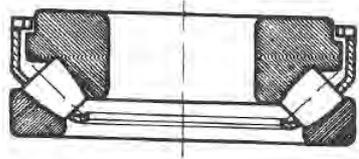


fig.11.12

5. SELECCIÓN DEL TIPO Y TAMAÑO DEL RODAMIENTO.

Aunque no existe una regla de carácter general, pueden ser útiles las siguientes:

A) En soportes de grandes dimensiones y grandes cargas deben adoptarse rodamientos de rodillos. También deben elegirse estos tipos de rodamientos si la carga va acompañada por choque.

B) En pequeños montajes debe escogerse rodamientos de bolas.

C) Si hay empujes axiales importantes se utilizarán los rodamientos rígidos de bolas y también en los casos en que la velocidad angular sea muy elevada.

D) Si el eje va a ocupar una posición oblicua con respecto al soporte debe utilizarse rodamientos de bolas a rótula o rodamientos de rodillos a rótula.

Cada una de las semillantas del avión lleva un cojinete de rodillos cónicos. Cada cojinete está retenido en su alojamiento mediante los anillos de seguridad. Un conjunto de retén de grasa, montada entre los cojinetes y el tope interior de cada semillanta, impide que la grasa se salga y que penetre materias extrañas.

COMPROBACIONES

- Examinar los cojinetes de bolas en cuanto a desgaste, daños y corrosión.
- Sustituir los componentes dañados.
- Aplicar una capa ligera de grasa en los cojinetes de bolas.
- Examinar el apoyo de cojinete y su alojamiento.
- Hacer girar el eje y comprobar que su recorrido es completo y sin obstrucciones, reparar o sustituir lo que sea necesario.

6. CALCULO DE LAS CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE UN RODAMIENTO.

Las cargas que actúan sobre un rodamiento se componen de una fuerza procedente del esfuerzo transmitido y de otras adicionales que dependen del modo en que trabaje la máquina.

- Caso de un engranaje.
- Caso de una transmisión con correa.

12. MÉTODOS DE LUBRICACIÓN

El aceite se envía a los distintos puntos que hay que engrasar por medio de dispositivos que permiten medir la cantidad que debe llegar a cada punto. El aceite usado fluye a un depósito donde se limpia para reciclarlo de nuevo. A continuación se describen algunos de los procedimientos utilizados.

Lubricación manual. Este método no es deseable, porque suele suministrar un caudal de aceite excesivo. Este tipo solo debe seguirse si no se tiene otra alternativa, o en los casos en que la lubricación no tenga una importancia excesiva.

Lubricación con mecha. Se suministra el aceite por medio de un mecha que está en contacto con el aceite contenido en un depósito y su otro extremo con el cojinete correspondiente. El aceite se extrae por capilaridad, la velocidad de lubricación depende de la naturaleza de la mecha. Este procedimiento de lubricación es mejor que el anterior.

Lubricación por goteo. El aceite entra en el cojinete por goteo a través de una válvula de aguja, lo que permite controlar la aportación de aceite.

Lubricación por anillo. Se utiliza un anillo o una cadena situado cerca del cojinete. Cuando el anillo se sumerge en el depósito de aceite, éste traslada el aceite al apoyo. Se utiliza para velocidades altas.

Lubricación a presión. El aceite se mantiene en el apoyo mediante una bomba que lo suministra de forma continua. Posteriormente el aceite se recupera y de nuevo se bombea. Este método tiene la ventaja de que el aceite libera gran parte del calor producido por rozamiento.

Aplicaciones prácticas de los cojinetes

| Máquina | Cojinete | p_{\max} (MPa) | Viscosidad (μ) (cP= 10^{-3} Pa.s) | $\mu n'/p$ $\times 10^{-9}$ |
|--------------------------------|-----------|------------------|--|--------------------------------|
| Automóvil y aviación | Bancada | 4.8 a 7 | 7 | 36 |
| | Muñón | 3.6 a 23.4 | 8 | 24.2 |
| | Manivela | 13.7 a 34.5 | 8 | |
| Motores de gas y aceite | Bancada | 3.4 a 8.2 | 20 | 48.3 |
| | Muñón | 6.9 a 12.4 | 40 | 24.1 |
| | Manivela | 8.2 a 13.8 | 65 | |
| Motores marinos | Bancada | 3.4 | 30 | 48.3 |
| | Muñón | 4.1 | 40 | 36 |
| | Manivela | 10.3 | 50 | |
| Motores de vapor estacionarios | Bancada | 1.4 a 2.7 | 15 a 60 | 48.3 |
| | Muñón | 4.1 a 10.3 | 30 a 80 | 14.5 |
| | Manivela | 12.4 | 25 a 60 | |
| Bombas y motores recíprocos | Bancada | 4.7 | 30 | 72.5 |
| | Muñón | 4.1 | 50 | 48.3 |
| | Manivela | 6.9 | 80 | |
| Turbinas de vapor | Principal | 0.7 a 2.0 | 2 a 16 | 241 |
| Motores y bombas rotativas | Eje | 0.7 a 1.4 | 25 | 482 |

TEMA XII

TRANSMISIONES

CADENAS.

1. TRANSMISIÓN POR CADENAS.

Cuando en una transmisión no interesan las ruedas dentadas, bien sea por las dimensiones o por el número de ruedas intermedias que habría que colocar, se utilizan las cadenas.

Las ventajas de las cadenas sobre las ruedas son:

- Se pueden transmitir grandes potencias entre árboles próximos y a poca velocidad.
- En la transmisión por cadenas intervienen aproximadamente la mitad de los dientes de la rueda, por lo que se prestan para la transmisión de grandes potencias. En engranajes hay uno o varios dientes.
- La transmisión se hace sin deslizamiento, al contrario que en el caso de cables y correas.
- No precisan tensión inicial.
- La relación de transmisión es exacta.
- La reacción de los cojinetes es solo F_t .

Hay varios tipos de cadenas que describiremos a continuación.

* Cadenas de Eslabones

* Cadenas Articuladas

- Cadena Galle
- Cadena de bloques
- Cadena Vaucanson
- Cadena silenciosa
- Cadena de eslabones desmontables

1. CADENAS DE ESLABONES.

Se utilizan en los aparatos elevadores. Se conocen tres tipos:

- Cadenas con eslabones cortos
- Cadenas con eslabones largos, fig.25.1.
- Cadenas con eslabones separados o con travesaños, fig.25.2.

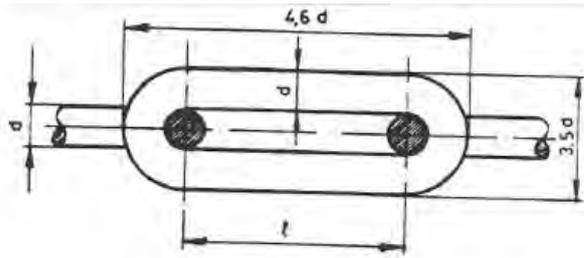


fig.25.1

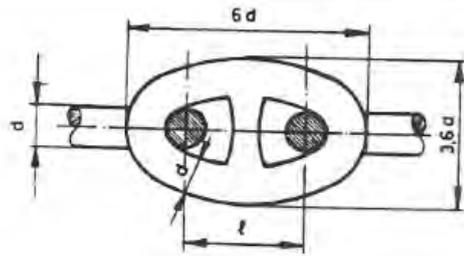


fig.25.2

3. CADENAS ARTICULADAS.

Se utilizan en máquinas elevadoras y transportadoras, y como órganos de transmisión. Si se utilizan como medio de transmisión deben trabajar de 1/8 a 1/20 el valor de su capacidad y su velocidad (v_t) debe ser menor de 3 m/s.

3.1 Cadena Galle.

La cadena Galle se construye a base de placas unidas por pasadores roblonados en sus extremos (cadena de bicicleta), fig.25.4.

Se emplean casi exclusivamente para transmitir potencia entre árboles. La relación máxima a transmitir es 8:1.

Calcularemos, primeramente, la placa en dos secciones distintas:

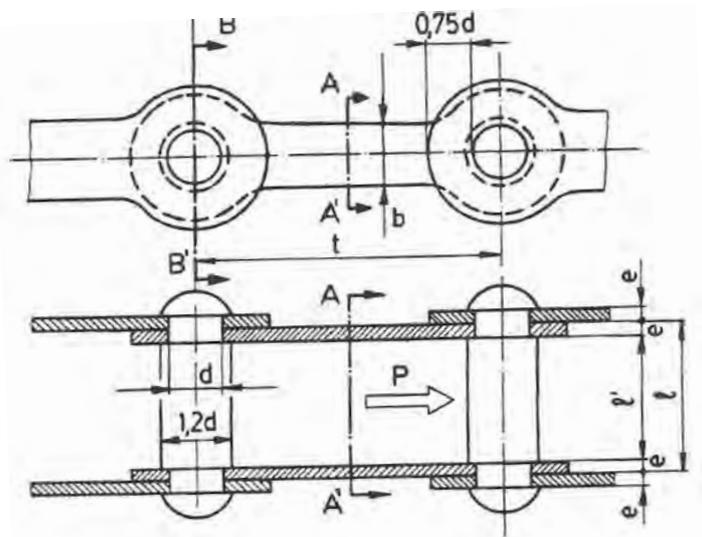


fig.25.4

3.4. Cadena silenciosa.

En estas cadenas no engranan los pasadores, sino los propios eslabones, fig.25.9. Engranar por tanto sin ruido, por lo que se las llaman silenciosas. En los eslabones se aloja un pasador cementado, alojado en una camisa, ensamblándose las placas por medio de arandelas. Estas cadenas no suelen producir sacudidas sobre los dientes.

Se utilizan para $v_t < 8$ m/s.

No se utilizan para aparatos de elevación.

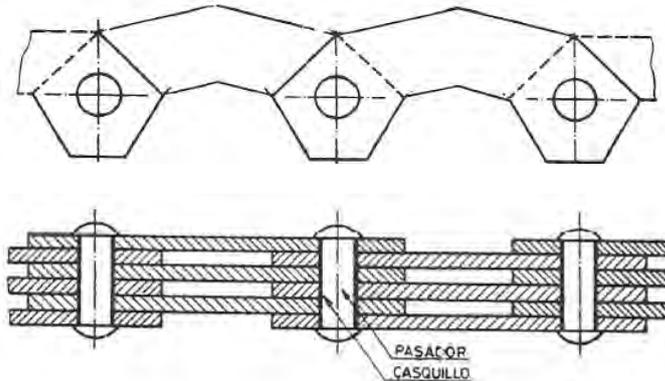


fig.25.9

3.5. Cadena de eslabones desmontables.

Los eslabones tienen forma de cuadro rectangular, uno de los dos juega el papel de gorrón, y el otro está ahuecado cilíndricamente y es el cojinete en donde se puede introducir el siguiente eslabón, fig.25.10.

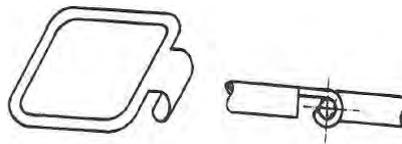


fig.25.10

Las cadenas se montan sobre las ruedas con el eslabón abierto hacia fuera.

Se construyen de acero moldeado, acero estampado, y fundición maleable.

Se pueden transmitir hasta 25 C.V., y una velocidad v_t menor de 4 ó 5 m/s.

4. POLEAS Y TAMBORES PARA CADENAS DE ESLABONES.

Se construyen de fundición.

Poleas.

Las formas del perfil de la garganta son las de la fig.25.11.

Montaje y mantenimiento

Una transmisión por cadena correctamente elegida, sólo podrá alcanzar la vida que de ella se espera si se monta correctamente y si se implanta un engrase y mantenimiento adecuado en las condiciones de trabajo.

En primer lugar hay que asegurarse de que los ejes giran sin excentricidad ni golpean, que son paralelos y que su posición relativa no podrá ya variar durante el trabajo. Las ruedas de cadena se colocarán alineadas y lo más próximas posible a los cojinetes de apoyo. Cumpliendo esta condición, se asegura que no aparezcan en las articulaciones de la cadena ni entre la cadena y los dientes de la rueda, presiones concentradas excesivas, ni sollicitaciones transversales que podrían destruir la cadena en un tiempo muy corto. Cuando se colocan cadenas de repuesto sobre ruedas de cadena que ya han trabajado, hay que verificar si está garantizada la marcha sin perturbación de la cadena nueva. Las ruedas de cadena que presenten fuerte desgaste en los flancos de los dientes deben sustituirse.

TABLA 5. Tabla del factor de irregularidad «y»

| Solicitud | Coficiente de impacto γ | Factor de irregularidad «y» |
|--|--------------------------------|-----------------------------|
| Marcha uniforme, carga regular | 1 | 1 |
| Marcha uniforme con algunos choques aislados, carga ligeramente pulsante | 1,5 | 0,8 |
| Choques ligeros, carga pulsante media | $\frac{2}{1}$ | $\frac{0,73}{1}$ |
| Choques medios, carga pulsante pesada con descarga periódica | 3 | 0,63 |
| Choques pesados, pequeños choques de aceleración | 4 | 0,58 |
| Choques pesados, con choques de aceleración medios | 5 | 0,53 |

Colocación de la cadena

Conviene elegir la distancia entre ejes de forma tal que pueda emplearse una cadena con un número par de eslabones que puedan cerrarse con un eslabón normal de enlace (eslabón recto). El lado abierto del cierre elástico o grupilla debe colocarse en sentido opuesto al de marcha. Debe tratar de evitarse el empleo de cadenas con número impar de eslabones, que han de cerrarse con un eslabón acodado, el cual reduce la capacidad de carga de la cadena en un 20 por 100.

Más ventajosos son los eslabones doble-acodados, pero es necesario montarlos entre dos eslabones de enlace (fig. 5).

La flecha de la cadena conviene que no sea superior al 2 por 100 de la distancia entre ejes. Para compensar el alargamiento por desgaste material deben preverse dispositivos tensores, por ejemplo, modificación de la distancia entre ejes corriendo la rueda conductora o conducida, o en el caso de distancias entre centros fijas, ruedas o carriles tensores.

Engrase

La vida de la cadena se prolonga notablemente con un engrase eficaz. Para ello es imprescindible que el lubricante penetre hasta las partes de cadena más sometidas a desgaste, o sea, las articulaciones (fig. 6).

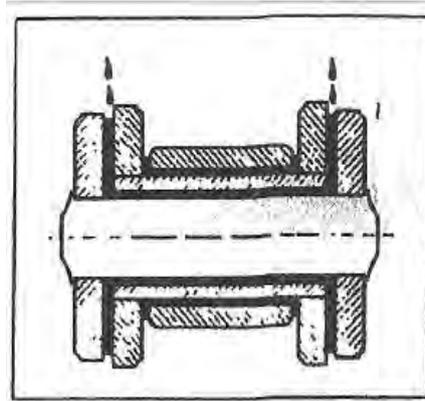


Fig. 6. Lubricación de la cadena.

Para la lubricación de cadenas, lo más adecuado es un aceite mineral fluido, sin acidez y sin impurezas. En general, no se recomiendan aceites espesos y grasas.

En los lubricantes citados en el primer párrafo, se trata de exigencias mínimas. Si se emplean sistemas de engrase más eficaces, esto influirá favorablemente en la vida de la cadena, por ejemplo, empleando lubricación por goteo en vez de manual.

Mantenimiento

Incluso en las condiciones de trabajo más favorables, es conveniente inspeccionar regularmente la cadena, comprobando especialmente la flecha de la cadena, el estado de los dientes en las ruedas de cadena, así como el nivel de aceite y su estado. En caso de engrase por baño o circulación de aceite, hay que cambiar el aceite por lo menos una vez al año. Limpiando los sedimentos.

Las cadenas que trabajan al aire deben desmontarse de tiempo en tiempo, limpiándolas en un baño de gasolina o petróleo, de partículas de absorción, suciedad y grasa resinificada. A continuación se introducirán en un baño de aceite o grasa calentada.

El desgaste natural produce un alargamiento paulatino de la cadena. Según la magnitud de los esfuerzos será necesario retensar cadena a intervalos más o menos largos. Cuando la cadena se haya alargado una longitud equivalente a dos pasos, puede acortarse en dos eslabones, volviéndola a cerrar con el mismo eslabón de cierre.

Cuando el alargamiento sea superior al 3 por 100, la cadena ya no pasa por la rueda de cadena sin perturbaciones -y debe sustituirse por una cadena nueva. Suele ser ventajoso cambiar también las ruedas de cadena, ya que una cadena nueva sobre ruedas de cadena viejas tiene una duración notablemente más corta.

7. MATERIALES PARA CORREAS.

Las correas de transmisión pueden ser de cuero curtido, caucho, algodón con goma elástica o con balata, y para mecanismos pequeños de ciertos plásticos.

Las características de las de cuero y caucho son las siguientes:

Cuero.

- Se construye de dos a tres capas.
- Módulo de elasticidad: $E = 5000$ a 7000 N/cm^2
- Espesor: $e = 4$ a 6 mm
- Fatiga admisible: $\sigma = 400$ a 550 N/cm^2 dependiendo del cuero
- Peso específico: $\gamma = 1 \text{ kg/dm}^3$
- Coef. de rozamiento: $f = 0.22$ a 0.28 (cuero-madera, cuero-fundición)

Se ha demostrado que el coeficiente de rozamiento de las correas de cuero y de las que tienen capas de cuero varía en función de la velocidad. Esto se debe a la dificultad que tiene el cuero para recuperarse de la deformación sufrida por la flexión a que se le somete. La expresión para el coeficiente de rozamiento es:

$$f = 0.22 + f_A \cdot v_t$$

Siendo f_A el factor de adherencia que vale 0.012 por la cara suave y 0.02 por la cara rugosa y v_t la velocidad tangencial en m/s. v_t admisible 30 a 50 m/s .

Caucho.

Espesor: $e = 12$ a 20 mm Peso específico: $\gamma = 1.23 \text{ kg/dm}^3$

8. MONTAJE.

Las correas deben ser estiradas antes de su uso, para que adquieran elasticidad, y se les dará una tensión inicial que suele ser de 1.8 N/mm^2 a 2 N/mm^2 , para conseguir el movimiento sin deslizar.

La posición de la correa debe ser horizontal, y tanto si está así como inclinado, el ramal conductor debe ser el inferior para aumentar el ángulo abrazado α , al quedar flojo el ramal superior o conducido.

10. CINTAS METÁLICAS.

Se utilizan para transmitir potencias superiores a 50 C.V. Están construidas con acero al carbono templado, cuya tensión de rotura puede ser mayor de 1300 N/mm^2 .

El espesor varía entre 0.3 mm y 1.1 mm , y el ancho de 80 mm a 250

El deslizamiento está entre un 0.1% y un 0.5% de pérdidas.

El rozamiento se puede aumentar revistiendo la cara en contacto con la polea, con láminas de corcho o recubrimientos plásticos.

No se aplican para diámetros inferiores a 50 mm .

11. MONTAJE.

El montaje de las cintas metálicas debe hacerse con ejes paralelos, y nunca con poleas locas y correas cruzadas o semicruzadas, ya que rompería por fatiga rápidamente; ni en conos de poleas, ya que obligaríamos a la cinta a tener forma espiral.

En posición cruzada pueden emplear, si el punto de cruce está a una distancia de la polea menor, mayor que cuatro veces el diámetro de la mayor, medida desde el eje de la polea menor al punto de cruce.

El montaje ha de ser rigurosamente verificado y la longitud total de la cinta será:

$$L \geq 0.75 \cdot v$$

Para grandes potencias pueden montarse dos cintas en paralelo, de longitudes rigurosamente iguales.

16. OBSERVACIONES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO.

a) El fenómeno de la transmisión por órganos flexibles no es del todo conocido en la actualidad, por intervenir en él un buen número de variables:

- Rozamiento.
- Resistencia específica.
- Deslizamiento.
- Aumento de tensión por flexión en las fibras exteriores.
- Tensión en reposo.
- Valores constantes de cada material que intervienen en forma de coeficientes prácticos que influyen de diversas formas en los resultados.

Este deslizamiento es despreciable en cables y cintas de acero

f) Ha de procurarse un equilibrio perfecto de la polea y un buen asiento de la correa sobre ella.

g) Uno de los ejes debe ser desplazable para poder variar la tensión de la correa. Esta tensión debe ser en reposo de 1.6 a 1.7 N/mm².

17. CORREAS TRAPECIALES.

Su sección es trapezoidal, hechas de caucho y lona y son correas cerradas. Sus dimensiones están estandarizadas por cada casa según catálogos.

Para su colocación sobre las poleas, es necesario que el eje de las poleas permita un pequeño deslizamiento, a fin de que la correa de dimensiones fijas, pueda siempre quedar tensa.

Se construyen con un ancho comprendido entre 10 a 32 mm y espesores de 6 a 13 mm, y otros especiales cuya anchura puede llegar a 51 mm y su espesor a 30 mm.

La correa trapezoidal normal, se aloja en la garganta de la polea, y esta disposición hace que aumente el rozamiento tres veces más que en el caso de las correas planas, permitiendo relaciones de transmisión de 1 a 12, con tal que el ángulo abrazado α en la polea menor sea mayor que 120° .

Se emplea siempre para transmitir rotaciones en igual sentido (correa abierta). Requieren poca T_2 por ser el valor de f elevado, y dan poca presión en los cojinetes.

La distancia entre ejes E no suele exceder del diámetro de la polea mayor, como distancia mínima entre ejes se puede utilizar la expresión

$$E \geq (\mu - 1) \cdot d \quad \text{siendo} \quad \mu = \frac{D}{d}$$

siendo D y d los diámetros de cada polea.

Se pueden utilizar poleas de 3 a 15 gargantas, adecuadas al tipo de correas, y la elección de ésta se hace en función de su desarrollo, diámetro de la polea menor y de la potencia a transmitir-, mediante tablas de la casa suministradora.

El desarrollo de la correa, se mide siempre en la fibra neutra, por ser la única que lleva la velocidad teórica, habiendo forzosamente deslizamiento en las demás, y por ello el espesor debe ser siempre pequeño.

El desarrollo se calculará por la expresión:

$$L = \pi (R + r) + 2 \sqrt{E^2 + (R - r)^2}$$

Montaje de las correas y carrera del tensor

Una transmisión debe ser proyectada en forma de poder montar y tensar las correas. Es pues necesario un tensor; se aconseja motor sobre carriles tensores, que representa el sistema más eficaz para obtener un montaje racional y una tensión justa.

La siguiente tabla fija la variación mínima que hay que prever tanto para el montaje como para el tensado de las correas

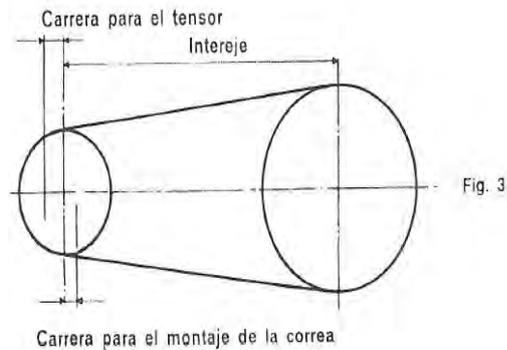
Es necesario observar además las siguientes normas:

- 1) Verificar la alineación de las poleas de la transmisión.
- 2) Asegurarse que los flancos de las gargantas sean bien lisos.
- 3) Aflojar el tensor para el montaje de las correas evitando el uso de palancas que provocan la rotura de los elementos resistentes de las correas.
- 4) Desplazar el motor para tensar las correas.
- 5) Poner en marcha la transmisión y si las correas deslizan actuar gradualmente sobre el tensor.

6) Durante los primeros días de funcionamiento controlar frecuentemente la tensión.

Tabla 10

| Tipo de correa | Carrera mínima para el montaje de la correa (mm) | | | | | | | Carrera mínima del tensor (mm) |
|----------------|--|----|----|----|----|----|-----|-----------------------------------|
| | Z | A | B | C | D | E | F | |
| 26 - 38 | 15 | 19 | 25 | | | | | 25 |
| 38 - 60 | 15 | 19 | 25 | 38 | | | | 38 |
| 60 - 90 | 19 | 19 | 32 | 38 | | | | 51 |
| 90 - 120 | | 25 | 32 | 38 | | | | 63 |
| 120 - 158 | | 25 | 38 | 38 | 51 | | | 75 |
| 158 - 195 | | | | 51 | 51 | 63 | | 90 |
| 195 - 240 | | | | 51 | 51 | 63 | | 101 |
| 240 - 270 | | | | 51 | 63 | 63 | 76 | 113 |
| 270 - 330 | | | | 51 | 63 | 76 | 76 | 127 |
| 330 - 420 | | | | 51 | 63 | 76 | 90 | 152 |
| 420 y otros | | | | | 76 | 90 | 100 | 1,5 % de la longitud de la correa |



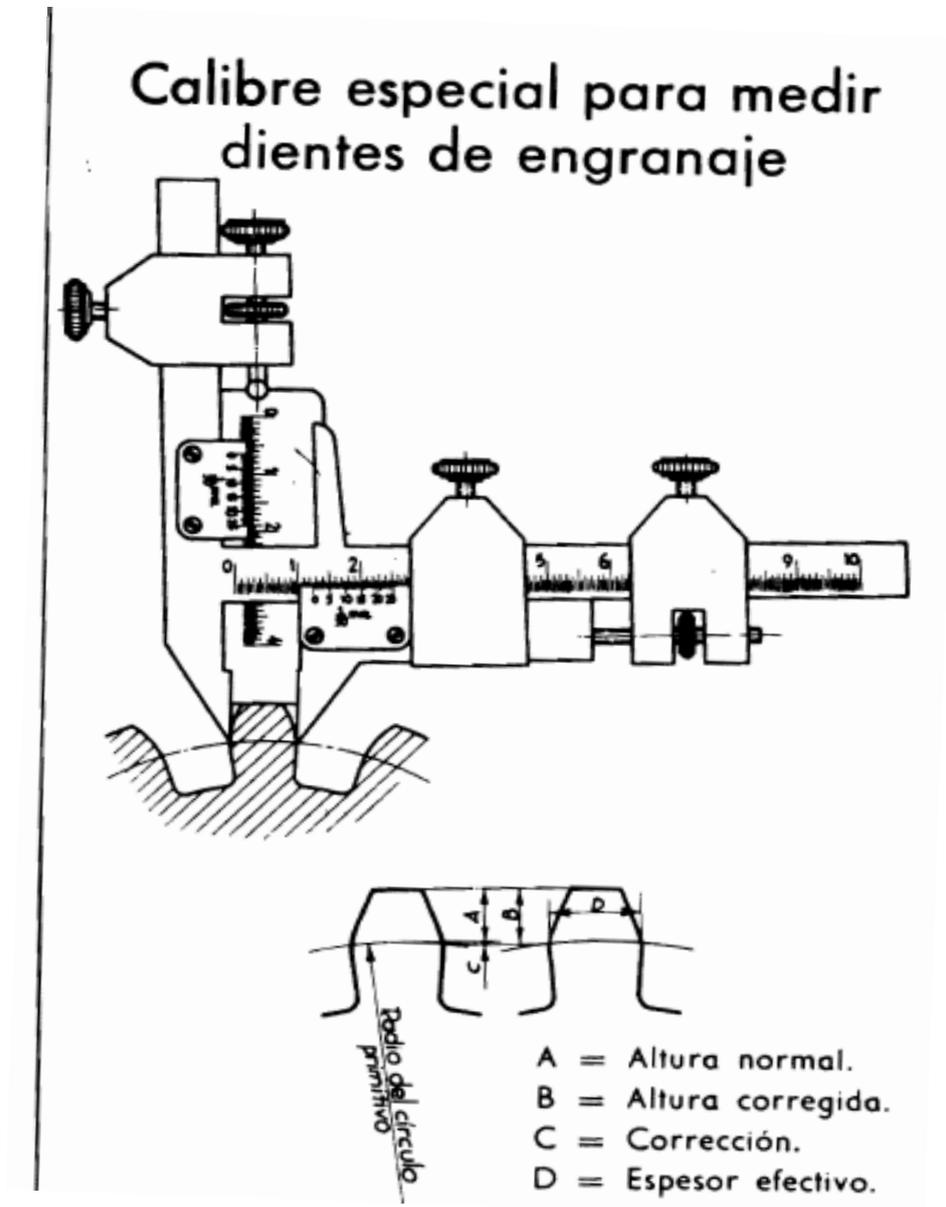
Comprobar condición de poleas en cuanto a:

- Fisura en los bordes.
- Señales inusuales en el fondo de las ranuras.
- Fisuras en el centro.
- Burbujas
- Movimiento en el cojinete o cojinete suelto
- Corrosión
- Grietas
- Desgaste
- Montaje correcto
- Deformación
- Alineación del cable con respecto a la polea.
- Deshiladuras de la correa
- Limpieza.

Gato de tornillo

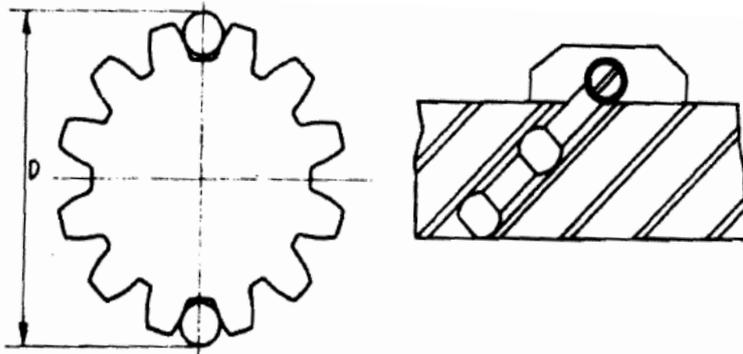
El gato de tornillo es un aparato de alta calidad que se utiliza para facilitar el levantamiento de pesos. Este modelo funciona por medio de un tornillo, lo que simplifica el proceso.

El gato de tornillo se utiliza comúnmente para levantar coches cuando se desea, por ejemplo, cambiar un neumático.



La medición de ruedas y piñones helicoidales

En los mecanismos de precisión se hace necesario un riguroso control de diámetros en zonas de contacto en los flancos de los dientes. Esto puede realizarse, a falta de aparatos especiales, con un sencillo procedimiento. Deben prepararse dos barras con unos discos esféricos que puedan sustituir a las bolas, y cuyo detalles se indica en el dibujo.



MEDICION DE LA DENTADURA DE UN ENGRANAJE POR MEDIO DE UN CALIBRE CORRIENTE



Tabla indicadora del número de espacios comprendidos en la medida K en función del número de dientes del engranaje y ángulo de presión.

EJEMPLO PARA SU USO

Angulo de presión, 20° Núm. de dientes, 45 Núm. de espacios, C = 4

| NUMERO DE ESPACIOS C | ANGULO DE PRESION | | | | |
|----------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 14° 30' | 17° | 20° | 22° 30' | 25° |
| | NUMERO DE DIENTES DE ENGRANAJE | | | | |
| 1 | 12 = 25 | 12 = 21 | 12 = 18 | 12 = 16 | 12 = 14 |
| 2 | 26 = 37 | 22 = 32 | 19 = 27 | 17 = 24 | 15 = 21 |
| 3 | 38 = 50 | 33 = 42 | 28 = 36 | 25 = 32 | 22 = 29 |
| 4 | 51 = 62 | 43 = 53 | 37 = 45 | 33 = 40 | 30 = 35 |
| 5 | 63 = 75 | 54 = 64 | 46 = 54 | 41 = 48 | 37 = 43 |
| 6 | 76 = 87 | 65 = 74 | 55 = 63 | 49 = 56 | 44 = 51 |
| 7 | 88 = 100 | 75 = 85 | 64 = 72 | 57 = 64 | 52 = 58 |
| 8 | | 86 = 96 | 73 = 81 | 65 = 72 | 59 = 65 |

M = Módulo. C = Espacios. Y = Núm. de espacios C.

N = Núm. de dientes del engranaje. α = Angulo de presión.

α 1 = Angulo de presión en radianes.

Fórmula general para cualquier ángulo de presión:

$$K = M \left[\pi \left(Y + \frac{1}{2} \right) \cos \alpha + N \cos \alpha (\operatorname{tg} \alpha - \alpha 1) \right]$$

Fórmula para 14° 30' simplificada:

$$K = M [(3.04280 \times Y) + 1.5218 + (0.00514 \times N)]$$

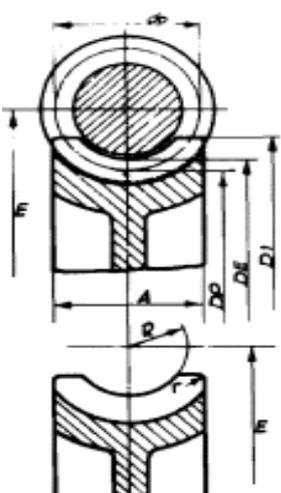
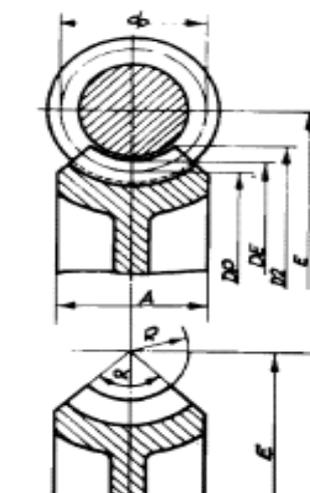
Fórmula para 15° simplificada:

$$K = M [(3.03455 \times Y) + 1.5177 + (0.00594 \times N)]$$

Fórmula para 20° simplificada: *

$$K = M [(2.952 \times Y) + 1.476 + (0.014 \times N)]$$

TORNILLO SIN-FIN Y SU RUEDA

| TIPO A | DESIGNACION | TIPO B |
|--|--|--|
|  | <p>M = Módulo. P = Paso. DP = Diámetro primitivo. DE = Diámetro exterior. D1 · D2 = Diámetro mayor y sobre aristas. E = Distancia entre ejes de la rueda y sin-fin. A = Ancho de la rueda. r = Radio de la cabeza. R = Concavidad periférica. α = Angulo de las caras. N = Número de dientes. L = Altura de la cabeza del diente. = Altura del pie del diente. h = Altura total del diente. e = Espesor del diente. c = Espacio entre dientes.</p> <p style="text-align: center;">NOTA. — Se recomienda el empleo de la rueda tipo A, por ser más resistente, y sencilla su mecanización. En las relaciones se tomará el tornillo sin-fin como una rueda de 1-2-3-4 dientes según sea el número de filetes.</p> |  |
| FORMULAS TIPO A | | FORMULAS TIPO B |
| $M = \frac{P}{3,1416} = \frac{Dp}{N}$ $DE = (N + 2) \times M.$ $DP = N \times M.$ $D1 = DE + (0,4775 \times P), \text{ para tornillo sin-fin de filete simple y doble.}$ $D1 = DE + (0,3183 \times P), \text{ para triple y cuádruple.}$ $A = 2,38 \times P + 6 \text{ mm.}, \text{ para simple y doble.}$ $A = 2,15 \times P + 5 \text{ mm.}, \text{ para triple y cuádruple.}$ $R = 0,5 \times dp - M.$ $r = 0,25 \times P.$ | $E = \frac{DP + dp}{2}$ | $M = \frac{P}{3,1416} = \frac{DP}{N}$ $DE = (N + 2) \times M.$ $DP = N \times M.$ $D2 = 2 \left(R - R \times \cos \frac{\alpha}{2} \right) + DE.$ $A = 2,38 \times P + 6 \text{ mm.}, \text{ para simple y doble filete.}$ $A = 2,15 \times P + 5 \text{ mm.}, \text{ para triple y cuádruple.}$ $R = 0,5 \times dp - M.$ |

Inspecciones en el engranaje

Cerciorarse de que los dientes del engranaje no tienen desgaste.

Las cajas de engranajes deben protegerse de suciedad y humedad.

Guardar los componentes en bolsas de polietileno limpias herméticamente cerradas, apenas desmontados.

TEMA XIII

CABLES DE CONTROL

CABLES DE CONTROL

Los cables metálicos están formados por un alma de cáñamo y a veces de hierro a cuyo alrededor van trenzados condones formando hélices. Estos condones están a su vez formados por alambres de acero cuyo diámetro suele variar, según la clase de cable, desde 0,20 a 12 milímetros.

Un cable se suele designar por el número de cordones separado por el signo ' X del número de alambres de cada cordón y a continuación el signo + seguido del número de almas textiles o metálicas.

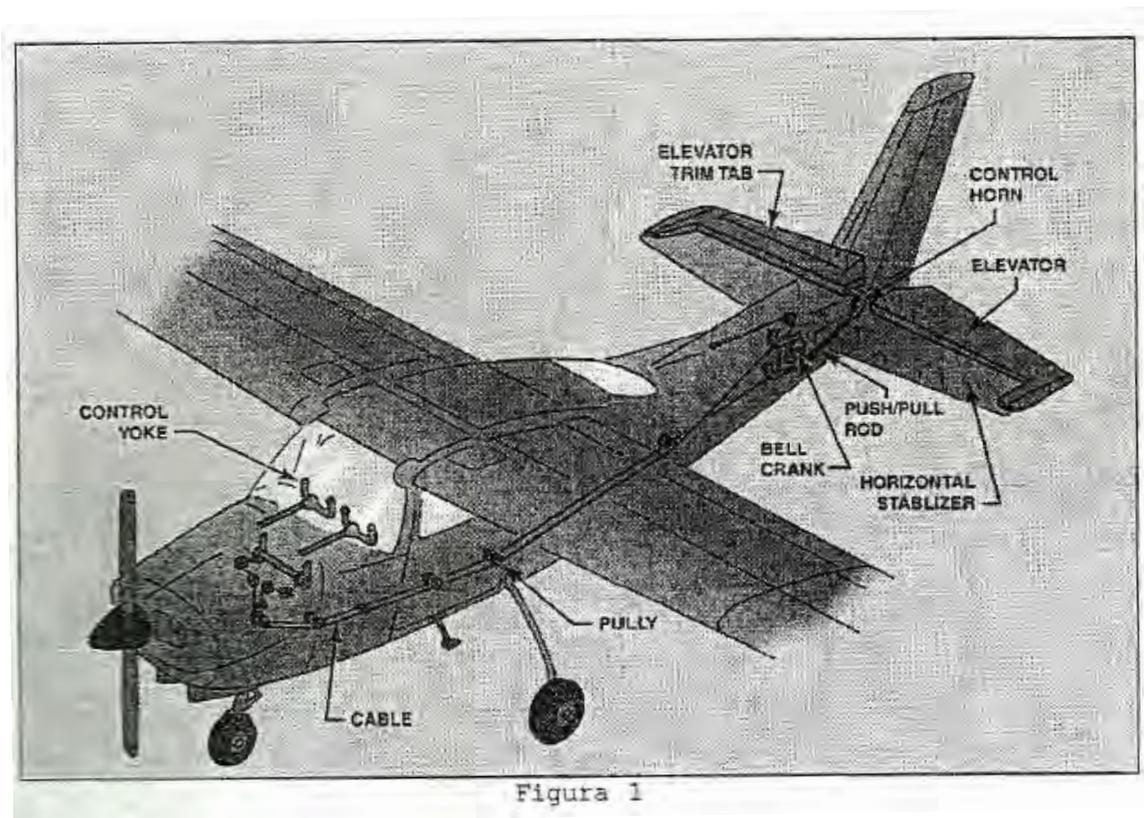


Figura 1

CARACTERISTICAS.- Las características que definen a un cable son:

1. La longitud del cable en metros.
2. El diámetro del cable en milímetros. Se da el de la circunferencia circunscrita a la sección transversal. Es el diámetro nominal.
3. La composición, o sea, el número de cordones, número, forma y disposición de los alambres en el cordón.
4. Alma del cable, que puede ser textil o metálica, en cuyo caso hay que indicar la composición.

Calidad o resistencia de los alambres en Kg/inm^2

6. Protección o recubrimiento, que puede ser gris, galvanizado, galvanizado reforzado o estañado.

7. Torsión de los alambres en los condones y de los condones en el cable.

Con estos datos la casa constructora calcula:

- a) La carga de rotura del cable en Kilogramos.
- b) Diámetro de los alambres en milímetros y sección metálica del cable en m^2 . ó en 1/32"
- c) Peso del cable en Kg. ó en Libras

| Diameter (Inch) | 1 x 7 and 1 x 19 | | | | 7 x 7, 7 x 19, and 6 x 19 (1 WAC) | | | |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | Nonflexible, corrosion | | Corrosion, resisting | | Flexible, corrosion | | Flexible, corrosion resisting | |
| | MIL-W-8946 | | MIL-C-5153 | | MIL-W-1511 | | MIL-C-5424 | |
| | Weight, pounds per 100 feet | Breaking strength, pounds |
| 1/32 | 0.25 | 185 | 0.25 | 150 | ... | ... | ... | ... |
| 3/64 | .55 | 375 | .55 | 375 | ... | ... | ... | ... |
| 1/16 | .85 | 600 | .85 | 500 | 0.75 | 480 | 0.75 | 480 |
| 5/64 | 1.40 | 800 | 1.40 | 800 | ... | ... | ... | ... |
| 3/32 | 2.00 | 1,200 | 2.00 | 1,200 | 1.80 | 920 | 1.60 | 920 |
| 7/64 | 2.70 | 1,600 | 2.70 | 1,600 | ... | ... | ... | ... |
| 1/8 | 3.30 | 2,100 | 3.50 | 2,100 | 2.90 | 2,000 | 2.90 | 1,780 |
| 5/32 | 5.50 | 3,300 | 5.50 | 3,300 | 4.50 | 2,800 | 4.50 | 2,400 |
| 3/16 | 7.70 | 4,700 | 7.70 | 4,700 | 6.50 | 4,200 | 6.50 | 3,700 |
| 7/32 | 10.20 | 6,300 | 10.20 | 6,300 | 8.60 | 5,600 | 8.60 | 5,000 |
| 1/4 | 13.50 | 8,200 | 13.50 | 8,200 | 11.00 | 7,000 | 11.00 | 6,400 |
| 5/32 | ... | ... | ... | ... | 13.90 | 8,000 | 13.90 | 7,800 |
| 5/16 | 21.00 | 12,500 | 21.00 | 12,500 | 17.30 | 9,800 | 17.30 | 8,000 |
| 11/32 | ... | ... | ... | ... | 20.70 | 12,500 | ... | ... |
| 3/8 | ... | ... | ... | ... | 24.30 | 14,400 | 24.30 | 12,000 |
| 7/16 | ... | ... | ... | ... | 35.60 | 17,600 | 35.60 | 18,300 |
| 1/2 | ... | ... | ... | ... | 45.80 | 22,800 | 45.80 | 22,800 |

* The strength values listed were obtained from straight tension tests and do not include the effects of wrapped ends.

Figura 2

CARGAS DE ROTURA

CARGA DE ROTURA CALCULADA.- Es el producto de la resistencia nominal de los alambres por la sección metálica del cable.

CARGA DE ROTURA AVERIGUADA.- Es la suma de las cargas de rotura de todos los alambres.

CARGA DE ROTURA REAL.- Es la que da, el cable en el ensayo de tracción. Es menor que las anteriores y es la que se ha de usar en los cálculos para mayor seguridad.

CALCULO DE CABLES.

Para el cálculo de cables no se tiene en cuenta el alma, además, el cable no alcanza la resistencia global de todos sus alambres, pues es muy probable que desde el principio existan en el cable algunos hilos más tirantes que otros. Considerando además la disminución de resistencia que experimentan los alambres en el cableado, se aplica un coeficiente de reducción a la fórmula general de la tracción. Este coeficiente suele valer alrededor de 0,85.

- n = n° de alambres del cable.
- d = diámetro de un alambre.
- Kt = coeficiente de trabajo del acero del alambre.

Tendremos que la carga que puede resistir un cable es:

$$F = S K t 0,85 = \frac{n \times \pi \times d^2 \times K t \times 0,85}{4}$$

ALARGAMIENTOS

Lo mismo que en las barras, en los cables los alargamientos se determinan fácilmente si se conoce el módulo de elasticidad.

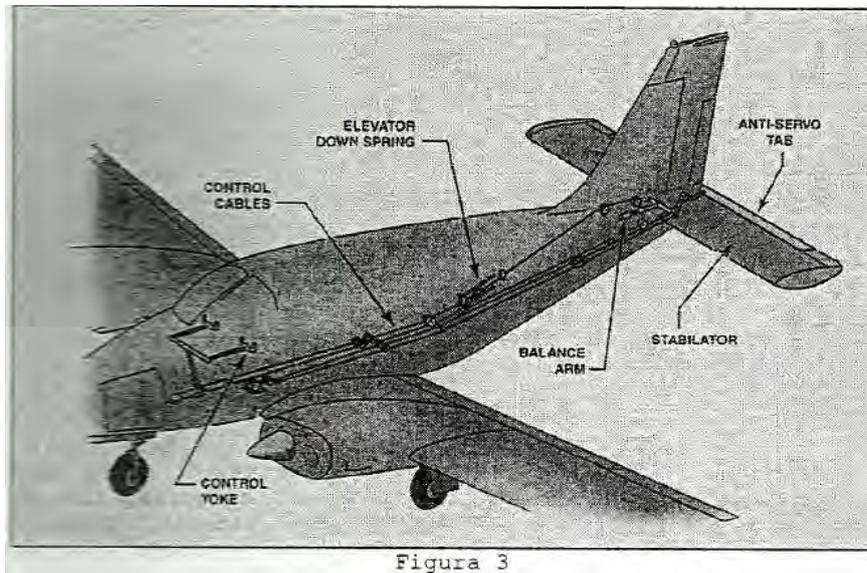


Figura 3

CABLES DE CONTROL EN LAS AERONAVES

Los cables de control de las aeronaves se fabrican tanto de acero al carbono como de acero inoxidable. Los cables de acero inoxidable son más caros y aguantan menos esfuerzos de tracción, pero su vida de funcionamiento es mucho mayor, por lo cual se recomienda su uso en aquellos lugares que la corrosión pueda causar problemas, tales como en aeronaves que se dedican a la fumigación aérea o que vuelan asiduamente sobre el mar.

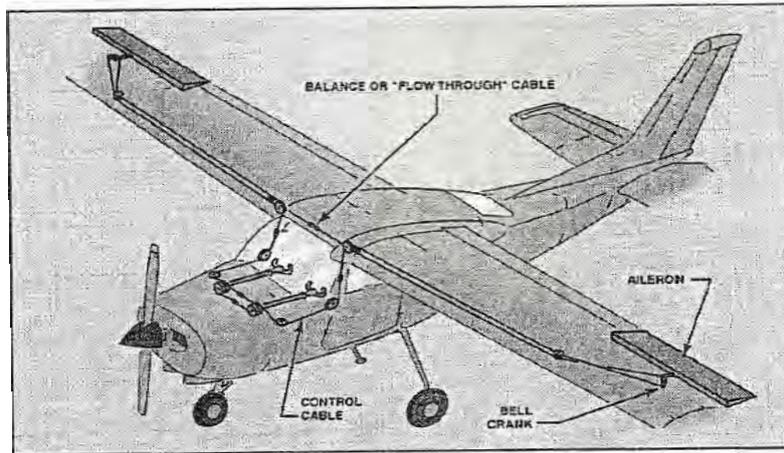


Figura 4

Los cables son generalmente los más usados como unión en los sistemas de control de vuelo primario. También son usados en los controles del motor, sistemas de extensión de emergencia para el tren de aterrizaje y otros sistemas a lo largo de toda la aeronave Figuras 1, 3 y 4

Las uniones del tipo por cable tiene varias ventajas sobre los otros tipos. Son resistentes y ligeras de peso; su flexibilidad las hace fáciles, cuando tienen que hacer un recorrido a través de la aeronave. Un cable de aeronave tiene una alta eficacia y puede ser instalado sin holguras, lo que es muy importante para controles muy precisos; pero también tienen algunos inconvenientes, por ejemplo: la tensión debe ser ajustada frecuentemente debido al alargamiento que experimentan por los cambios de temperatura.

CONSTRUCCIÓN DEL CABLE

El componente básico de un cable es un alambre. El diámetro del alambre es el que determina el diámetro total del cable. Partiendo de un número determinado de alambres a los que se les da una forma helicoidal o espiral, se forma un cordón. Estos cordones preformados se disponen alrededor de un cordón central para formar un cable figura 5.

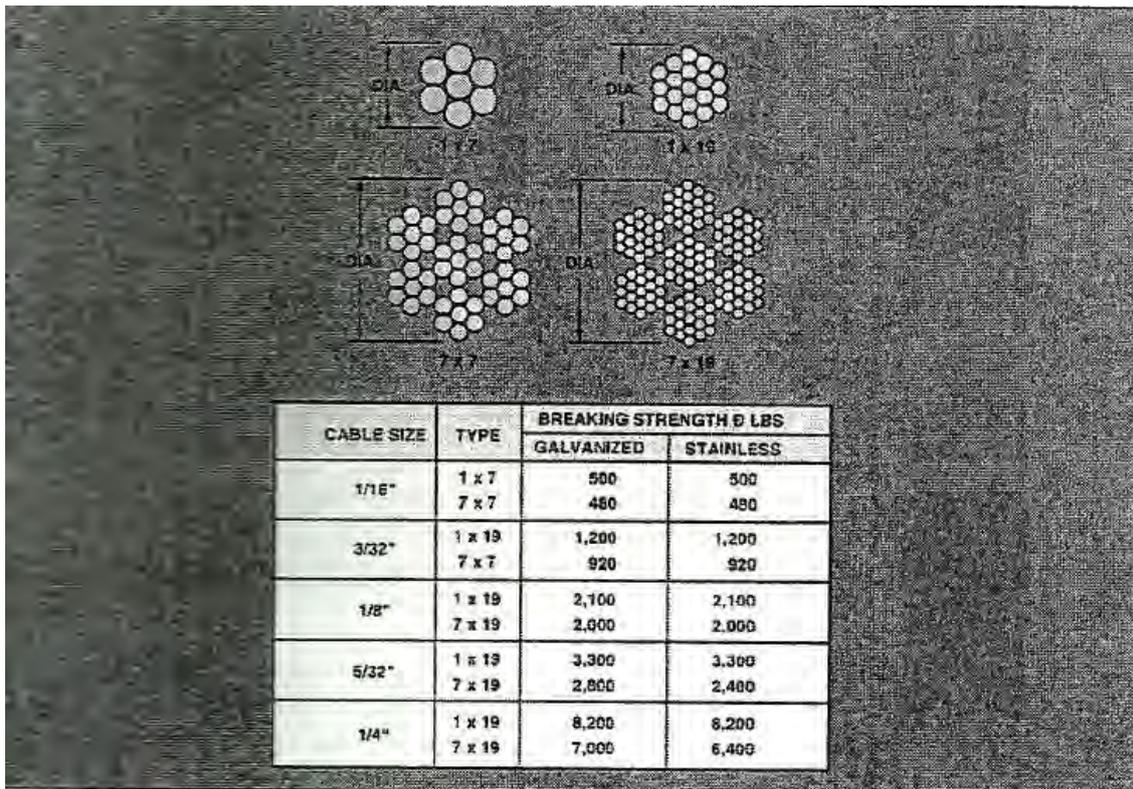


Figura 5

Hay tres tipos de cables de acero que se utilizan en los sistemas de control de las aeronaves: no flexible, flexible y extraflexible.

La designación de los cables está basada sobre el número de cordones y el número de los alambres que componen cada cordón. Los cables más empleados en las aeronaves son de 1x7, 1x19, 7x7 y de 7x19.

Los cables no flexibles pueden ser de 1x7 y 1x19, esta designación significa que el cable de 1x7 está fabricado de siete alambres formando únicamente un cordón. El cable de 1x19 está fabricado de 19 alambres formando un solo cordón. Este tipo de alambres se utilizan en lugares que requieran grandes esfuerzos, y este no pasa por ninguna polea figura 6.

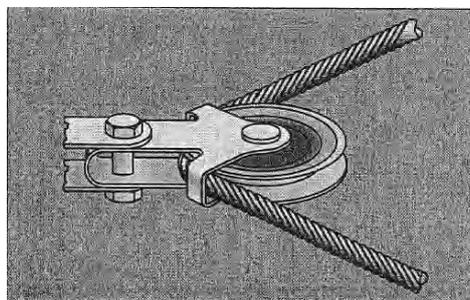


Figura 6

Los cables flexibles de 7x7 consta de siete cordones con siete alambres cada uno. Seis de estos cordones están colocados alrededor de un cordón central. Este es un cable de flexibilidad media y se emplean en los controles de los compensadores dinámicos, controles de motor y controles de indicaciones, donde las poleas que se emplean son de gran diámetro.

| Diameter (inch) | 1 x 7 and 1 x 19 | | | | 7 x 7, 7 x 19, and 6 x 19 (1 WRC) | | | |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | Nonflexible, carbon | | Corrosion, resisting | | Flexible, carbon | | Flexible, corrosion resisting | |
| | MIL-W-654G | | MIL-C-8693 | | MIL-W-1511 | | MIL-C-5424 | |
| | Weight, pounds per 100 feet | Breaking strength, pounds |
| 1/32 | 0.25 | 185 | 0.25 | 180 | --- | --- | --- | --- |
| 3/64 | .55 | 375 | .55 | 375 | --- | --- | --- | --- |
| 7/16 | .85 | 500 | .85 | 500 | 0.75 | 480 | 0.75 | 480 |
| 5/64 | 1.45 | 500 | 1.40 | 500 | --- | --- | --- | --- |
| 3/32 | 2.00 | 1,200 | 2.00 | 1,200 | 1.50 | 920 | 1.60 | 920 |
| 7/64 | 2.75 | 1,600 | 2.70 | 1,600 | --- | --- | --- | --- |
| 1/8 | 3.55 | 2,100 | 3.50 | 2,100 | 2.90 | 2,000 | 2.90 | 1,760 |
| 5/32 | 5.55 | 3,200 | 5.50 | 3,300 | 4.50 | 2,800 | 4.50 | 2,400 |
| 3/16 | 7.70 | 4,700 | 7.70 | 4,700 | 6.50 | 4,200 | 6.50 | 3,750 |
| 7/32 | 10.30 | 6,300 | 10.25 | 6,300 | 8.60 | 5,600 | 8.60 | 5,350 |
| 1/4 | 13.50 | 8,200 | 13.50 | 8,200 | 11.90 | 7,000 | 11.00 | 6,400 |
| 5/32 | --- | --- | --- | --- | 13.90 | 8,000 | 13.95 | 7,300 |
| 5/16 | 21.00 | 12,500 | 21.00 | 12,500 | 17.30 | 9,500 | 17.30 | 9,000 |
| 11/32 | --- | --- | --- | --- | 20.70 | 12,500 | --- | --- |
| 3/8 | --- | --- | --- | --- | 24.30 | 14,400 | 24.30 | 12,000 |
| 7/16 | --- | --- | --- | --- | 35.50 | 17,800 | 35.50 | 16,300 |
| 1/2 | --- | --- | --- | --- | 45.80 | 22,800 | 45.80 | 22,800 |

* The strength values listed were obtained from straight tension tests and do not include the effects of wrapped ends.

Figura 7

Cuando los cables cambian de dirección muy frecuentemente se emplea el cable de 7x19 que está fabricado de siete cordones de diecinueve alambres cada uno. Seis de los cordones están colocados alrededor del cordón central. Es un cable extraflexible y se emplea en sistemas de control primario y en otros lugares donde el espacio es muy limitado.

Los cables de control de las aeronaves varían en diámetro desde 1/32 a 1/2 de pulgada y se miden como se indica en la figura 7.

TERMINACIÓN DE LOS CABLES EMPALME TEJIDO

Los cables de control fueron originalmente terminados con un trenzado realizare a mano, este sistema solamente se certificaba para el 75% del esfuerzo máximo de tracción que podía suministrar el cable.

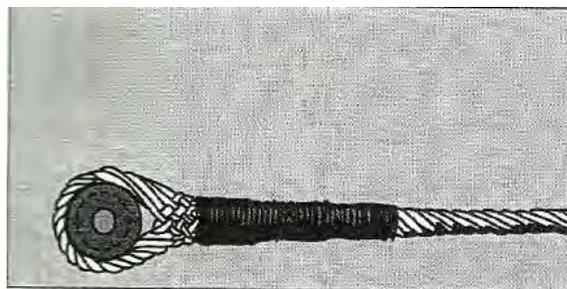


Figura 8

MANGUITOS NICOPRESS

Los manguitos Nicopress se engarzan en el cable con una herramienta especial. El cable se introduce dentro del manguito y después de rodear el casquillo guardacabo, el extremo de cable

se introduce otra vez en el manguito, y después se comprime el casquillo quedando el cable perfectamente unido figura 9.

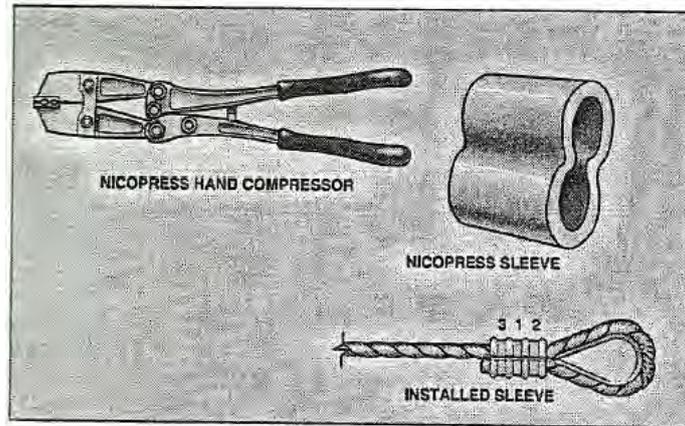


Figura 9

En el casquillo de cobre se realizan tres muescas de engarce la primera se realiza en el centro de este, la segunda cerca del casquillo guardacabo, y la tercera en el extremo del cable.

Después se comprueba el engarce con una galga especial. Si este está correctamente realizado, el manguito entrara en la hendidura de la galga figura 10.

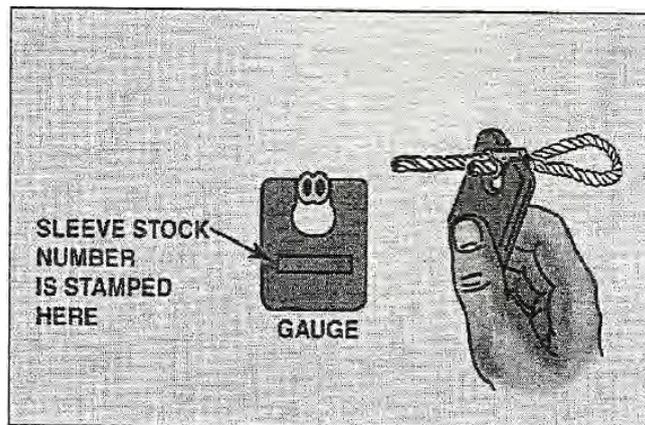


Figura 10

Los casquillos Nicopress se utilizan para unir dos cables por medio de dos casquillos colocados en los dos extremos de los cables y luego engarzados, para comprobar que los cables no se aflojan lo que se suele hacer marcar la unión con pintura, de tal forma que durante la inspección si se observa que la marca de pintura está rota es indicación de que el cable se ha deslizado figura 11.

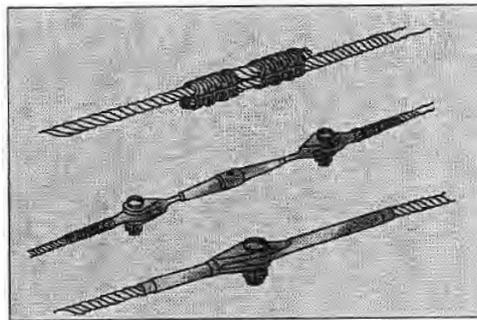


Figura 11

TERMINALES ENGATILLADOS

La mayoría de los cables de control de las aeronaves, tienen terminales engatillados. Para instalar uno de estos terminales, cortar el cable a la longitud adecuada, utilizando un corta cables, o un cincel. Doblar ligeramente el extremo del cable, así no se saldrá fuera del terminal durante el proceso de engatillado, y entonces introducir el cable hasta el final del terminal figura 12.

Utilizar la herramienta de engatillado adecuada para sujetar el terminal en el cable. Una galga especial del tipo pasa no pasa, se utiliza para comprobar si el terminal esta propiamente engatillado.

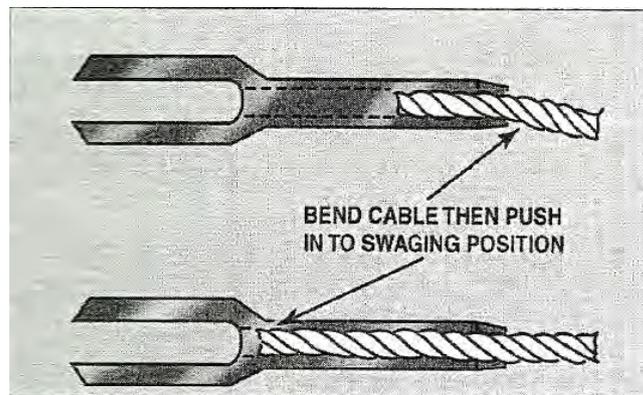


Figura 12

El manguito o bola debe de entrar perfectamente en el orificio de la galga antes de engatillarse y en la ranura después de estar engatillado. Cuando el engatillado está finalizado hay que marcar el terminal y el cable con una gota de pintura, para comprobar si el cable se ha deslizado en el manguito. Figura 13

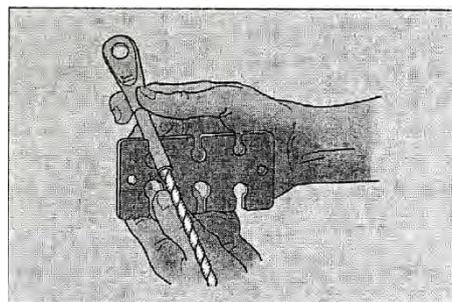


Figura 13

TEST DE LA PRUEBA DE CARGA.

Después que el cable está completamente finalizado con los terminales instalados, hay someterle a una prueba de esfuerzo con una carga del 60% de la carga máxima que el cable pueda soportar antes de la rotura, por un periodo de tiempo de al menos tres minutos.

ADAPTADORES DE CABLES.

Los cables pueden estar equipados con diferentes tipos de adaptadores o acoplamientos tales como: terminales, manguitos, casquillos y enganches. También están disponibles con el extremo roscado, extremo de horquilla, extremo de argolla, extremo de bola de vástago sencillo y extremo de bola de vástago doble. Los terminales de extremo roscado, de horquilla y de bola se emplean para conectar el cable a un tensor de tornillo (torniquete), palanca acodada, articulación u otro acoplamiento en el sistema.

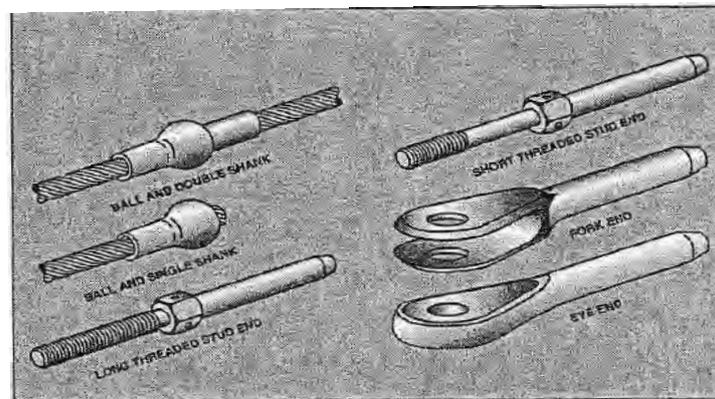


Figura 14

Los terminales con extremo de bola se emplean para unión de cables en cuadrantes y conexiones especiales donde el espacio es limitado. La figura 14 muestra varios tipos de terminales de unión.

Los acoplamientos de argolla, casquillo y enganche se emplean en lugar de otros tipos de terminales de acoplamiento cuando los medios y provisiones disponibles son limitados y es necesario el inmediato reemplazamiento del cable.

TENSORES DE TORNILLO.

El conjunto de tensor de tornillo es un mecanismo o dispositivo mecánico de tornillo, consiste en dos terminales roscados y un cilindro, también roscado. La figura 15 ilustra un conjunto de tensor de tornillo típico.

Los tensores del tornillo son colocados en el conjunto del cable con el propósito de hacer ajustes menores en la longitud del cable, y ajustar la tensión del mismo.

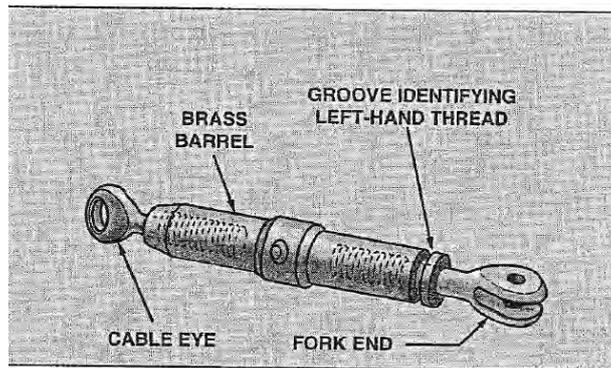


Figura 15

Uno de los terminales tiene rosca a derechas y el otro rosca a izquierdas. El cilindro roscado tiene roscas internas semejantes, a derechas y a izquierdas. El extremo del cilindro roscado con rosca a izquierdas puede ser identificado normalmente por un estriado o moleteado practicado alrededor de ese extremo.

Cuando se instala un tensor de tornillo en un sistema de control es necesario atornillar ambos terminales un número igual de vueltas dentro del cilindro roscado. También es esencial que todos los terminales estén atornillados dentro del cilindro roscado de tal manera que no se vean más de tres hilos de rosca en cada lado.

Después de que un tensor de tornillo este correctamente ajustado hay que asegurarlo convenientemente figura 16

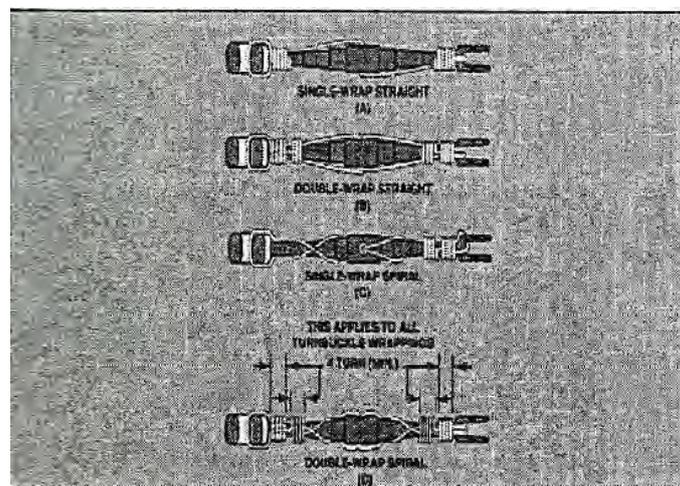


Figura 16

CONECTOR DE CABLE (SUELTAS RÁPIDAS)

Los conectores de cable se emplean en algunos sistemas de control por cable **junto** con los tensores de tomillo. Estos conectores capacitan a los cables que son largos para ser conectados y desconectados rápidamente de un sistema.

La figura 17 ilustra un tipo de conector de cable actualmente en uso. Este tipo, es conectado y desconectado comprimiendo el muelle.

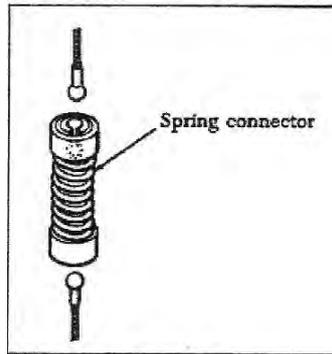


Figura 17

INSPECCIÓN DE LOS CABLES.

Debido a que los cables son una parte vital del sistema de control de las aeronaves, estos se deben de comprobar concienzudamente en cada inspección programada.

Las zonas donde más usualmente se suelen romper los cables son aquellas zonas donde el cable hace contacto con las poleas y las guías. El desgaste y la corrosión son dos de los problemas más comunes en los cables de mando. Para comprobar el desgaste de los cables se utiliza un trapo el cual se desliza con la mano a lo largo de cada porción de cable, si el trapo se desliza sin engancharse el cable está perfectamente, si este se engancha esto es señal de que hay hilos sueltos en esa porción de cable. Mover los mandos para poder comprobar el cable lo más cerca posible de las poleas. Si se detecta algún signo de corrosión en el cable, desconectar este y doblarlo formando un lazo para inspeccionar por cables sueltos figura 18

Las aeronaves que vuelan sobre el mar y las que se dedican a la fumigación aérea operan en unas condiciones que son altamente propicias a la formación de corrosión en los cables de control, por lo que ambas utilizan cables de acero inoxidable. Es conveniente en las inspecciones limpiar estos cables y aplicarles una capa de grasa para proteger estos de la suciedad y la corrosión.

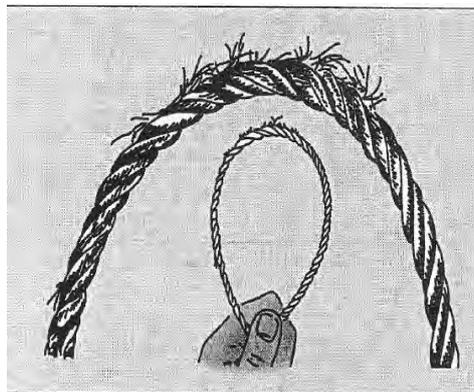


Figura 18

GUÍAS Y POLEAS

Las guías de los cables constan principalmente de casquillos-guías, sellos de presión y poleas. Los casquillos-guías deben de estar fabricados de un material no metálico; por ejemplo el plástico, o materiales metálicos como el aluminio blando. El casquillo guía rodea completamente el cable cuando pasa a través de agujeros de las cuadernas u otras partes de la estructura de la aeronave figura 19. Se emplean para guiar caries en una línea recta a través o

entre miembros estructurales de la aeronave. Los casquillos-guías partidos nunca desviarán la alineación del cable más de 3° de la línea recta.

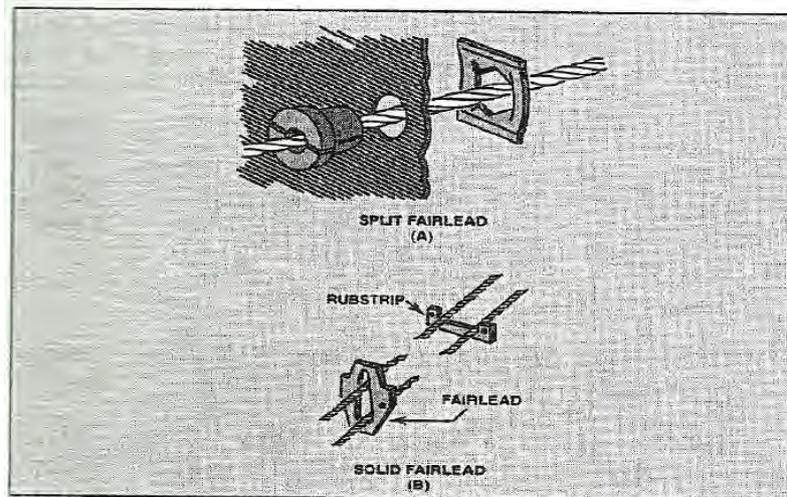


Figura 19

Los sellos de presión se instalan donde los cables o varillas se mueven a través de mamparos o tabiques presurizados. El sello aprieta al cable lo suficiente para hacer una unión neumática y evitar la pérdida excesiva de aire a presión, pero sin impedir el movimiento entre cable y sello figura 20.

Los sellos de presión deben ser inspeccionados a intervalos regulares de tiempo para, determinar que los anillos retenedores están en su lugar. Si un anillo retenedor se sale de su alojamiento, puede deslizarse a lo largo del cable y producir acuñaamiento en las poleas.

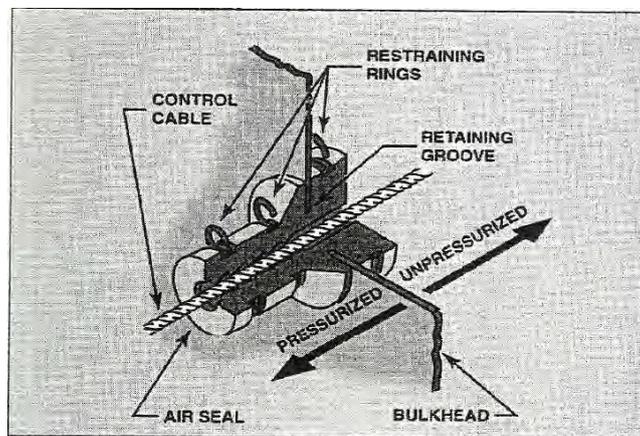


Figura 20

Las poleas se emplean para guiar los cables y cambiar la dirección del movimiento de los mismos. Los cojinetes de las poleas están sellados y no necesitan otra lubricación que la aplicada en la factoría cuando se construyen. Los soportes sujetos a la estructura de la aeronave soportan las poleas. Los cables que pasan por las poleas son mantenidos en su lugar por dispositivos protectores. Estos dispositivos son guarniciones cerradas para evitar acuñaamientos o para evitar que los cables se salgan cuando se aflojan, debido a las variaciones de temperatura figura 21.

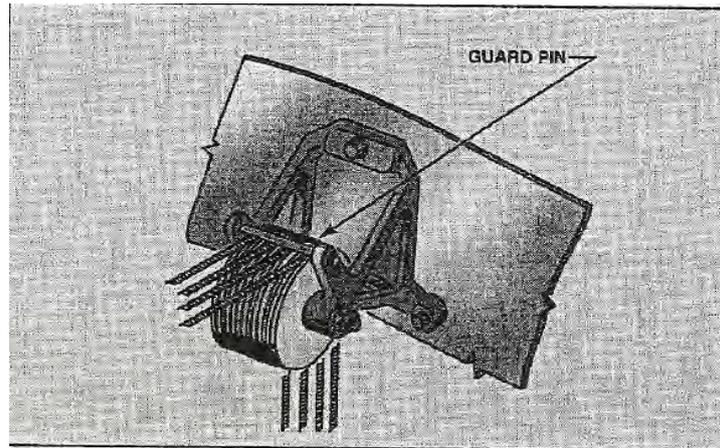


Figura 21

REGLAJE DE LA AERONTAVE

Los superficies de control deben moverse cierta distancia en cualquier dirección desde la posición central. Estos movimientos deben estar sincronizados con el movimiento de los controles de la cabina. El sistema de control de vuelo debe ajustarse o reglarse para obtener esos requerimientos.

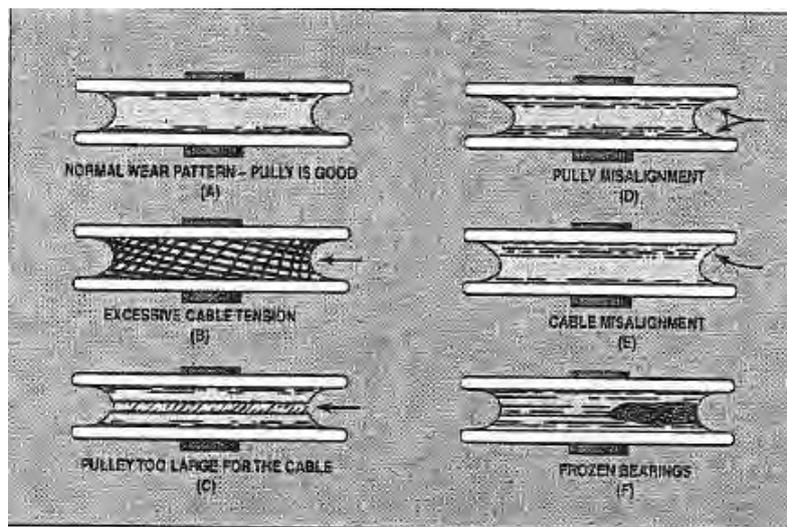


Figura 22

Generalmente hablando, el reglaje consiste en lo siguiente:

1. Posicionamiento del sistema de control de vuelo en neutral, inmovilizándolo temporalmente en esta posición con un pasador como instrumento, o bloques.
2. Ajustar el recorrido de la superficie de control, tensión del cable del sistema, varillaje de mando, y topes ajustables a las especificaciones del fabricante de la aeronave figura 22.

Cuando se hace el reglaje de los sistemas de control de vuelo, es necesario un equipo de reglaje que consta de tensiómetro, carta de tensión de reglaje del cable, transportadores de ángulos, posicionadores de reglaje, plantillas de contorno y reglas.

MEDIDA DE LA TENSIÓN DEL CABLE

Para comprobar la tensión de un cable se use un tensiómetro. Cuando se mantienen correctamente tiene el 98 % de exactitud. La tensión del cable se determina por la medida de la cantidad de fuerza necesaria para hacer una desviación del cable entre los dos bloques de acero endurecido, llamados bocas.

El elevador o contacto de presión del tensiómetro se presiona contra el cable para formar la desviación o descentramiento del cable.

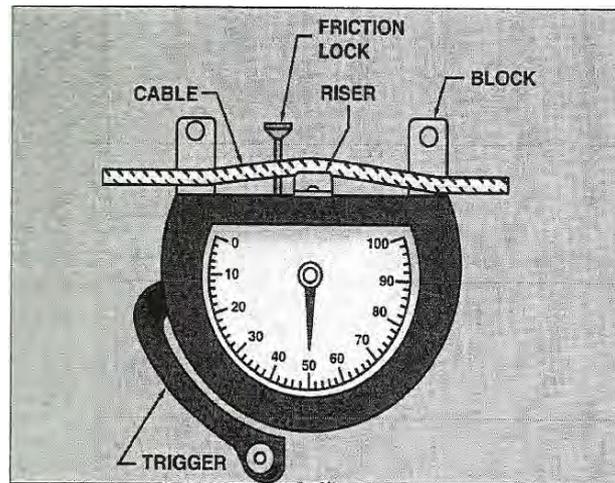


Figura 23

Los fabricantes construyen una variedad de tensiómetro diseñados para diferentes clases, tamaños y tensiones, de cables. Un tipo de tensiómetro se presenta en la figura 23

Con el disparador bajado, poner el cable para ser comprobado, bajo las dos bocas. Cerrar entonces el trinquete moviéndolo hacia arriba. El movimiento del trinquete empuja hacia arriba el elevador o contacto de presión, el cual empuja el cable a los ángulos justos de los dos puntos

de abrazado bajo las bocas. La fuerza requerida para hacer esto, es indicada por el indicador en el dial.

Como el cuadro al lado de la ilustración muestra, existen elevadores con diferentes numeraciones (n° 1 y 2) y son usados con cables de distintos tamaños. Cada elevador tiene un número de identificación y es insertado fácilmente en el tensiómetro.

Además cada tensiómetro tiene una tabla de calibración la cual es usada para convertir la lectura del dial a libras, (la tabla de calibración es muy similar a la de la figura 24).

La lectura del dial es convertida a libras de tensión como sigue:

Usando un elevador n° 2 para medir la tensión de un cable de diámetro $5/32$ de pulgada se obtiene una lectura de "30". La tensión actual del cable {ver tabla de Calibración} es de 70 libras.

Sample only Example

| No. 1 | | | Riser Tensión Lb. | No. 2 | | No. 3 | |
|-----------|------|-----|-------------------------|-------|------|-------|-----|
| Dia. 1/16 | 3/32 | 1/8 | | 5/32 | 3/16 | 7/32 | 1/4 |
| 12 | 16 | 21 | 30 | 12 | 20 | | |
| 19 | 23 | 29 | 40 | 17 | 26 | | |
| 25 | 30 | 36 | 50 | 22 | 32 | | |
| 31 | 36 | 43 | 60 | 26 | 37 | | |
| 36 | 42 | 50 | 70 | 30 | 42 | | |
| 41 | 48 | 57 | 80 | 34 | 47 | | |
| 46 | 54 | 63 | 90 | 38 | 52 | | |
| 51 | 60 | 69 | 100 | 42 | 56 | | |
| | | | 110 | 46 | 60 | | |
| | | | 120 | 50 | 64 | | |

Figura 24

Observando el cuadro, también nos damos cuenta de que un elevador n° 1 es usado con cable de 1/16; 3/32 y 1/8 de pulgada de diámetro.

VARILLAJE DE MANDO MECÁNICO

Los varillajes de mando mecánico conectan los controles de la cabina a los cables de control y a las superficies de control. Estos dispositivos transmiten el movimiento o cambian la dirección del mismo, a los sistemas de control. El varillaje consta principalmente de figura 26:

- Varillas de control (push-pull)
- Tubos de torsión.
- Cuadrantes.
- Sectores.
- Palancas articuladas.
- Tambores de cables.

Las varillas de control se emplean como conexiones en los sistemas de control de vuelo para dar un movimiento de empujar y tirar. Estas varillas pueden ser ajustadas en uno o en sus dos extremos.

Observar que consta de un tubo que tiene los dos extremos roscados. Una cabecilla ajustable antifricción en un extremo y otra cabecilla ajustable en forma de horquilla en el otro extremo, uniéndose cada una de ellas a los extremos roscados del tubo. La cabecilla de un extremo o la horquilla del otro, permiten unir el tubo a las partes del sistema de control de vuelo. Para evitar que, tanto la cabecilla como la horquilla, se aflojen llevan una contratuerca que se aprieta contra el tubo.

Las palancas acodadas a las cuales se unen las varillas de control, deben ser inspeccionadas por libertad de movimiento antes y después de unir las varillas de control.

El montaje en su conjunto deberá ser comprobado por correcta alineación. Cuando las varillas sean fijadas mediante cojinetes autoalineables, el libre movimiento rotacional de las mismas, se debe dar en todas las posiciones.

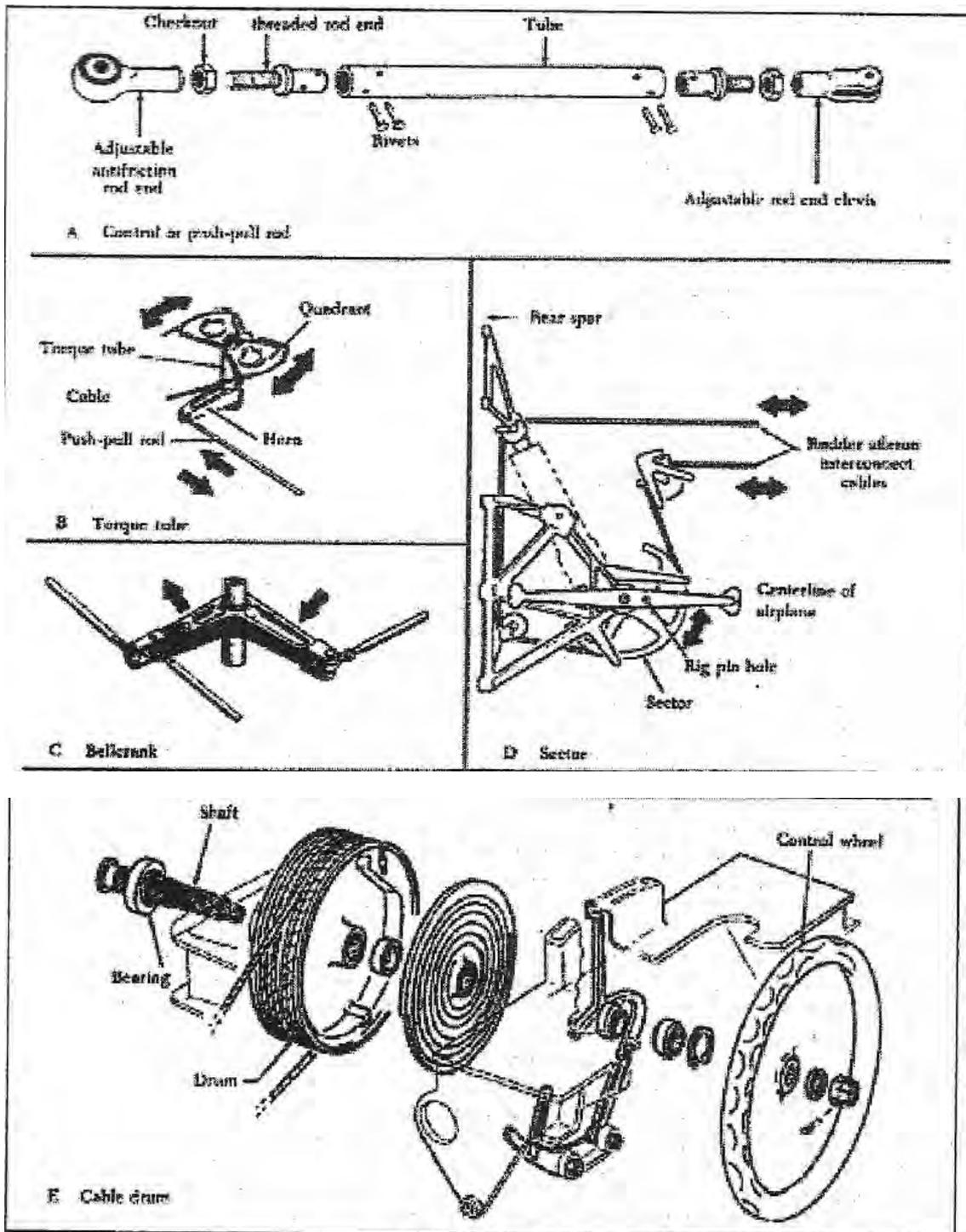


Figura 26

Es posible, para varillas de control fijadas con cojinetes, que lleguen a desconectarse debido a un fallo en el reborde martilleado que tiene la pista de rodadura de las bolas en la cabecilla. Esto puede ser limitado instalando las varillas de control de forma que el reborde de la cabecilla este interpuesto entre la pista de rodadura de las bolas y el extremo anclado del pasador o tornillo como se muestra en la figura 28

Otra alternativa es poner una arandela que tenga un diámetro mas grande que el orificio en el reborde, bajo la tuerca retenedora en el extremo del pasador o tornillo de sujeción

TUBOS DE SISTEMA. ARTICULADO ALTERNATIVO

Los tubos de empujar y tirar (push-pull tube) se emplean como uniones en varios sistemas que operan mecánicamente. Este tipo de uniones elimina el problema de variación de tensión que se presenta en los cables y permite la transferencia, tanto de fuerzas de compresión o de tracción a través de un simple tubo.

Los tubos de empujar y tirar se fabrican generalmente en longitudes cortas para evitar vibraciones y doblarse bajo cargas o esfuerzos de compresión

Un conjunto de tubos de empujar y tirar consta de un tubo de paredes gruesas conformado en caliente que después se estira, son de acero o de aleación de aluminio con un acoplamiento ajustable y una contratuerca en cada extremo.

Las contratuercas aseguran los acoplamientos de los extremos después de que el conjunto del tubo ha sido ajustado a su longitud correcta.

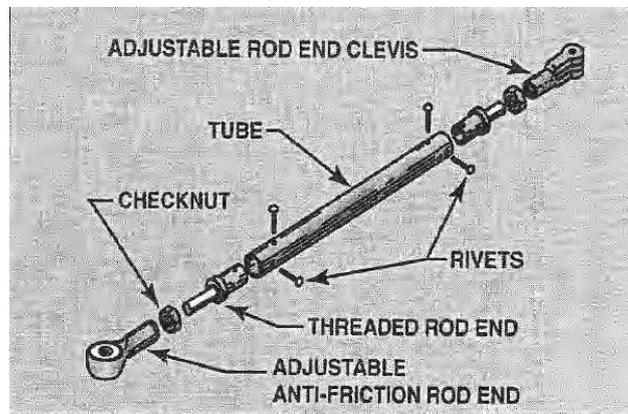


Figura 27

Para asegurarse de que los acoplamientos de los extremos de los tubos están roscados suficientemente, cada uno de los acoplamientos roscados tiene un pequeño orificio taladrado en ellos. Si se puede pasar un alambre a través del orificio, el acoplamiento no está suficientemente roscado, debiéndose de ajustar de nuevo la longitud de la varilla.

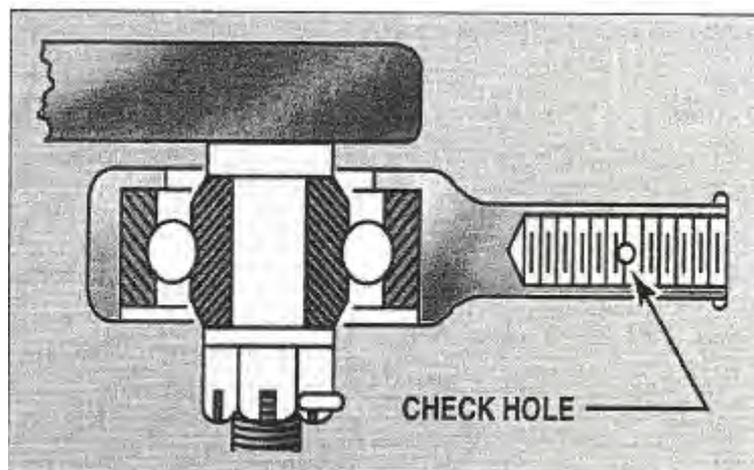


Figura 28

Los helicópteros utilizan gran cantidad de varillas "push-pull" en los sistemas de control de vuelo, por lo que cualquier holgura en las conexiones puede provocar serias vibraciones en los controles. Es importante que cuando se comprueba el rigging en los helicópteros, no debe de existir huelgo en los varillajes de control.

Los cojinetes antifricción de los extremos de las varillas de mando, son del tipo de autoalineación, pero cuando se instala una se debe de asegurar de que está perfectamente centrado con el centro de la acanaladura en la cual ajusta, así no rozara el cojinete con las paredes de la carcasa y desgaste sus extremos en el proceso de montaje.

TOBOS DE TORSIÓN

Cuando es necesario un movimiento angular o de torsión en un sistema de control, se instala un tubo de torsión. La vista de la figura presenta como se emplea un tubo de torsión para transmitir movimientos en direcciones opuestas figura 29.

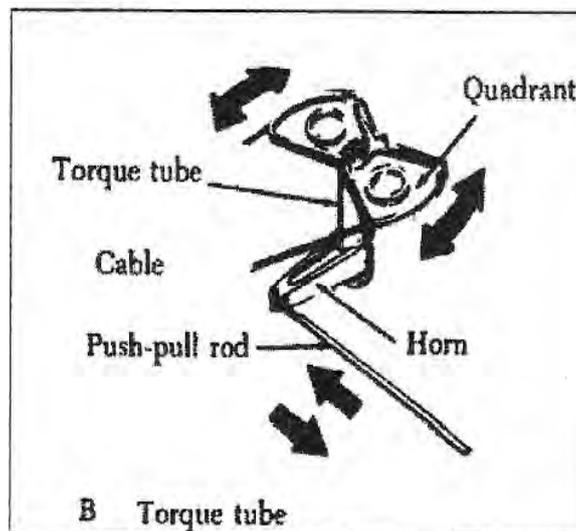


Figura 29

Los cuadrantes, palancas acodadas, sectores y tambores cambian la dirección del movimiento y lo transmiten a elementos tales como: varillas de control, cables y "tubos de torsión".

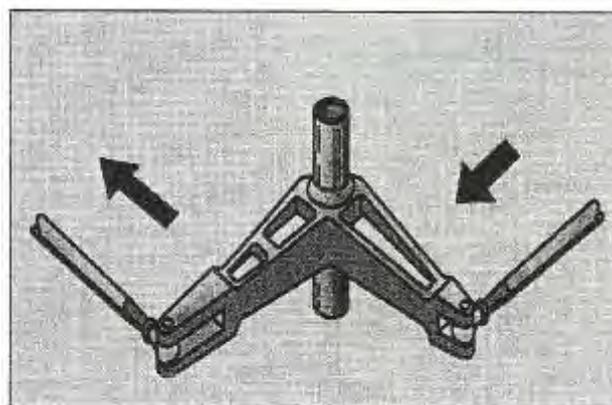


Figura 30

El cuadrante que presenta figura 30 es típico de uniones de sistemas de control de vuelo usados por varios fabricantes. La vista C y vista D de la figura 26 ilustra una palanca acodada y un

sector. La vista E ilustra un tambor de cable. Los tambores de cables se emplean principalmente en compensadores dinámicos o aletas de compensación.

Cuando la rueda o volante de control de los compensadores dinámicos o aletas de compensación se mueve a derechas o a izquierdas, el volante enrolla o desenrolla el cable para actuar los cables de los compensadores.

TOPES

Los topes ajustables y no ajustables (el requerido en cada caso) se emplean para limitar la magnitud de desplazamiento a cualquier lado de la posición neutral de las superficies de control de las aeronaves, o el recorrido de los alerones, timón de profundidad y timón de dirección figura 31.

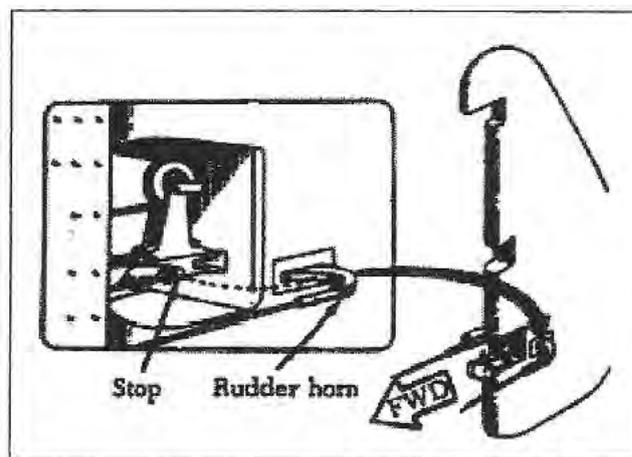


Figura 31

Normalmente, hay dos tipos de instalaciones de topes para cada una de las tres principales superficies de control; una situada en la superficie de control, o en los cilindros amortiguadores como topes estructurales, y la otra en la cabina de control. Cualquiera de ellas puede servir como tope, limite efectivo o real. Sin embargo los topes situados en las superficies de **control son los** que normalmente realizan esta función. Los otros topes no hacen normalmente contacto el uno con el otro, pero son ajustables para un margen de seguridad concreto, cuando la superficie de control esta, en la extensión completa de su recorrido.

Estos trabajan como topes de anulación para evitar la tensión o alargamiento de los cables y daños a los sistemas de control durante maniobras violentas. Cuando se realiza el reglaje de los sistemas de control remitirse a los manuales de mantenimiento aplicables para realizar secuencialmente los pasos a seguir durante el ajuste de los topes que limitan el recorrido de las superficies de control

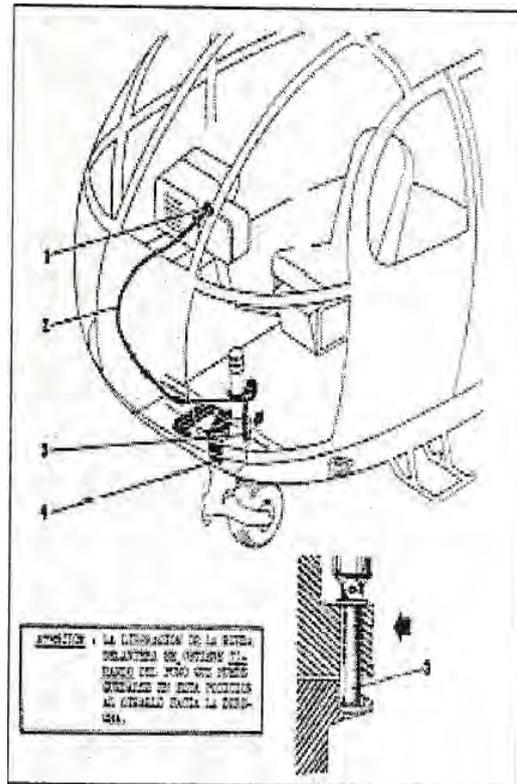


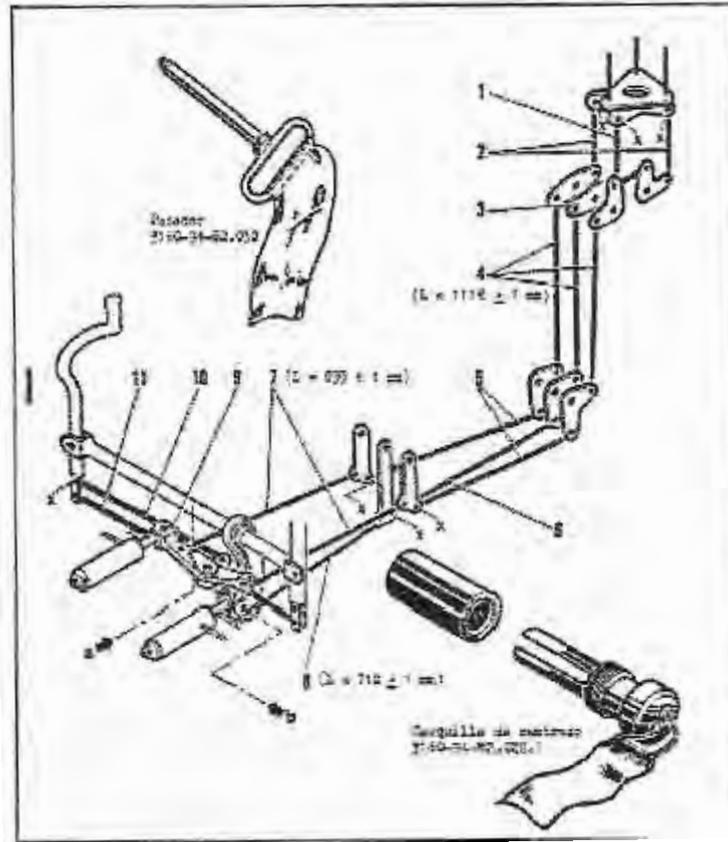
Figura 32

SUPERFICIES DE MANDO (CONTROL), AMORTIGUADORES Y DISPOSITIVOS DE INMOVILIZADO

Se usan varios tipos de dispositivos o mecanismos para inmovilizar las superficies de control o mando cuando la aeronave se encuentra aparcada o amarrada. Estos dispositivos de inmovilizado, evitan daños a las superficies de control y sus varillajes, cuando se producen rachas y vientos de alta velocidad. Los dispositivos más comunes en uso son los frenos de inmovilizado (frenos de sector), pistón accionado por resorte y frenos externos de superficies de control.

DISPOSITIVOS DE INMOVILIZADO INTERNO

Los dispositivos de inmovilizado interno se emplean para asegurar le alerones, timón de dirección y timón de profundidad en sus posición neutrales. Son accionados a través de un sistema de cable, por un pasador accionado por resorte que encaja en un orificio del varillaje del mane mecánico de la superficie de control que se quiere inmovilizar figura 32



Un muelle conectado al pasador lo fuerza retrocediendo a la posición de "DESINMOVILIZADO" cuando la palanca de control de la cabina es colocada en la misma posición

En algunos tipos de aeronaves, para inmovilizar las superficies de control se usa un pasador que atraviesa la parte central del varillaje de mando. Estos sistemas de inmovilizado están diseñados normalmente para que los mandos no puedan ser accionados hasta que las superficies de control estén desinmovilizados, evitando así la posibilidad de poder despegar con las superficies de control inmovilizadas. Figura 33

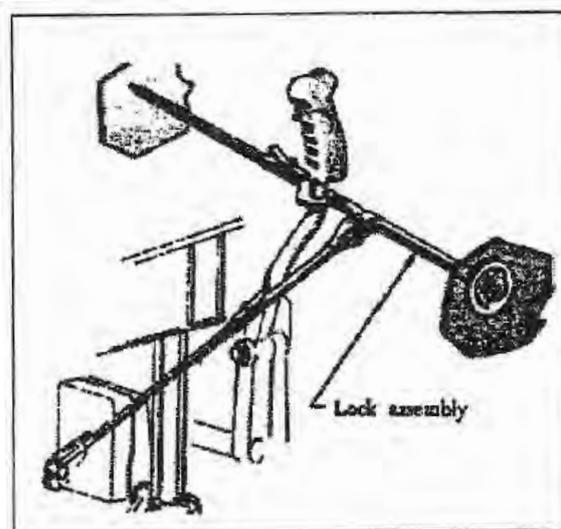


Figura 34

Un control típico de inmovilizado para pequeñas aeronaves consta de un tubo metálico que se instala para inmovilizar el volante de control y los pedales del timón de dirección, y sujeto a un herraje de amarre situado en la cabina figura 34.

CABLES DE MANDO INSPECCIÓN Y COMPROBACIÓN

Los procedimientos de Ajuste y Reglaje para los distintos sistemas incluyendo identificación de cables por número de segmento y función, se dan en los capítulos correspondientes de los Manuales de Mantenimiento.

Inspección y Comprobación de Cables

A. Comprobación de Cables

Ocasionalmente será necesario quitar la capa protectora de la superficie del cable para efectuar una perfecta inspección. Los cables deben protegerse inmediatamente después de efectuada la inspección.

1. Inspeccionar la seguridad y estado de todos los soportes de poleas.
2. Comprobar que todas las guardas de poleas están en su lugar.
3. Comprobar si existen poleas rotas o dañadas y cambiarlas.
4. Comprobar que todos los pasadores de freno están correctamente instalados.
5. Examinar los pasatabiques y tiras de fricción y cambiar los que estén dañados o desgastados.

Examinar todos los pasos en los mamparos cortafuegos y comprobar la correcta alineación y seguridad para impedir el desgaste del cable. Los pasos estancos deben reglarse y apretarse después de ajustar ligeramente la tensión de los cables y no deben articularse o girar.

Comprobar que todos los tensores están correctamente frenados.

Examinar los cables de control en cuanto a hilos rotos. El cable que pasa alrededor de una polea puede debilitarse por fatiga causada por la curvatura, fricción interna, ó desgaste de hilos al pasar unos sobre otros.

Debe pasarse un paño sobre los cables en los que se sospeche que tiene hilos rotos; el paño se enganchará en los hilos rotos.

Comprobar los cables en cuanto a hilos rotos en la proximidad de las poleas y pasatabiques. Efectuar esta inspección pasando un paño sobre el cable. El paño se utiliza para evitar dañarse las manos. El óxido, polvo o suciedad en los puntos de operación tienden a acortar la vida del cable. Cuando los cables estén secos, tratarlos con un producto preventivo de corrosión. Antes de instalar un cable nuevo, asegurarse de que éste ha sido probado después de instalar los terminales.

Los cables suministrados por el fabricante han sido probados y no requieren ninguna otra operación antes de montarlos sobre el avión.

Cualquier cable de control de 7x19 que tenga tres hilos rotos o menos por pulgada y por mazo, comprobando que no existan más de seis hilos rotos en una pulgada de longitud del cable puede

considerarse útil. Cualquier cable de control de 7x7 que tenga dos hilos rotos o menos por mazo y por pulgada comprobando que no existan más de tres hilos rotos en una pulgada de longitud

del cable, puede considerarse útil. El máximo número de hilos rotos no deben encontrarse en dos pulgadas consecutivas de cable. Si el número máximo de hilos en una pulgada de cable, como se indica más arriba están rotos, ningún otro se admita en la siguiente próxima pulgada.

El área crítica de fatiga se encuentra en la zona del cable que está trabajando, por tanto, cuando aparezcan hilos rotos en esta zona, debe aliviarse la tensión e inspeccionar el cable en cuanto a defectos. Cualquier cable que no esté dentro de los límites anteriores debe reemplazarse.,

Cualquier cable que tenga un desgaste que la reducción de material en cualquier sección del cable esté en exceso de, seis hilos por pulgada para cable de 7x19 y tres hilos por pulgada para cable de 7x7 .

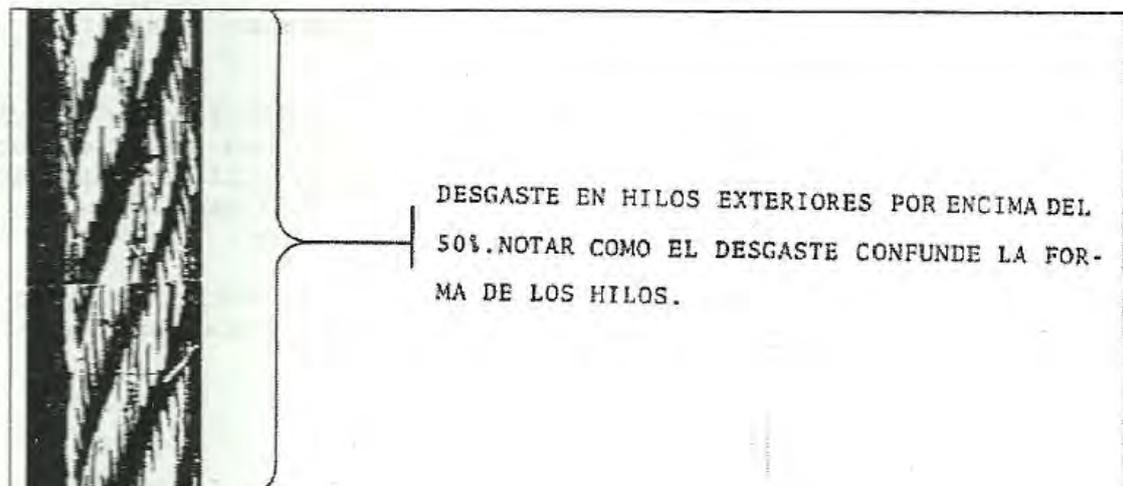
El desgaste de una sección de la mitad de 12 hilos por ' pulgada es equivalente a seis hilos rotos en cable de 7x19; y la mitad de seis hilos es equivalente a tres hilos rotos en cables de 7x7.

Ejemplo: Un cable de 7x19 está desgastado en un punto donde la reducción de materia de una sección es equivalente a seis hilos en una pulgada y no más que el equivalente de tres hilos rotos es un mazo y un hilo está roto en la zona del desgaste.

El cable debe cambiarse porque el área total de hilos desgastados y el hilo roto supera los seis hilos. Cualquier hilo desgastado más de la mitad se considera como roto.

Para apreciación de desgastes ver la Figura 35.

Cualquier cable rígido de 1x9 que tenga más que un hilo roto dentro de una longitud de 10 pies, ó teniendo un hilo roto en un área de un pasatabiques, debe cambiarse. Un sólo hilo desgastado más de 60 por ciento del diámetro se considera hilo roto.





DESGASTE DE LOS HILOS EXTERIORES DEL 40% AL 50%. NOTAR LA APARIENCIA DE MEZCLA ENTRE LOS HILOS . ES DIFICIL, A VECES DISTINGUIR LOS HILOS UNOS DE OTROS.



DESGASTE EN LOS HILOS EXTERIORES INFERIOR AL 40%. NOTAR LOS HILOS BRILLANTES Y PLANOS. LOS HILOS INDIVIDUALMENTE FACIL DE DISTINGUIR. EL CABLE NO REQUIERE SER SUSTITUIDO.

Operar cada sistema de control individualmente y comprobar lo siguiente:

1. Libre movimiento de controles, articulaciones, cuadrantes, poleas, palancas y superficies de control.
2. La correcta tensión del cable (ver el capítulo correspondiente)
3. El grado de recorrido correcto y dirección del movimiento de los cables de control

Correcciones hechas cuando se utilicen tensímetros sobre cables cubiertos de nylon.

Utilizar tensímetro y tabla correspondiente al diámetro exterior de la superficie de nylon.

Ejemplo: Un cable de 1/8 de pulgada de diámetro con una protección de nylon de 1/16 de pulgada, igual a 3/16 de pulgada, que es el diámetro exterior del cable más la protección de nylon, utilizar tensímetro y tabla para cable de 3/16 de pulgada. Utilizar la carta de temperatura correspondiente al diámetro del cable

Ejemplo: Un cable de 1/8 de pulgada de diámetro con protección de nylon de 1/32 de pulgada, utilizar una tabla de temperatura para cable de 1/8 de pulgada de diámetro.

Limpieza de Cables

A: Limpiar el Cable

(1) Comprobar la superficie del cable de mando en cuanto a evidencia de óxido, corrosión o falta de protección. Limpiar dichas áreas con un paño limpio humedecido en disolvente de limpieza, Especificación Federal P-D-680, Tipo II. No saturar el paño o cables con disolvente,

ya que la penetración de disolvente en el núcleo del cable elimina el lubricante permitiendo la rápida corrosión y desgaste y retocar con brocha y anticorrosivo

NO SATURARLOS CABLES DE CONTROL CON DISOLVENTE, LA PENETRACIÓN DE DISOLVENTE AL NÚCLEO DEL CABLE DESTRUYE EL LUBRICANTE PERMITIENDO LA CORROSIÓN Y EL RÁPIDO DESGASTE.

APLICACIÓN DEL COMPUESTO PREVENTIVO DE COEROSIÓN

A. APLICACIÓN DEL ANTICORROSIVO

1.-En zonas de cables tratados que requieran futura fabricación ó limpieza antes, durante ó después de la instalación, se aplicará el protector de la forma siguiente:

a).- Limpiar la porción de cable que se va a tratar con un paño seco y limpio hasta obtener una superficie limpia libre de adherencias.

b).- Aplicar una película delgada de anticorrosivo, utilizando una brocha limpia, ó pulverizar con el producto preventivo de corrosión.

NO APLICAR ANTICORROSIVO A LAS CONEXIONES RÁPIDAS

c).- Para asegurar un tratamiento correcto en la zona de las poleas, actuar el sistema de un extremo al otro y tratar los cables en los puntos de .contacto con las poleas.

d).- La capa de anticorrosivo tendrá las siguientes características: visuales:

1. Las hendiduras entre alambres tendrán un color moreno oscuro, ocultando totalmente la superficie metálica.

2. Todas las otras zonas tendrán un pronunciado color ámbar. Las zonas metálicas del cable sin cubrir tendrán un aspecto apagado.

3. El aumento del grueso, gotas ó corrimiento de la capa que impida ver la forma de construcción del cable, no es aceptable.

4. Dentro de las áreas presurizadas del fuselaje, los cables instalados pueden inspeccionarse en cuanto a protección utilizando una luz ultravioleta, en tal caso, los cables tendrán un uniforme color verde fluorescente.

(e) Evitar una acumulación excesiva de anticorrosivo en los pasatabiques y pasos estancos ya que esto aumenta la fuerza de fricción del cable.

TEMA XIV

CHAPAS METÁLICAS

2. TÉCNICAS DE TRAZADO (GRANITAS, PUNTAS, COMPASES, ETC.)

Para trazar un dibujo sobre una chapa debemos proveernos de útiles de dibujo capaces de marcar sobre el material que estamos trabajando, acero, plásticos, otros metales, etc.

Los trazos y marcas más habituales son los puntos, las líneas rectas o curvas y los círculos.

En chapa de acero se debe trazar con útiles que dejen una marca permanente, en muchas ocasiones los materiales tienen una capa de óxido o grasa, son arrastradas y manipuladas en el taller para su procesado.

Para marcar puntos, centros de círculos, taladros, etc., sobre chapas y perfiles metálicos es muy habitual usar los granetes, que tiene forma de barra de acero del diámetro de un lápiz, acabado en punta; situando la punta sobre el punto a marcar y golpeando el granete con un martillo dejaremos un punto marcado que no se borrará.

Si deseamos marcar líneas lo haremos con puntas de trazado, que son como lápices con punta metálica, muy fina y dura que permite realizar un rayado sobre la chapa. Para realizar el rayado generalmente se usa un objeto de apoyo, que puede ser una plantilla si la línea es curva o una regla si la línea es recta.

También existen útiles para marcar sobre la chapa arcos o círculos enteros; son compases de construcción especial con una punta de trazado que permite rayar sobre el metal; se coloca una punta sobre el centro graneteado y eligiendo el diámetro, se traza con la punta el círculo o el arco deseado.

Figura 6 Graneta.



Figura 7 Compás de trazado.



4. APLICACIONES DE TRAZADO SOBRE TUBOS, PERFILES Y CHAPAS

Como ya hemos indicado, el trazado de una pieza es una operación previa y preparatoria de un posterior mecanizado y transformación de la misma.

Las operaciones de mecanizado más habituales en el trabajo con tubos son:

- Cambio de dirección.
- Derivaciones o entronques.
- Cambio de diámetro, reducciones o ampliaciones.
- Transformación de figura geométrica, por ejemplo, círculo a cuadrado.
- Etc.

En las chapas se suelen trazar dibujos compuestos de líneas rectas y curvas, puntos característicos y graneteado de centros para posterior taladrado. En muchas ocasiones las chapas son enrolladas para formar un cilindro o plegadas, resultando más eficiente realizar taladros o agujeros sobre el desarrollo de la chapa antes de haber adquirido la

Figura 15.

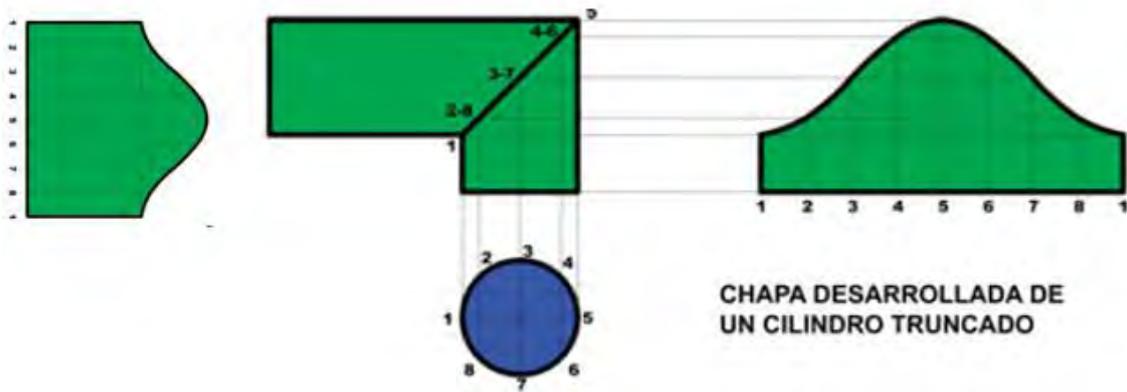
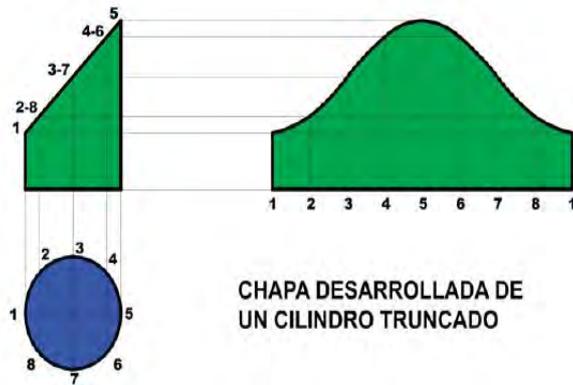
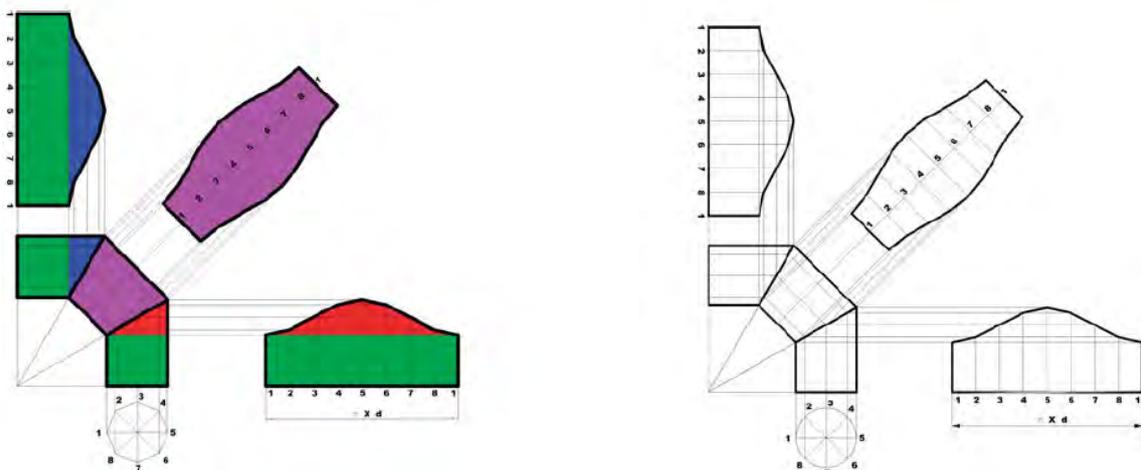


Figura 17. Desarrollo de las tres piezas que componen una curva de 90° de una tubería circular.

Figura 18.



CONFORMADO DE CHAPA. EQUIPOS, MEDIOS Y TÉCNICAS OPERATORIAS

Existen varios métodos de conformado de chapas, que pueden ser manuales o no; dependiendo de la pieza y forma que se desee obtener será de aplicación una o varias máquinas. Las máquinas que más éxito tienen en el conformado de chapas son la plegadora y la prensa hidráulica.

Una plegadora es una máquina diseñada para realizar operaciones de plegado en materiales en forma de hoja. El espesor que puede procesar varía desde 0,5 mm. hasta 20 mm., y la longitud máxima en las plegadoras Standard llegará hasta 6 metros.

Una plegadora está formada por los siguientes elementos.

- Bancada
- Trancha
- Mesa
- Órganos motores
- Mandos
- Accesorios y utillaje

Fig. 1: Principales órganos constitutivos de una prensa plegadora



Bancada

Es la pieza sobre la que se sustenta la máquina; puede ser estructura de acero o de fundición. Tiene dos montantes laterales que estarán unidos en su parte superior, formando un puente.

Trancha

Es la pieza que, situada en la parte superior, se desplaza en sentido vertical de arriba hacia abajo, para que el punzón de plegado realice su función. Deformando la pieza, sobre ella se colocan los útiles de plegado superiores.

Mesa

Es el tablero inferior, generalmente fijo, contra el que presiona la trancha; sobre ella se colocan los útiles de plegado inferiores.

Órganos motores

Son los encargados de producir el movimiento de la trancha; normalmente son cilindros hidráulicos de doble efecto.

Mandos

Sistema de accionamiento de la plegadora; puede tener un tipo o varios; si dispone de varios tipos de mandos, existe un selector para elegir el tipo de mando. Suelen ser a pedal, barra o botones pulsadores.

Accesorios y utillajes

Son un conjunto de piezas que determinan el funcionamiento de la máquina y el tipo de pliegue a realizar:

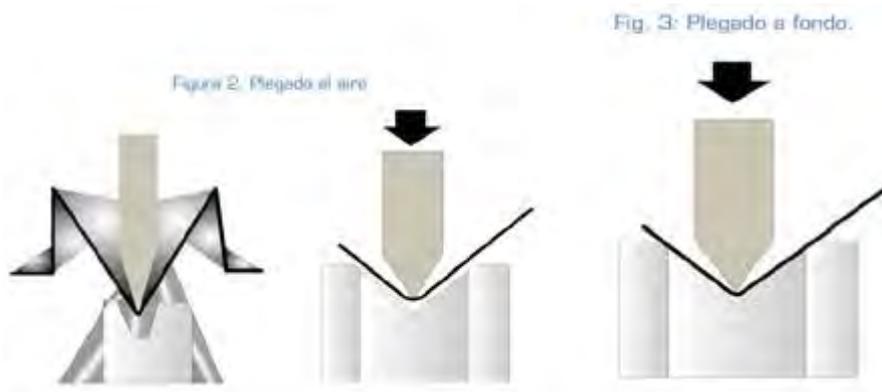
- Topes de regulación de carrera.
- Topes traseros de posicionamiento de material.
- Consolas y topes eclipsables. – Dispositivos de seguridad. – Limitadores de puesta.
- Selector de funcionamiento.

Método de trabajo

Distinguiremos dos tipos de trabajo como los más habituales para plegar chapa:

Plegado al aire

Se utiliza con chapas de espesores superior a 2 mm. La trancha superior, que con el punzón no completa su recorrido, plegando la chapa hasta el fondo de la matriz situada en la mesa. (fig. 2)



Plegado a fondo

Al contrario que el anterior, la chapa es empujada hasta el fondo de la matriz con el punzón; esta técnica es empleada en chapas finas con un radio de curvatura menor. (Fig. 3)

La forma de trabajo con una plegadora comporta un proceso de trabajo:

- a. Se sitúa la pieza sobre la mesa, pegada a los topes traseros, de forma que la línea de plegado coincida con el punzón en su desplazamiento vertical.

- b. Asegurados que la pieza está situada se sujeta con las manos y se acciona el mando que inicia la operación.
- c. En el proceso de plegado se sigue sujetando la pieza en su movimiento.
- d. Una vez plegada y la trancha completa su desplazamiento, de vuelta a su posición inicial se extrae la pieza plegada.

Prensa hidráulica

El conformado de chapas también se realiza con prensas, de hecho una plegadora es un tipo de prensa lineal; se suele llamar prensa a la máquina que trabaja dos dimensiones; la plegadora solo trabaja una, líneas rectas y pliegues.

Existen muchos tipos de prensa pero la filosofía siempre es la misma: la deformación o conformación de la chapa con un útil y la aplicación de una fuerza.

DOBLADO Y CONFORMADO DE PERFILES METÁLICOS. EQUIPOS, MEDIOS Y TÉCNICAS OPERATORIAS

Los perfiles metálicos son suministrados en tramos rectos, llamados habitualmente barras; cuando por necesidades de fabricación o de instalación necesitamos que la forma del perfil no sea recta recurrimos a la técnica de conformado.

Para conseguir una nueva forma se curva el perfil aplicándole una fuerza que supere el límite de elasticidad de material y pase a la zona de plasticidad del mismo.

Cuando se quiere realizar una pieza de forma cilíndrica y su diámetro no lo encontramos en piezas comerciales, la solución es realizarla a partir de una chapa plana.

Figura 22. Virolias de chapa de acero enrolladas.



Los principales órganos constitutivos de los cilindros curvadores de chapa son:

Bancada.

Pieza de fundición sobre la que descansa la máquina.

Bastidor

Pieza de hierro que se apoya sobre la bancada y soporta los rodillos.

Cilindros.

Tres rodillos, dos inferiores separados y uno superior colocado en medio de ambos.

Las chapas son introducidas entre los tres cilindros que, haciéndolos rodar y a base de varias pasadas, va adquiriendo la forma deseada.

Generalmente, las virolas son empleadas para la construcción de depósitos, calderas o tuberías de diámetros no comerciales.

Una de las piezas más usadas en la fabricación son los aros de perfiles tipo Angulo.

DEFECTOS QUE APARECEN EN EL DOBLADO Y CONFORMADO DE LOS MATERIALES

Dependiendo del material y la técnica de conformado nos encontramos con diferentes defectos,

Plegado de chapa

Además de los errores humanos en la secuencia de plegado, la chapa se puede agrietar por el pliegue; si ocurre, tendremos que pensar que el material es demasiado duro y no admite este conformado.

TEMA XIV.II
MATERIALES
COMPUESTOS Y NO
METÁLICOS

CURSO DE MATERIALES COMPUESTOS

Métodos de fabricación con materiales compuestos

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Contenido

Introducción.

Métodos de fabricación

- Lay up de prepregs (manual, ATL, FP)
- Fabricación por infusión (RTM, RFI, RLI)
- Filament winding
- Pultrusion

Tipos de proceso (cocurado, coencolado, encolado secundario)

Estructuras monolíticas y sandwich

Etapas generales del proceso de fabricación (Autoclave)

- Proceso de apilamiento y bolsa de vacío
- Ciclo de curado

Pág. 2

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Contenido

Requisitos de calidad del proceso de fabricación de materiales compuestos.

Mecanizado de materiales compuestos

Requisitos específicos de procesos (R.E.P.)

Pág. 3

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- Los procesos de fabricación con materiales compuestos utilizan diferentes tipos de fibras o tejidos, impregnados o no en resina para conseguir el diseño deseado y la fabricación final de la parte con material compuesto.

La utilización o no de un tipo de proceso se realiza teniendo en cuenta factores económicos, logísticos, ingenieriles etc. Los procesos de fabricación incluyen tanto métodos automáticos o manuales así como procedimientos de encolado y fabricación de estructuras sandwich y monolíticas.

- Dentro de los procesos de fabricación el más utilizado es el llamado "moldeo por autoclave", en este proceso varias capas de material preimpregnado se sitúan en un útil, realizándose una "bolsa de vacío", y posteriormente introduciendo todo el montaje en un autoclave, donde se produce la polimerización (curado) en unas condiciones determinadas de presión y temperatura. el proceso de posicionamiento de las capas de preimpregnado puede realizarse mediante posicionamiento manual (hand lay up), o automático (A.T.L., fiber placement).

Pág. 4

Métodos de fabricación con materiales compuestos

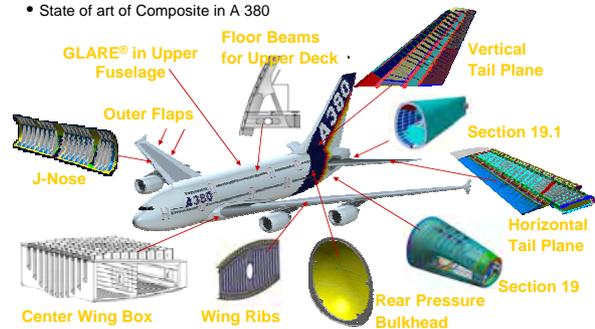
- Además existen otros procesos que implican la utilización de cintas o tejidos secos que se impregnan con resinas film o líquidas en unas condiciones controladas, polimerizándose en una fase posterior con las geometrías y dimensiones finales de la pieza acabada, como R.T.M., R.F.I., R.L.I.

- Otros procesos como filament winding o pultrusión son también utilizados en la fabricación de estructuras aeronáuticas aunque no tan ampliamente como los anteriores.

Pág. 5

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- State of art of Composite in A 380



Pág. 6

Métodos de fabricación con materiales compuestos

► Lay-up de preregs

| LAY-UP | CARACTERÍSTICAS | PROS | CONTRAS |
|--------|--|---|--|
| MANUAL | <ul style="list-style-type: none"> • Uso de prepreg y curado en autoclave • Amacianamiento de materiales preimpregnados (-18°C) | <ul style="list-style-type: none"> • Fabricación de estructuras simples y complejas • Inversiones moderadas • Costes laborales menores que en el lay-up manual • Mejor aprovechamiento del material. • Partes planas o con poca curvatura | <ul style="list-style-type: none"> • Coste laboral alto • No buen aprovechamiento de material (SCRAP) • Inversión altas • Material caro • Requerimientos dimensionales del material muy estrechos (anchura) |
| A.T.L. | <ul style="list-style-type: none"> • Tack e impregnación del materiales clave para el proceso, especialmente ATL Y FP | <ul style="list-style-type: none"> • Mejor aprovechamiento de material que en ATL • Costes laborales menores que con ATL • No se necesita compactación del proceso | <ul style="list-style-type: none"> • Inversiones muy altas • Material más caro • Requerimientos dimensionales del material muy estrechos |
| F.P. | <ul style="list-style-type: none"> • Fabricación de estructuras primarias y secundarias • Buena optimización del volumen de fibra de las partes fabricadas | <ul style="list-style-type: none"> • Partes con geometría compleja y con mucha curvatura | |

Pag. 7

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- A.T.L



A380 Flap Skin



A340 HTP Skin



A380 S21 Panel

Pag. 8

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- Fiber placement




Pag. 9

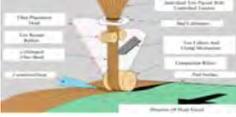
Métodos de fabricación con materiales compuestos

- Fiber placement

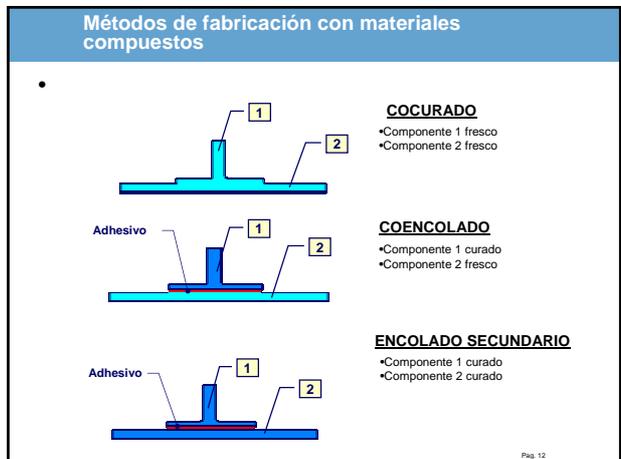
Fiber placement:
A380 S19 Skins
A380 MLGD



Here 32 Tows are layed-up at the same time

Pag. 10



Métodos de fabricación con materiales compuestos

Introducción.

Métodos de fabricación

- Lay up de prepregs (manual, ATL, FP)
- Fabricación por infusión (RTM, RFI, RLI)
- Filament winding
- Pultrusion

Tipos de proceso (cocurado, coencolado, encolado secundario)

Estructuras monolíticas y sandwich

Etapas generales del proceso de fabricación (Autoclave)

- Proceso de apilamiento y bolsa de vacío
- Ciclo de curado

Pag. 13

Métodos de fabricación con materiales compuestos

Los tipos de estructuras utilizados en la fabricación de componentes son:

- **Estructuras monolíticas**
 - Constituidas por elementos sólidos
 - Grandes cargas
 - Aplicación principal en estructuras primarias (HTP, VTP, etc..)
- **Estructuras "sandwich"**
 - Constituidas por un núcleo y dos pieles
 - Estructuras que se requieran gran rigidez a flexión y ligeras.
 - Estructuras secundarias
 - Muy ligeras

Pag. 14

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- **Estructuras monolíticas**

Los dos procesos de fabricación principales para obtener componentes con estructuras monolíticas son:

- **Proceso en una fase:**

Todas las partes que forman la estructura se obtienen en único proceso que conforma la pieza final.
En el caso de estructuras de materiales compuestos se trataría de piezas cocuradas.

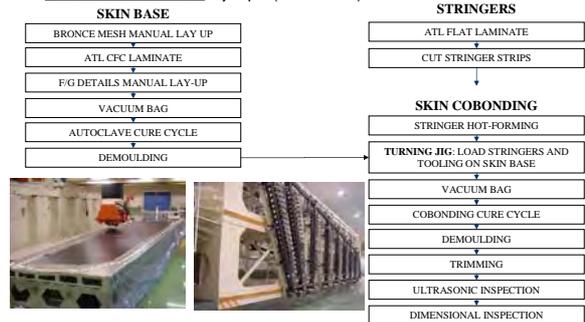
- **Proceso multifase:**

Las diferentes partes se fabrican por separado, encolándose posteriormente mediante adhesivo.

Pag. 15

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- **Estructuras monolíticas. Ejemplo (HTP A 380)**



Pag. 16

Métodos de fabricación con materiales compuestos

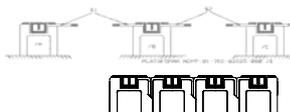
- **Estructuras monolíticas. Ejemplo(HTP A 380 Stringer manufacturing)**



FLAT ATL OF THE STRINGER LAMINATE



AUTOMATIC CUTTING OF STRINGER STRIPS



STRINGER HOT FORMING TOOLS

Pag. 17

Métodos de fabricación con materiales compuestos

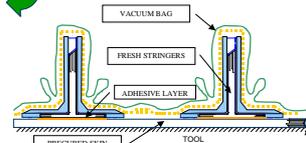
- **Estructuras monolíticas. Ejemplo(HTP A 380 Stringer Skin cobonded)**



LOAD INVAR ANGLES AND STRINGERS ON TURNING RACK



TURNING OPERATION TO LOCATE THE STRINGERS ON THE SKIN



Pag. 18

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- Estructuras monolíticas. Ejemplo(HTP A 380 Stringer Skin cobonded)



COBONDED ASSY OUT OF AUTOCLAVE, BEFORE STRINGER TOOLING DEMOULDING



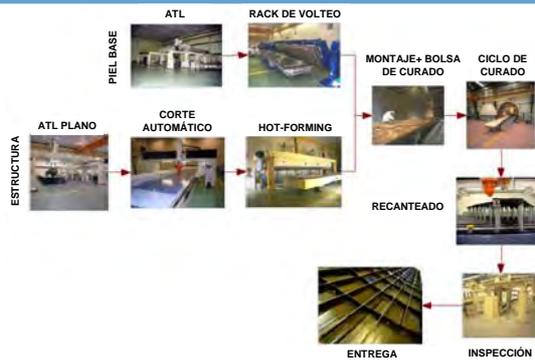
Pag. 19

Proceso de Coencolado



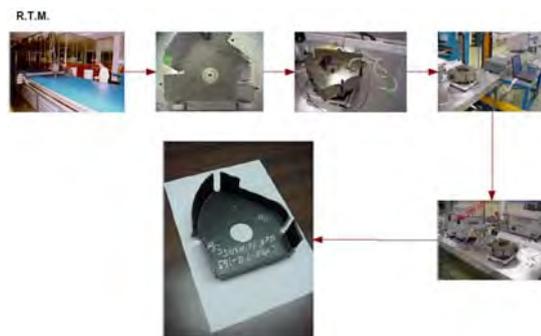
Pag. 20

Proceso de Cocurado



Pag. 21

Proceso R.T.M.



Pag. 22

Encintado automático (ATL)

- ❑ Sobre mesa de plano
- ❑ Sobre útil hembra
- ❑ Sobre útil macho (Fiber-Placement)



PROCESO DE FABRICACIÓN Pag. 23

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- Estructuras sandwich

-Son estructuras que consisten básicamente en dos revestimientos, inferior y superior, con un núcleo de baja densidad que los separa.

-Existen diferentes tipos de núcleos de papel p.E. Fibra de vidrio, nomex, korex, espumas p.M.I., Etc, uno de los más utilizados son los de papel tanto nomex como de fibra de vidrio, y celdilla de nido de abeja ("honeycomb").

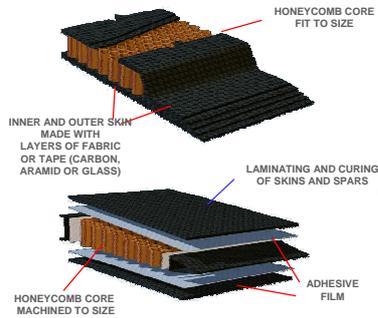
-Como en el caso de laminados los procesos de fabricación para obtener componentes con estructura "sandwich" son:

- Proceso en una fase
- Proceso multifase

Pag. 24

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Estructuras sandwich



CO CURING PROCESS

- Inner skin un-cured
 - Outer skin un-cured
- Both skin are cured together with the honeycomb core effectively creating a single part

SECONDARY BOND MULTIPHASE PROCESS

- 1 Individuals skins and spars are cured.
- 2 In a second operation, honeycomb core and individuals skin and devices are bonded together

Pag. 25

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Estructuras sandwich . Preparación de núcleos.

Los núcleos de h/c necesitan una serie de operaciones, algunas de ellas requeridas en los planos, de las que depende , conjuntamente con otros factores , la calidad final de las estructuras fabricadas .

Estas operaciones son :

- limpieza
- secado
- Estabilización
- macizado
- Empalmes

Pag. 26

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Estructuras sandwich . Preparación de núcleos.

- Limpieza
 - Pulverizado con disolvente
 - Frotamiento
 - Desengrase en fase vapor (h/c metálicos)
- Secado
 - Cuando se requiera en la documentación (80°c/5 horas)
- Estabilización, fijación (para mecanizado, evitar "core crushing")
 - Grapado
 - Macizado
 - Papel adhesivo, adhesivo film , fibra de vidrio
 - Banda rugosa

Pag. 27

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Estructuras sandwich . Preparación de núcleos.

- Macizado (estabilización , insertos)
 - Cuando lo indique el plano , el plano indicará el material y el área de macizado
- Empalme
 - cuando lo indique el plano aplicable. el plano indicará el material y zona de empalme.
 - tipos de empalmes de núcleo más frecuentes :
 - *Empalme por encolado ("foam") . el plano indicará la separación máxima entre celdillas.
 - *Grapado de núcleos (núcleos de vidrio)

Pag. 28

Métodos de fabricación con materiales compuestos

► Preparación de utillaje

- Limpieza, desengrase y preparación superficial de los útiles donde se posicionarán las capas de preimpregnado. Esta limpieza y desengrase se realizará con los disolventes aprobados.
- Posteriormente se aplicará sobre el útil el agente desmoldeante s/I+D-P 348, para evitar la adherencia de la primera capa del prepreg sobre el útil.

► Preparación de núcleos.

- El manejo de los núcleos deberá realizarse de forma que no produzca daño o contaminación. Una vez realizadas las operaciones de corte, limpieza, mecanizado etc. Los núcleos deberán ser almacenados en bolsas selladas hasta su utilización .

Pag. 29

Métodos de fabricación con materiales compuestos

► Corte de "kits"

- Los materiales preimpregnados y adhesivos, una vez sacados de los frigoríficos y ambientados , se les corta en patrones (en zonas de área "limpia") siguiendo unas instrucciones determinadas y respetando las orientaciones requeridas en los planos, posteriormente los "kits" serán identificados e introducidos en bolsas herméticas y retornados al frigorífico hasta su utilización (siempre deberá respetarse el tiempo de vida de manejo y utilización de cada material preimpregnado, adhesivo etc.. Indicado en la correspondiente norma, fichas técnicas, y documentación aplicable).

Pag. 30

Métodos de fabricación con materiales compuestos

► Montaje de telas

- Esta operación se realiza en el área "limpia", posicionando una capa directamente sobre la anterior, ya colocada en el útil, o bien formando bloques aparte que se colocaran posteriormente sobre el útil, siempre se respetaran las orientaciones requeridas en los planos y documentación aplicable y se evitará, dentro del proceso de apilamiento, que exista aire ocluido entre las capas .
- Para la compactación o adaptación de las capas de preimpregnado podrán utilizarse distintos procedimientos y siempre que lo indique el plano / rep aplicable, las condiciones de presión temperatura, vacío se indicarán en el plano o documentación aplicable.

Algunos de los métodos más utilizados son :

- Compactación
- Conformado en caliente (hot forming)

Pág. 31

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- Durante el proceso de apilamiento deberá respetarse escrupulosamente las orientaciones, tolerancias requeridas en los planos y documentación aplicable.
- De forma general están prohibidos los empalmes a solape y las holguras no paralelas a la fibra en cintas unidireccionales.
Los criterios y limitaciones para la realización de empalmes estarán indicados los planos y normativa aplicable (ver I+D-P-233 y AIPS 03-07-007...)

► Preparación de la bolsa de vacío

- En las capas de los materiales preimpregnados y adhesivos, ya posicionados sobre el útil, se colocan una serie de materiales auxiliares y de control, en función de los requerimientos, cerrando todo el conjunto y aislándolo del exterior.
- Con la aplicación del vacío se elimina el aire existente en el interior, lo que produce una buena compactación entre capas consiguiendo piezas finales de buena calidad (sin huecos ni delaminaciones).

Pág. 32

Métodos de fabricación con materiales compuestos

► Polimerización

- Es la etapa mas importante del proceso y de ella depende, en gran medida, la calidad de la parte terminada.
- Las condiciones concretas del curado son función del tipo de material preimpregnado (concretamente la resina). Los parámetros que controlan el ciclo de curado (polimerización) son: presión, temperatura y tiempo.
- En esta etapa se produce el entrecruzamiento de los distintos grupos químicos de la resina, lo que provoca la polimerización irreversible (resina termoestable) de la misma.

► Desmoldeo, recanteado y mecanizado

- Una vez realizada la polimerización se desmoldea la pieza del utillaje, mediante equipos y herramientas adecuadas, procediendo a su posterior recanteado y mecanizado, si fuera necesario

Pág. 33

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Proceso de apilamiento y bolsa de vacío

- Durante el proceso de apilamiento es fundamental controlar los siguientes puntos:

- Los materiales utilizados son los indicados en los planos y se encuentran dentro de su tiempo de utilización.
- Seguir estrictamente las indicaciones referentes al numero de capas, secuencia de apilamiento y orientación requeridas en el plano.
- Evitar la formacion de oclusiones de aire y la formacion de arrugas .
- Si fuera necesario realizar empalmes, se cumplirán las normas y especificaciones aplicables.
- Observar estrictamente los requerimientos de limpieza, seguridad e higiene laboral y manejo, incluidos en los manuales, especificaciones y normas aplicables, tanto a los diversos materiales como a las areas de trabajo y equipamiento .

Pág. 34

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Proceso de apilamiento y bolsa de vacío .

► Bolsa de vacío

- Una vez realizado el posicionamiento de las capas de material preimpregnado, adhesivos, etc., se procede a la operación final antes de la polimerización, que es la construcción de la "bolsa de vacío".
- Las condiciones particulares de ejecución de la bolsa, y materiales auxiliares aplicables a cada pieza específica, vendrán indicadas en la correspondiente documentación de trabajo y rep aplicable

Los materiales auxiliares para la construcción de la bolsa de vacío no quedan incorporados al elemento final fabricado y de manera resumida son:

► Películas de vacío

Suelen ser películas de nylon que se colocan, sobre apilado en el útil, como envolventes de las bolsas de vacío

Pág. 35

Métodos de fabricación con materiales compuestos

► Películas separadoras

Sirven para "separar" los materiales preimpregnados del resto de materiales que forman la bolsa de vacío, también pueden emplearse, en algunos casos, como desmoldeantes.

► Tejidos aireadores

Facilitan la extracción del aire ocluido durante el proceso de apilamiento, y los volátiles producidos durante el curado. suelen situarse entre la pieza y el material de la bolsa. No estarán en contacto con el preimpregnado

► Tejidos sangradores

Permiten la eliminación del exceso de resina de los materiales preimpregnados en los procesos, que así se requiera, optimizando el porcentaje fibra/resina de la pieza final.

Pág. 36

Métodos de fabricación con materiales compuestos

Tejidos pelables

Se utilizan como protección superficial en aquellas piezas que pueden ser objeto de contaminación, o que lleven un proceso posterior de encolado o pintura normalmente con un tratamiento posterior de lijado

Retenedores

Evitan el flujo excesivo de resina del elemento por su contorno, durante el ciclo de curado.

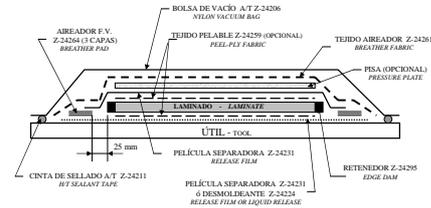
Pasta de vacío

Es una cinta, de unos 15 mm de anchura, utilizada en el sellado de la bolsa de vacío.

Pág. 37

Métodos de fabricación con materiales compuestos

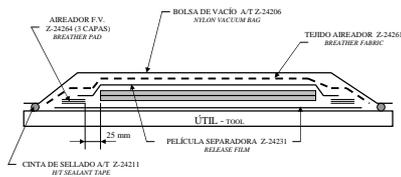
Ejemplo de bolsa de vacío para laminado (cocurado)



Pág. 38

Métodos de fabricación con materiales compuestos

Ejemplo de bolsa de vacío para laminados (coencolado, encolado secundario)



Pág. 39

Métodos de fabricación con materiales compuestos

Ciclo de curado

- Del ciclo de curado utilizado, conjuntamente con la preparación de la bolsa de vacío, dependen, en gran medida, la calidad final de los elementos fabricados con materiales compuestos.
- Los diferentes tipos y métodos de curado se basan en la aplicación de temperatura y presión y/o vacío durante un tiempo determinado. En el caso de materiales compuestos avanzados el proceso de curado suele realizarse en autoclaves por medio de los cuales se realiza la aportación de calor y presión para lograr la reacción de polimerización de la resina y/o adhesivos, durante un proceso totalmente controlado.
- Las condiciones específicas de curado dependen principalmente del sistema de resina del material preimpregnado (alta o baja temperatura), tipo de estructura a fabricar, tipo y material del útil, etc.

Pág. 40

Métodos de fabricación con materiales compuestos

Estas condiciones (P, T, t, velocidad calentamiento, enfriamiento, etc...) vendrán indicadas en el REP de la pieza y en la correspondiente documentación de trabajo de cada elemento. La norma de ingeniería ING-508 recoge todos los ciclos de curado de autoclave y estufa aplicables en Airbus España.

Dentro de las variables que se tienen en cuenta en la definición de un ciclo de curado, las tres más importantes son:

- Presión
- Temperatura
- Tiempo

Pág. 41

Métodos de fabricación con materiales compuestos - REP's

Presión

- El papel de la presión en el ciclo de curado es conseguir una buena distribución de la resina en la pieza y una buena compactación entre las distintas capas de material que componen el elemento a fabricar. La presión aplicada puede variar entre 1 - 10 bares, dependiendo del tipo de estructura a fabricar.
- Las presiones utilizadas en la fabricación por autoclave de estructuras monolíticas suelen ser de **7 bares**, mientras que en estructuras "sándwich" será generalmente de 3,2 bares, dependiendo del tipo de núcleo.
- Es especialmente importante el punto de aplicación de la presión, en función de las características químico-reológicas de la resina (viscosidad y gelificación). Una aplicación de presión, cuando la resina ya ha endurecido (gelificado), o por el contrario cuando la resina está muy fluida, producirá piezas con porosidad y huecos o falta de resina.

Pág. 42

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- Temperatura

- La temperatura de polimerización es aquella a la que se calienta el material para conseguir la reacción de entrecruzamiento entre los distintos componentes de la resina. Esta temperatura es función, principalmente, de la naturaleza química de la resina (epoxi, fenólica, bmi, etc.). Los dos grupos principales de materiales compuestos estructurales utilizados en el campo aeronáutico son los materiales preimpregnados en resina de curado a 120°C y a 180°C
- Es imprescindible asegurar y garantizar que se está aplicando la temperatura correcta durante el ciclo de curado, pues de ella, conjuntamente con el "tiempo de estabilización", dependerá que se consiga la polimerización de la resina. Si esto no se consiguiera se obtendrían piezas con características mecánicas y físico-químicas muy inferiores a las requeridas en el diseño inicial.

Pag. 43

Métodos de fabricación con materiales compuestos

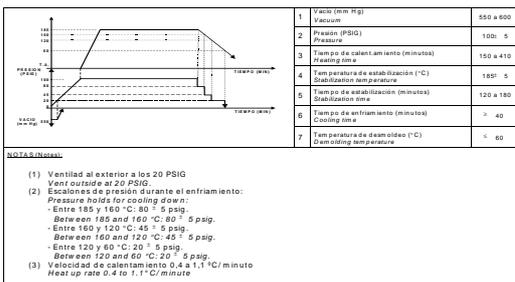
- Tiempo

- Se define tiempo de curado como tiempo en el que se mantiene la temperatura de polimerización durante el proceso de curado, asegurándose de este modo que se completa la reacción
- Este tiempo puede variar de forma muy general entre 90 – 180 minutos dependiendo del sistema de resina del material preimpregnado.
- Todos los parámetros que rigen el ciclo de curado deberán estar monitorizados y registrados durante todo el ciclo.

Pag. 44

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Ejemplo de ciclo de curado.



Pag. 45

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- En las estructuras sándwich se realiza la prueba de estanqueidad según I+D-E-336, salvo indicación contraria.
- Cualquier defecto detectado deberá estar dentro de los criterios de aceptación con o sin reparación indicados en las normas AIPS 03-07-007 I+D-P-233, I+D-P-52, I+D-P-237, planos o rep aplicables.

Pag. 46

Métodos de fabricación con materiales compuestos

La calidad de las partes fabricadas depende fundamentalmente del cumplimiento de todos y cada uno de los requisitos de aplicables al proceso de fabricación con materiales compuestos.

El dpto. de calidad deberá asegurarse de que se cumplen todos los requisitos que figuran en el plano, REP y normativa aplicable y que de forma resumida son:

► Materiales

- Todos los materiales preimpregnados, adhesivos estarán dentro de los tiempos límites de utilización de los mismos, debiéndose cumplir estrictamente los requisitos indicados en las correspondientes ips, y las normas de fabricación: AIPS03-07-007, I+D-P-233, I+D-P-237, I+D-P-52, I+D-P-70, I+D-P-330, etc., aplicables.

Pag. 47

Métodos de fabricación con materiales compuestos

► Proceso de fabricación

Se comprobará:

- Las condiciones de humedad, temperatura, contaminación (medición de partículas), limpieza, etc., del área limpia.
- El correcto funcionamiento de autoclaves, estufas, termopares, registradores y equipos de medida.
- La correcta orientación y posicionamiento de telas, núcleos, etc., y que las tolerancias aplicables a empalmes de preimpregnados, adhesivos y núcleos cumplen los requerimientos de la documentación aplicable.
- En el caso de existir defectos, estos se encuentran dentro de los límites de aceptación indicados en las normas AIPS 03-07-007, I+D-P-233, I+D-P-52, I+D-P-237, etc., aplicables, o en el caso de que sea aplicable, se garantizará que los métodos de corrección de los defectos están de acuerdo a las normas anteriores.

Pag. 48

Métodos de fabricación con materiales compuestos

- Los parámetros que controlan el ciclo de curado (presión, vacío, tiempo, temperatura, velocidades de calentamiento y enfriamiento) y el posicionamiento de los termopares.
- La existencia de paneles para ensayos de control de proceso identificados con las piezas que representan.

► Piezas terminadas

Se comprobará:

- Que las piezas terminadas sean inspeccionadas (visual y/o por técnicas NDT), tal y que se cumplen los requerimientos(nivel de atenuación) del rep aplicable.
- Los ensayos y resultados de las **probetas de control de proceso** deberán cumplir los requisitos indicados en el rep.
- Las dimensiones, tolerancias, geometrías y materiales deberán ser los indicados en el plano.

Pag. 49

Métodos de fabricación con materiales compuestos

► Mecanizado

Los procedimientos y requisitos para el mecanizado de estructuras fabricadas con materiales compuestos se encuentran recogidos en la norma AIPS 03-07-002 / I+D-P-387.

De forma general en el proceso de mecanizado deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones y requisitos de calidad.

- Tipo de material compuesto a mecanizar.
- Tipo de herramientas, brocas y material de la misma (dependiendo del proceso).
- Tipo de refrigerante (aire, líquido, freón, etc.).
- Velocidad y avance de corte, taladro, etc.
- En el proceso de mecanizado no son aceptables las delaminaciones astillamientos, desgarros, etc., deberán establecerse las correspondientes hojas de rechazo .

Pag. 50

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Requisitos específicos de proceso (REP)

- Son documentos parte del plano , aplicables en la fabricación, inspección, manipulación, almacenaje, etc., de materiales compuestos
- Contienen información referente a:
 - Normas aplicables
 - Ciclo de curado, bolsa de vacío y observaciones particulares de fabricación
 - Paneles y ensayos de control de proceso de los componentes concretos a fabricar
 - Criterios de aceptación e inspección.
- El procedimiento de establecimiento, aprobación y edición de los REP se establece en la norma AEN 10302.

Pag. 51

Métodos de fabricación con materiales compuestos

► Todos los elementos fabricados mediante los siguientes procesos llevaran REP

- Elementos fabricados en materiales compuestos de fibra de carbono (CFRP), fibra de vidrio o aramida (KEVLAR).
- Elementos con encolado estructural
- Elementos soldados considerados estructurales y/o funcionalmente críticos por las subdirecciones de diseño y calculo
- Forjados y fundidos
- Cualquier otro elemento que por el material, el proceso de fabricación, los métodos de inspección, y/o la responsabilidad estructural, la Subdirección de diseño considere necesario la preparación de REP.

Pag. 52

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Requisitos específicos de proceso (REP) – EJEMPLO:

Pag. 53

Métodos de fabricación con materiales compuestos

• Requisitos específicos de proceso (REP) – EJEMPLO:

Pag. 54

TEMA XV

SOLDADURA

SOLDADURA

Métodos de Soldadura (Soldering). Inspección de Juntas Soldadas

1.1. Presentación Histórica

Aunque los metales han sido utilizados durante miles de años, nadie está seguro de como se obtuvo el primer metal útil. Pudo ser a partir de restos de meteoritos o, más probablemente, al calentar inadvertidamente minerales que contenían cobre, obteniéndose una masa de cobre impuro que fácilmente podía conformarse. Independientemente de su origen, la antigüedad del empleo de los metales ha sido confirmada por los descubrimientos de diferentes piezas de bronce. Hachas, puntas de lanza y ornamentos han sido extraídos de antiguos emplazamientos humanos y los arqueólogos han podido demostrar que fueron fabricados y utilizados durante el período que se conoce como Edad de Bronce.

El empleo que pudieron dar al metal descubierto, estuvo limitado por el hecho de que la tecnología entonces disponible no ofrecía técnicas capaces de producir grandes piezas totalmente de bronce. Esto no fue un gran problema para el caso de hachas o dardos, utensilios a los que pudieron acopiar como mango, por diferentes métodos, un material de buena tenacidad como la madera, pero el problema de conseguir uniones aceptables metal a metal quedó sin resolver. Independientemente del desarrollo de las técnicas de soldeo, la incapacidad de unir pequeñas piezas metálicas entre sí para conseguir otras de mayor tamaño, o más complejas de forma, no fue solucionada definitivamente hasta el siglo pasado. Fue la revolución industrial la que incentivó la introducción a escala comercial de las técnicas de remachado, soldeo fuerte y blando, soldeo por fusión, etc.

El soldeo por llama se desarrolló cuando fueron posibles el abastecimiento a escala industrial de oxígeno, hidrógeno y acetileno a precios accesibles, se inventaron los sopletes adecuados y se desarrollaron las técnicas de almacenamiento de dichos gases. En el año 1916 el soldeo oxiacetilénico era ya un proceso completamente desarrollado capaz de producir soldaduras por fusión de calidad en chapas finas de acero, aluminio y cobre desoxidado, existiendo sólo ligeras diferencias con los procesos utilizados en la actualidad.

El arco eléctrico fue descubierto por Sir Humphrey Davy en 1.801, sin embargo el descubrimiento permaneció durante muchos años como una mera curiosidad científica.

Los primeros electrodos utilizados fueron alambres desnudos de hierro que producían soldaduras débiles y frágiles. El arco, a menudo, sobrecalentaba el meza! de aportación y se fragilizaba el cordón de soldadura por reacción con el aire. Para evitar estas dificultades se desarrollaron electrodos ligeramente recubiertos con diferentes materiales orgánicos e inorgánicos, no obstante, éstos estuvieron dirigidos más a establecer y estabilizar el arco que a conseguir la protección y purificación del cordón. No fue hasta 1.912 que Strohmenger patentó en U.S.A. un electrodo fuertemente recubierto, capaz de producir a escala industrial soldaduras con buenas propiedades mecánicas. Estos primeros electrodos revestidos fueron aceptados lentamente por su elevado coste.

A partir de 1.930 las aplicaciones del soldeo por arco crecieron rápidamente. En este año se construye en Carolina del Sur un barco mercante totalmente soldado, que fue el precursor de los miles de barcos soldados construidos durante la Segunda Guerra Mundial. En la misma época

los alemanes construyen los acorazados de bolsillo utilizando el soldeo por arco, tres de los cuales fueron botados entre los años 1.931 y 1.934.

Sobre 1.935 se introduce el empleo de la corriente alterna, que frente a las ventajas que ofrecía presentaba el inconveniente de producir un arco inestable, problema que se solucionó desarrollando revestimientos que se ionizan con mayor facilidad.

En 1.932 se empezó a utilizar como protección un fundente granulado que se depositaba progresivamente por delante del electrodo. El calor del arco fundía y descomponía el fundente produciendo la escoria y atmósfera protectora necesarias.

El empleo del fundente granular y alambre continuo como electrodo, dio lugar en 1.935 al nacimiento del proceso denominado "arco sumergido", cuyas principales aplicaciones fueron en construcción naval y en la fabricación

de tubería.

El primer proceso con protección gaseosa empleó un electrodo no consumible de wolframio y helio como gas de protección, recibió la denominación de TIG. El proceso todavía se mejoró cuando se introdujo el empleo de la corriente alterna, a la que se superpone una corriente de alta frecuencia y voltaje para mejorar la estabilidad del arco.

El TIG, que resolvió el problema del soldeo de los metales muy reactivos, no se reveló útil a la hora de soldar secciones gruesas o aleaciones altamente conductoras del calor. Para salvar este inconveniente, en 1.948 el electrodo de wolframio se sustituyó por un alambre continuo consumible, dando lugar a un nuevo proceso de soldeo por arco que se denominó MIG.

El elevado precio de los gases de protección, argón y helio, hizo que para el soldeo del acero éstos se sustituyeran por una mezcla más económica formada por el gas inerte, oxígeno y anhídrido carbónico, el cual se descompone y reacciona durante el soldeo produciendo arcos más estables y más energéticos. Este nuevo proceso recibió el nombre de MAG y, por su bajo coste, fue rápidamente adoptado en la industria del automóvil y en todas aquéllas en las que las exigencias de calidad no fueran excesivamente críticas.

El soldeo con electrodo revestido no pudo, en principio, ser mecanizado debido a que el electrodo no podía enrollarse en una bobina para ser alimentado continuamente, su recubrimiento se agrietaba y desprendía. El problema se resolvió en 1.958 cuando se desarrolló el "alambre tubular". Consiste este alambre/electrodo en una varilla metálica hueca en cuyo núcleo se aloja el fundente, que ofrece la ventaja de ser fácilmente enrollable en una bobina y empleada en equipos con alimentación automática. Este tipo de electrodo es utilizable con y sin gas de protección.

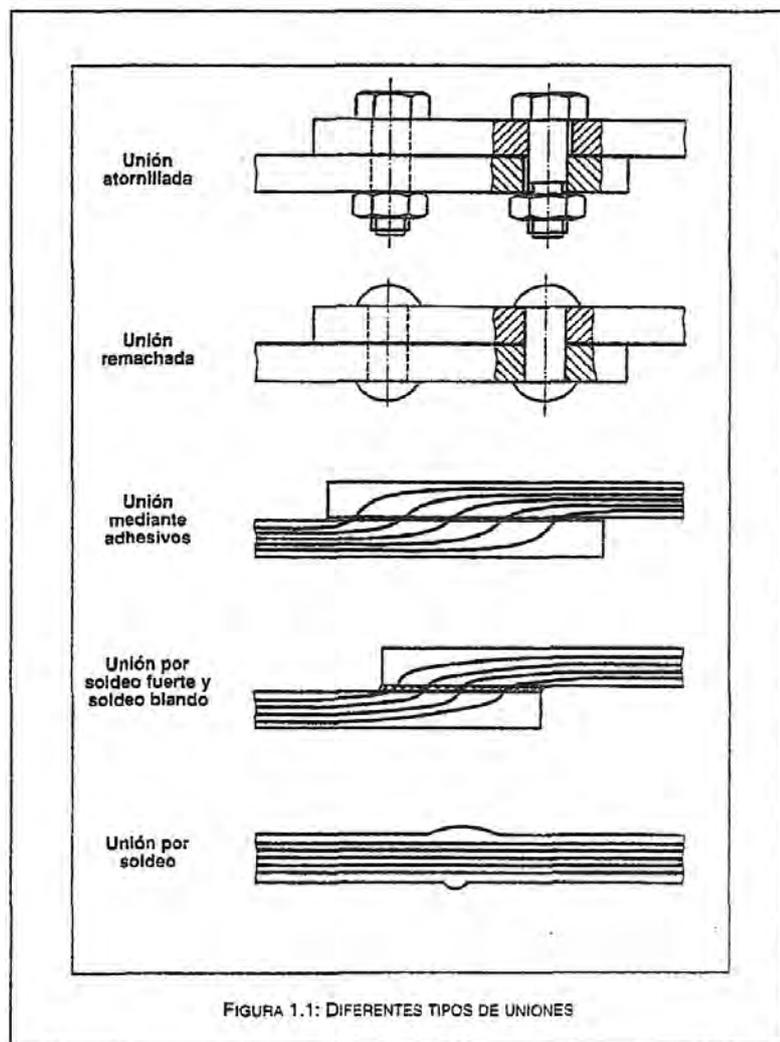
En la actualidad los desarrollos tecnológicos se centran en la aplicación de la microelectrónica y de la informática, para un mejor control del arco y de los parámetros de soldeo. Más que la aparición de nuevos procesos, se está consiguiendo la ampliación del campo de aplicación de los ya existentes a nuevos materiales no metálicos y a aleaciones metálicas hasta ahora difícilmente soldables, sin olvidar la mecanización, automatización, robotización y control de los procesos mediante ensayos no destructivos y registro de los parámetros en tiempo real. con buenas propiedades mecánicas. Estos primeros electrodos revestidos fueron aceptados lentamente por su elevado coste.

1.2. Tecnologías da Unión

El soldeo es el proceso de unión por el que se establece la continuidad entre las partes a unir con o sin calentamiento, con o sin aplicación de presión y con o sin aportación de material.

Se denominará metal base al material que va a ser sometido a cualquier operación de soldeo o corte y metal de aportación al material que se aporta en cualquier operación o proceso de soldeo (ver figuras 10.1 y 12.1)

La distinción entre los términos **soldeo** y **soldadura** es la siguiente: "**soldeo**" se aplica a la serie de acciones conducentes a obtener uniones soldadas o "**soldaduras**", dicho de otra forma: se hablará de "**soldadura**" cuando nos refiramos a la unión obtenida como resultado de diferentes acciones de "**soldeo**", tales como procesos de soldeo, parámetros de soldeo, secuencias de soldeo, equipos de soldeo, etc.



Una soldadura puede ser homogénea o heterogénea. Como ejemplo de soldadura homogénea se puede citar la obtenida al realizar el soldeo de dos piezas de acero de composición similar sin utilizar metal de aporte, o utilizando un metal de aporte de la misma naturaleza que la de las piezas a unir. Como ejemplo de soldadura heterogénea, se puede citar la obtenida al realizar el soldeo de dos piezas de fundición utilizando como metal de aporte una aleación de níquel, o

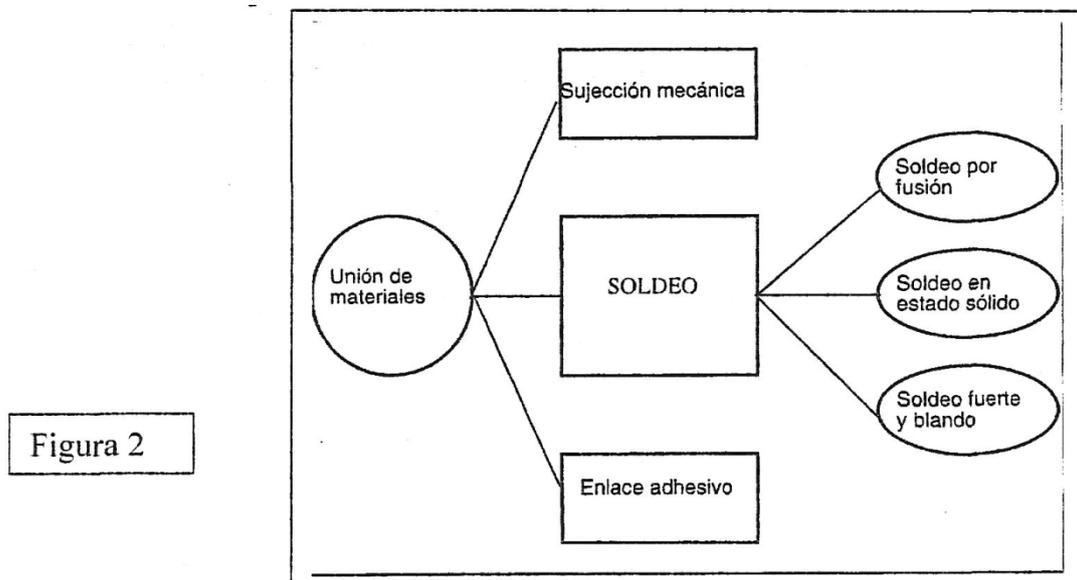
bien realizar el soldeo entre dos piezas de distinto material utilizando como aporte otro material diferente.

También podemos ver en la figura 1. que la unión por soldeo es la única que permite conseguir la continuidad en un mismo plano, facilitándose la transmisión de tensiones entre las piezas unidas. Como contrapartida, la unión soldada es más

1.3. Clasificación de los Procesos de Soldero

En la figura.2 se presenta de forma esquemática, de acuerdo con la AWS, los diferentes métodos de unión de materiales, diferenciando los de soldeo en tres grandes grupos:

- Soldero por fusión.
- Soldero en estado sólido.
- Soldero fuerte y blando.



1.3.1. Procesos de soldeo por fusión

Son aquellos en los que siempre se produce la fusión del metal base y la del de aportación, cuando este se emplea. Es decir, siempre existe una fase líquida formada sólo por metal base, o por metal base de aportación.

1.3.2. Procesos de soldeo en estado sólido

Son aquéllos en los que **nunca** se produce la fusión del metal base, ni la del de aportación cuando éste se emplea. Es decir, **nunca existe una fase líquida.** (Soldadura por puntos)

1.3.3. Procesos de soldeo fuerte y blando

Son aquéllos en los que siempre se produce la fusión del metal de aportación, pero no la del metal base. Es decir, siempre **existe una fase líquida formada sólo por metal de aportación.**

La diferencia entre soldeo fuerte y soldeo blando reside en que en el soldeo fuerte el metal de aportación funde por encima de 450° C, mientras que en el soldeo blando el material de aportación funde a 450° Coa temperaturas inferiores

2.1 Definición del Arco Eléctrico.

El arco eléctrico es una descarga continuada entre dos conductores separados ligeramente, por donde pasa la corriente, al hacerse conductor el aire o gas comprendido entre los mismos. Se manifiesta con gran desprendimiento de luz y calor. El arco, por otra parte, es la fuente de calor que utilizan muchos de los procesos de soldeo por dos razones fundamentales:

- Proporciona altas intensidades de calor.
- Es fácilmente controlable a través de medios eléctricos.
- Para producir el arco necesitamos dos conductores, a los que llamaremos electrodos, y un gas conductor al que denominaremos plasma.

2.2. Formación del Medio Conductor: La Columna de Plasma

Como ya hemos dicho anteriormente, el arco eléctrico consiste en una descarga de corriente relativamente alta sostenida a través de una columna gaseosa. Ahora bien, los gases, en condiciones normales, son prácticamente aislantes, por lo que para conseguir el arco es necesario que el gas se haga conductor.

Para ello, hay que conseguir la separación de sus átomos en iones y electrones; este proceso se denomina **ionización**. La ionización se consigue por el choque de los electrones que salen de uno de los electrodos con el gas. Un gas ionizado o parcialmente ionizado se denomina plasma. (Ver figura 3) .

En la figura 3(A) se puede observar los átomos de un gas, cada átomo tiene igual número de protones que de electrones, sin embargo a una temperatura elevada se puede conseguir que el gas se ionice, es decir que todos o alguno de los electrones de cada átomo se separe dejando un ion positivo. El plasma de la figura 3 (B) está formado por un átomo (a) que no está en absoluto ionizado, es decir, que no tiene ningún electrón separado de su núcleo; átomos parcialmente ionizados en los que uno de los electrones (c)

se ha separado del núcleo y han dejado un ion positivo (b) (tiene más protones que electrones) y otro átomo totalmente ionizado ya que los dos electrones (c) se han separado del núcleo (d).

Los electrodos pueden ser de igual o de distinta naturaleza, por ejemplo, una varilla metálica (electrodo propiamente dicho) y una pieza metálica (parte a soldar o metal base) del mismo o de otro metal, pero en cualquier caso, para arrancar los electrones del electrodo para que bombardeen el gas y conseguir su ionización, es necesario comunicarles la energía suficiente.

El procedimiento más simple para aportar la energía necesaria es calentar el electrodo a una temperatura muy elevada. Por ello el método corriente para **cebar un arco** (iniciar un arco) es establecer un cortocircuito entre pieza y electrodo, ya que se produce un calentamiento muy fuerte en la punta del electrodo negativo (llamado **cátodo**) al pasar una corriente elevada, separando ahora el electrodo bastan unos pocos voltios para que se establezca el arco. Una vez iniciado éste, los electrones que salen del cátodo ionizan el gas al chocar con sus átomos. (Ver figura 4).

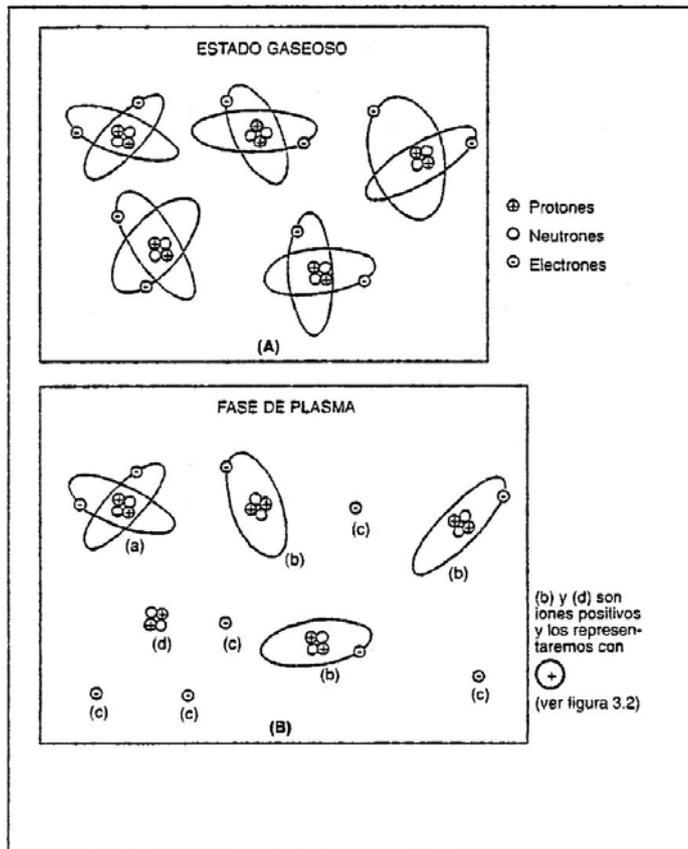
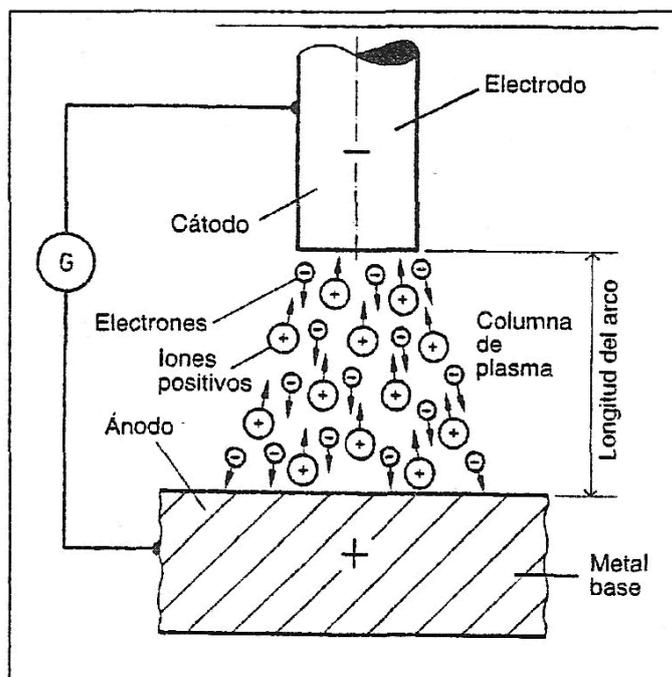


Figura 3

Los electrones siguen su camino hacia el **ánodo** (terminal positivo) y los iones del plasma se dirigen hacia el **cátodo**, al que ceden su energía cinética (de movimiento) que se transforma en calor, manteniendo así la temperatura del cátodo que sigue emitiendo electrones. (Ver figura 4).

Figura 4



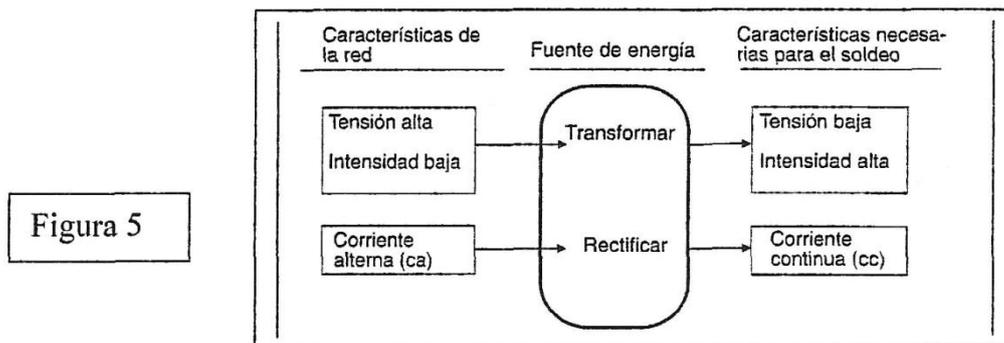
3.1. Fuente de Energía

Las compañías eléctricas suministran corriente alterna de baja intensidad y de alto voltaje, que es adecuada para los usos domésticos y para la mayoría de los usos industriales, mientras que para el soldeo se necesitan altas intensidades (50 - 1500 A) y bajos voltajes (20 - 80 V) en corriente alterna o en corriente continua (ver figura 5) .

La fuente de energía es el elemento que se encarga de transformar y/o convertir la corriente eléctrica de la red en otra alterna o continua, con una tensión e intensidad adecuadas para la formación y estabilización del arco eléctrico.

Clasificación

Ciertos rasgos de las fuentes de alimentación de soldeo por arco nos permiten hacer una clasificación, de acuerdo con una o más de las características siguientes. Con respecto a la salida típica", una fuente de energía puede proporcionarnos corriente alterna, continua o ambas. También puede tener la característica de proporcionarnos corriente constante o tensión constante. Con respecto a la energía de "entrada", una fuente de energía puede obtenerla de la red de la corriente industrial o de una máquina de combustión interna.



3.2. Transformadores

Un transformador es un dispositivo que modifica los valores de la tensión e intensidad de la corriente alterna (ver figura 6).

Un transformador está formado por un núcleo de hierro (también denominado núcleo magnético) que posee dos cables conductores enrollados, formando dos bobinas (ver figura 7). La primera bobina (llamada primario) se conecta a la corriente alterna de la red y la segunda bobina (llamada secundario) se conecta al porta electrodo y a la pieza.

Todo lo anterior estará envuelto por una carcasa que tendrá unos bornes para la conexión de los cables de soldeo, junto con un sistema de regulación de la corriente y unos indicadores.

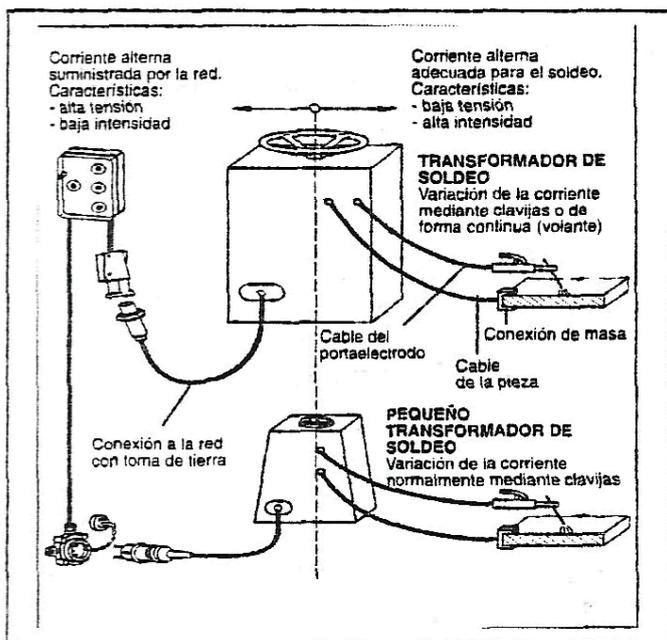


Figura 6

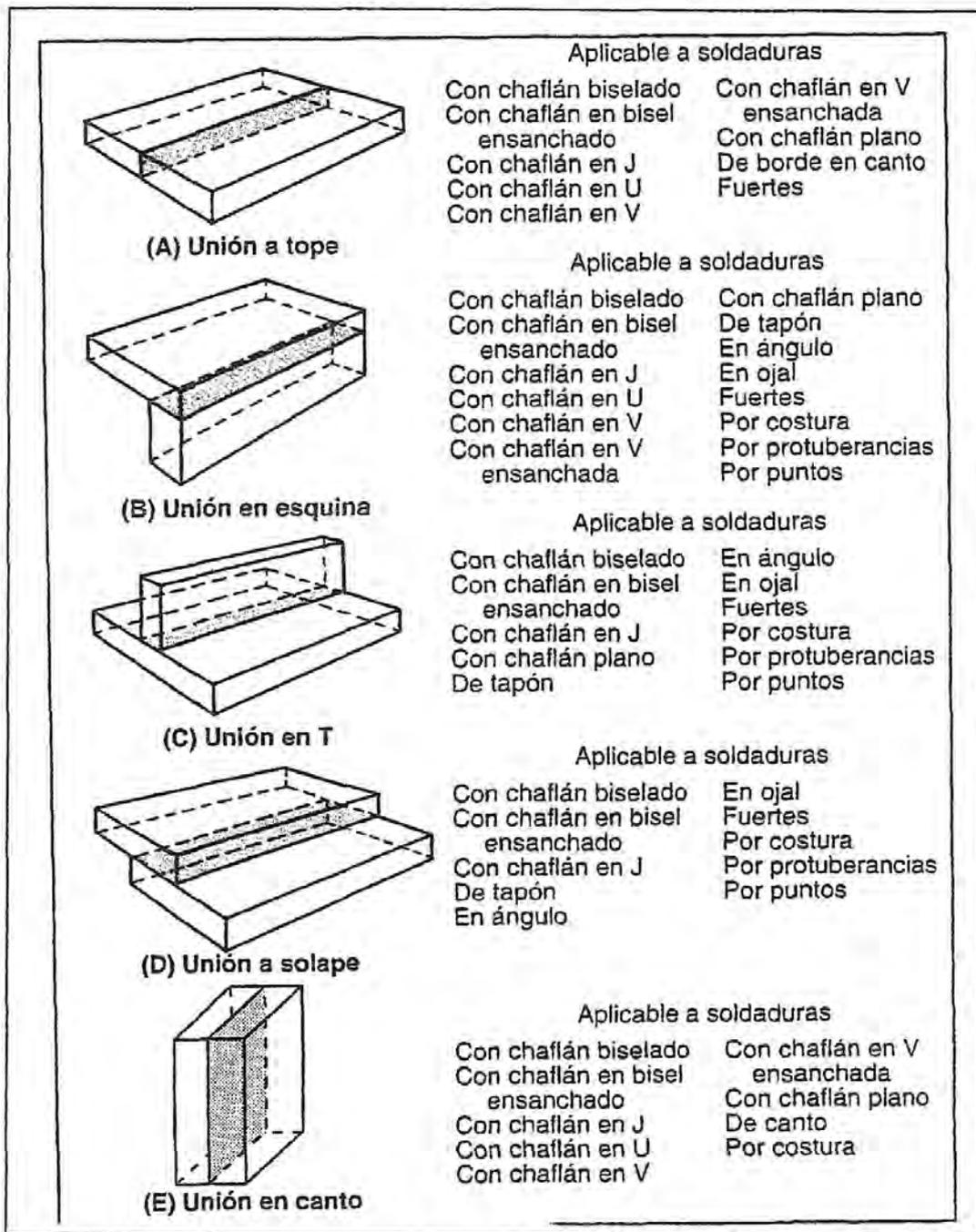


FIGURA 7. TIPOS DE UNIONES

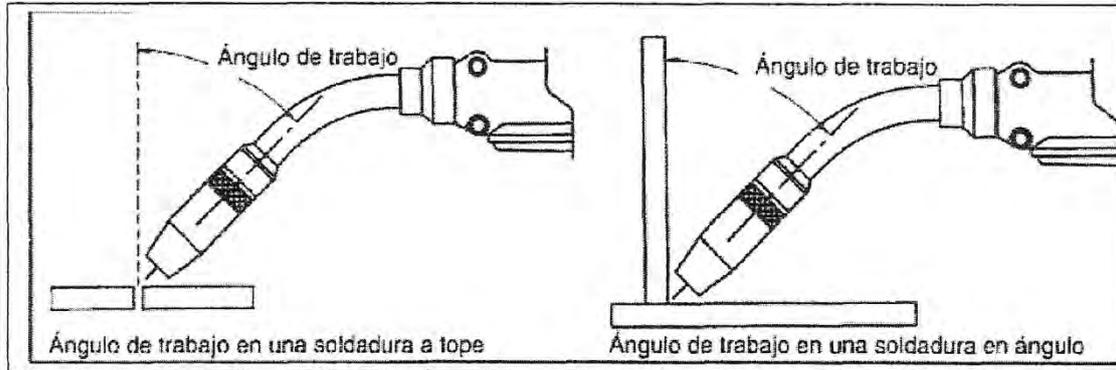
4.1 Técnicas de Soldeo

4.1.1. Orientación del electrodo

La orientación del electrodo respecto a la pieza y respecto al cordón de soldadura es un parámetro importante para conseguir soldaduras de calidad. Una orientación inadecuada puede llevar a la consecución de numerosos defectos (falta de fusión, porosidad, inclusiones de escoria, etc.),

La orientación del electrodo se definirá mediante dos ángulos (las siguientes figuras son aplicables a todos los procesos de soldeo, no sólo al proceso MIG/MAG representado):

Ángulo de trabajo (ver figura 7) : En general un ángulo de trabajo muy pequeño favorece la formación de ' , mientras que un ángulo de trabajo grande puede ser causa de fusión.



Ángulo de desplazamiento: Es el ángulo comprendido entre el eje del electrodo y una línea perpendicular al eje de la soldadura (ver figura 8).

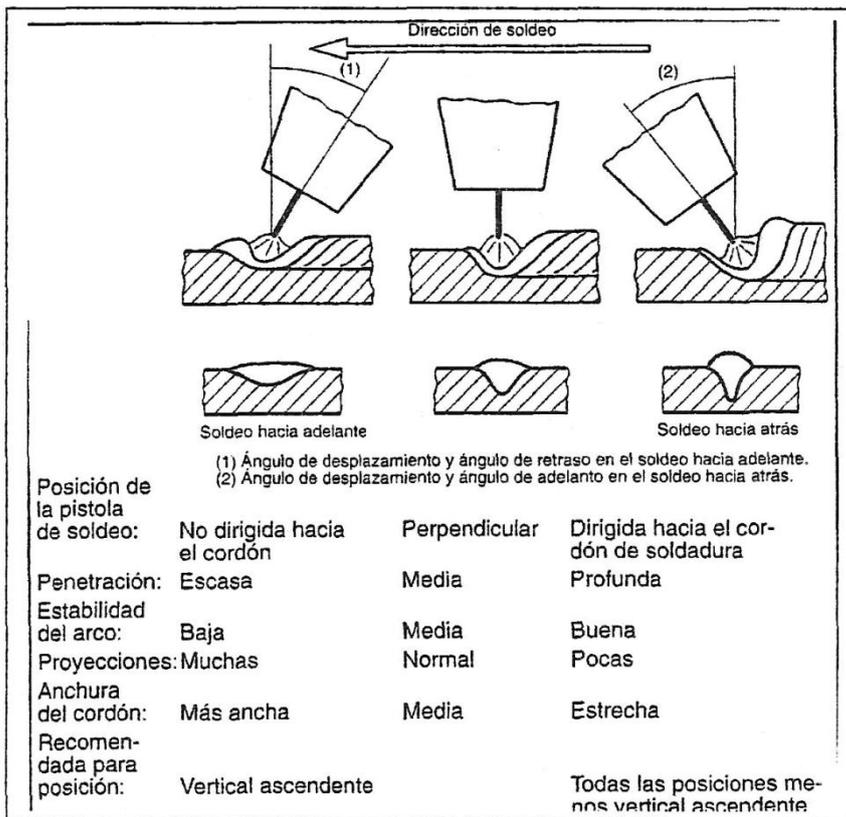


Figura 8

Soldeo hacia adelante y hacia atrás

El soldeo hacia adelante es la técnica de soldeo en la cual el electrodo, soplete o la pistola se dirige en el mismo sentido que el avance de soldeo (ver figura 8). En este caso el ángulo de desplazamiento se denomina **ángulo de retraso**.

El soldeo hacia atrás es la técnica de soldeo en la cual el electrodo, soplete o la pistola de soldeo se dirige en sentido contrario al de avance del soldeo (ver figura 8). En este caso el ángulo de desplazamiento se denomina **ángulo de adelanto**.

5.1. Tipos de cordones de soldadura

El aspecto y el nombre de un cordón de soldadura depende de la técnica utilizada por el soldador durante su ejecución. Si el soldador progresa a lo largo de la unión sin oscilar el electrodo en dirección transversal, el cordón de soldadura obtenido se denomina CORDÓN RECTO ver figura 9(A).

Se obtendrá un cordón con balanceo, u oscilante, si el soldador mueve el electrodo lateralmente ver figura 9 (B).

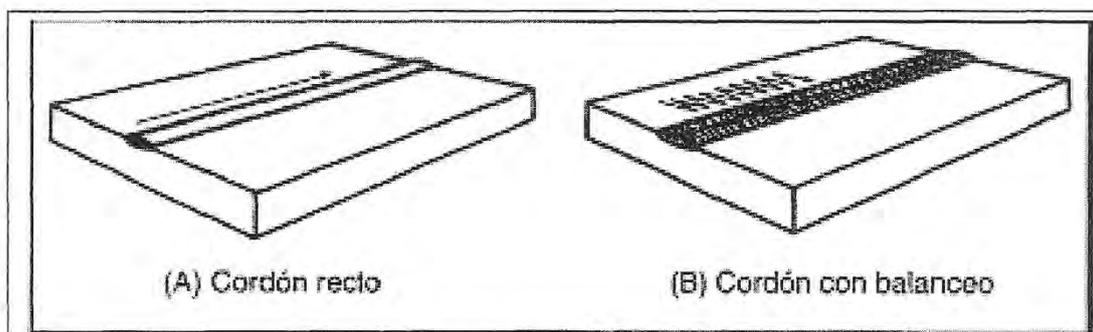


Figura 9

El cordón con balanceo será mayor que el recto y, por lo tanto, la velocidad de soldeo será menor cuando se realicen cordones con balanceo que con cordones rectos; por esta razón el calor aportado a las piezas es mayor cuando se realizan cordones oscilantes, pudiéndose impedir esta técnica en el soldeo de algunos materiales en los que no resulte beneficioso un aporte de calor excesivo.

Los movimientos que más normalmente se dan al electrodo son:

- Movimientos circulares, que se suelen utilizar en las pasadas de raíz cuando la separación es excesiva, o cuando no se pretende una penetración elevada (ver figura 10).

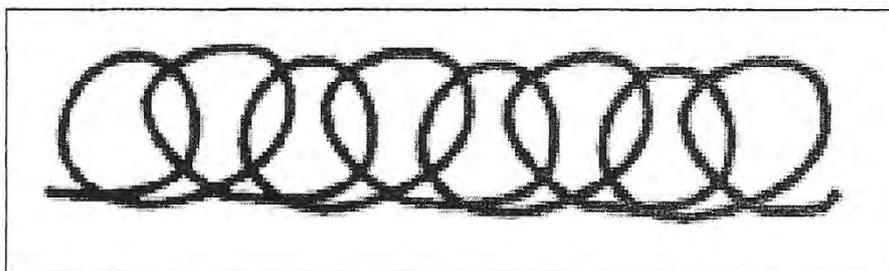


Figura 10

- Movimientos en forma de zig-zag, normalmente utilizados donde se desee depositar cordones anchos que permitan el relleno rápido de las uniones (ver figura 11)

La elección del paso, conveniente a -a unión a soldar, se tendrá que determinar en función del calor que se pueda aportar a las piezas.

El paso de avance adecuado está en relación con la velocidad de movimiento lateral:

- Un movimiento lateral lento, requiere un paso de avance mayor. Un movimiento lateral rápido, requiere un paso de avance menor.

6.1. Principios del Proceso 6.1.1. Descripción y definiciones

El soldeo oxigas es un proceso de **soldeo por fusión que utiliza el calor producido por una llama**, obtenida por la combustión de un gas con oxígeno, para fundir el metal base y, si se emplea, el metal de aportación.

Para conseguir la combustión, se necesita:

» Un gas combustible (acetileno, propano, gas natural...)

- Un gas comburente (oxígeno).

Cuando se suelda con metal de aportación, éste se aplica mediante una varilla con independencia de la fuente de calor, lo que constituye una de las principales características del procedimiento.

En cuanto a la **protección** del baño de fusión la realizan los propios gases de la llama, aunque en algún caso es necesario recurrir al empleo de desoxidantes.

Los diferentes nombres que se le dan a este proceso son:

- 31, soldeo oxigas (EN 24063)
- OFW, Oxy-fuel gas welding (ANSI/AWS A3.0)
- Si se utiliza acetileno como gas combustible el proceso se denomina:
- 3 11, soldeo oxiacetilénico (EN 24063)
- OAW, Oxy-acetylene welding (ANSI/AWS A3.0)

6.1.2. Ventajas y limitaciones

Ventajas

- El soldador tiene control sobre la fuente de calor y sobre la temperatura de forma independiente del control sobre el metal de aportación.
- El equipo de soldeo necesario es de bajo coste, normalmente portátil y muy versátil ya que se puede utilizar para otras operaciones relacionadas con el soldeo, como oxicorte, pre y postcalentamiento, enderezado, doblado, recargue, soldeo fuerte y cobresoldeo, con sólo cambiar o añadir algún accesorio.

Limitaciones

- Se producen grandes deformaciones y grandes tensiones internas causadas por el elevado aporte térmico debido a la baja velocidad de soldeo.
- El proceso es lento, de baja productividad y destinado a espesores pequeños exclusivamente, ya que aunque se puede realizar el soldeo de grandes espesores resulta más económico para éstos el soldeo por arco eléctrico.

6.1.3. Aplicaciones

Las ventajas enunciadas hacen que el soldeo oxigas sea particularmente indicado para:

- Pequeñas producciones.
- Pequeños espesores.
- Trabajos en campo.
- Soldaduras con cambios bruscos de dirección o posición.
- Reparaciones por soldeo.

Por este proceso pueden soldarse la mayoría de los metales y aleaciones férreas y no férreas, con la excepción de los metales refractarios, que son los que pueden utilizarse a altas temperaturas (volframio, molibdeno y tantalio) y de los activos (titanio, circonio).

6.2. Gases Empleados en el Soldeo Oxigas

Como gas comburente se emplea el oxígeno ya que si se utilizara aire las temperaturas alcanzadas serían del orden de 800 a 1000 °C menores que las que se consiguen con oxígeno. Como gas **combustible** se podría emplear hidrógeno, gas natural, propano o cualquier otro gas combustible (butano, propileno), sin embargo se prefiere el empleo del acetileno porque con oxígeno se consigue una llama de mayor temperatura que aporta mayor calor que con cualquier otro gas- (ver figura 13). Para conseguir una temperatura elevada con cualquier otro gas es necesario emplear una llama muy oxidante (con mayor cantidad de oxígeno que de gas combustible), que no es la más adecuada para conseguir soldaduras sanas con la mayoría de los metales.

6.3. Equipo de Soldeo Oxiacetilénico

La principal función de los equipos de soldeo oxiacetilénico es suministrar la mezcla de gases combustible y comburente a una **velocidad, presión y proporción** adecuadas. El equipo oxiacetilénico está formado por (ver fig.14) :

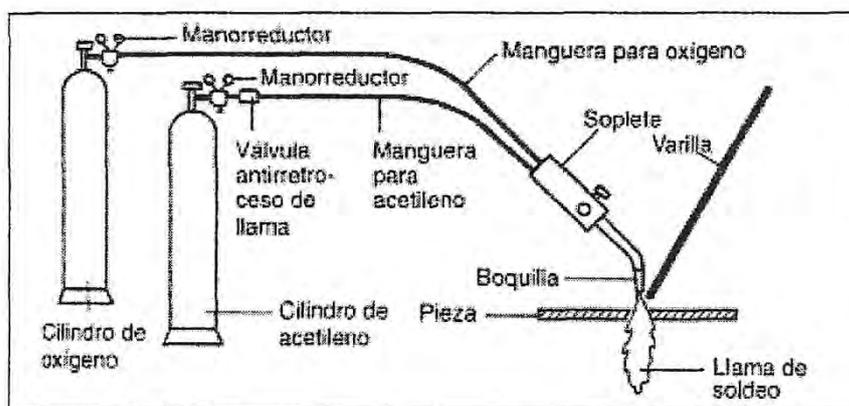


Figura 14

- Cilindro de acetileno y de oxígeno.
- Manorreductores.
- Mangueras.
- Válvulas de seguridad o antirretroceso.
- Soplete.
- Accesorios: encendedores, escariadores.

6.3.1. Oxígeno y acetileno

En la mayoría de los talleres de soldadura, los gases utilizados en soldeo oxiacetilénico están almacenados en botellas o cilindros, si bien en grandes industrias el oxígeno puede ser canalizado desde un tanque criogénico que contiene el oxígeno en estado líquido a baja temperatura, mediante un vaporizador que calienta el oxígeno líquido y lo convierte en oxígeno en estado gaseoso, o desde una batería de botellas y el acetileno puede ser producido directamente por un generador. (Ver figura 14)

Las botellas o cilindros facilitan el transporte y conservación de los gases comprimidos, estando diseñadas para gases específicos y no siendo, por tanto, intercambiables.

El acetileno se almacena disuelto en acetona en cilindros rellenos de una sustancia esponjosa. Dado que al abrir la válvula y dejar escapar el gas éste puede arrastrar acetona, es conveniente no alcanzar nunca el consumo horario de un séptimo del contenido de la botella; es decir, por ejemplo: si la botella tiene un contenido de 6000 litros de acetileno, el consumo máximo deberá ser 857 litros/hora o lo que es lo mismo 14 litros minuto, al ser $6000/7=857$.

Si se requiere un consumo mayor será necesario disponer de una batería de botellas que podrá ser portátil o fija, o de un generador de acetileno.

Los generadores de acetileno son los encargados de producir este gas, a partir de la reacción química del carburo de calcio y del agua. A la salida del generador se procede al lavado y secado con el fin de obtener un acetileno libre de impurezas.

En el caso de baterías fijas, depósitos criogénicos para el oxígeno o generadores de acetileno, los gases se suministran mediante tuberías que deberán ser las adecuadas para cada gas en cuestión.

6.3.2. Manorreductores

Los manorreductores, o válvulas reductoras de presión, son los encargados de **suministrar** el gas comprimido de los cilindros o depósitos a la **presión y velocidad de trabajo**.

Las válvulas reductoras de presión, además de reducir la elevada presión de los cilindros de gas, deben permitir que la presión de trabajo a la que suministran el gas permanezca invariable durante su funcionamiento, a pesar de la disminución de la presión en el cilindro o depósito a medida que se disminuye el contenido de gas.

Los manorreductores conectados a los cilindros deben tener dos manómetros (ver figura 15), uno de ellos indica la presión del cilindro (manómetro de alta presión) y el otro indica la presión de trabajo (manómetro de baja presión). Los manorreductores utilizados en las baterías de cilindros o en los depósitos pueden tener un sólo manómetro.

Cada manorreductor debe utilizarse solamente para lo que ha sido diseñado, es decir solamente para el gas especificado y nunca utilizar manorreductores destinados a cilindros en baterías o depósitos.

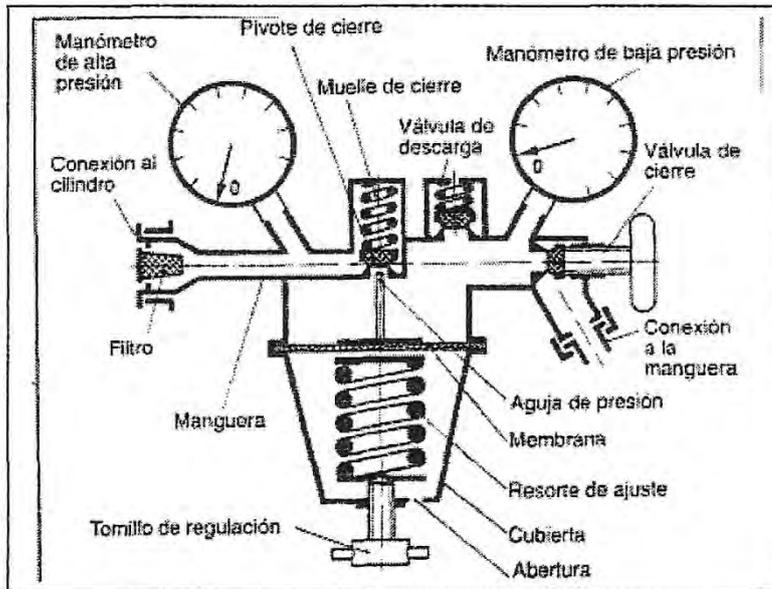


Figura 15

6.3.3. Tuberías

Son tubos flexibles de goma por cuyo interior circula el gas, siendo por tanto las encargadas de transportar dicho gas desde los cilindros al soplete.

Suelen ser de caucho de buena calidad y deben tener gran resistencia al corte y la abrasión. Los diámetros interiores son generalmente de 4 a 9 mm para el oxígeno y de 6 a 11 mm para el gas combustible, mientras que el espesor mínimo es de 2,5 mm (para el oxígeno de 4,5 a 5,5 mm). Es conveniente que la longitud no sea inferior a 5 m, aunque la distancia entre el cilindro y el soplete sea pequeña, para permitir libertad de movimientos.

Con objeto de poder distinguir el gas que circula por estas mangueras, las de **acetileno son de color rojo** y rosca a izquierdas al soplete y las de **oxígeno de color azul o verde** y rosca a derechas al soplete.

6.3.4. Soplete

La misión principal del soplete es asegurar la correcta mezcla de los gases combustible y comburente según su cantidad, de forma que exista equilibrio entre la velocidad de salida y la inflamación. En la figura 16 se puede apreciar un soplete con cámara de mezcla de inyección.

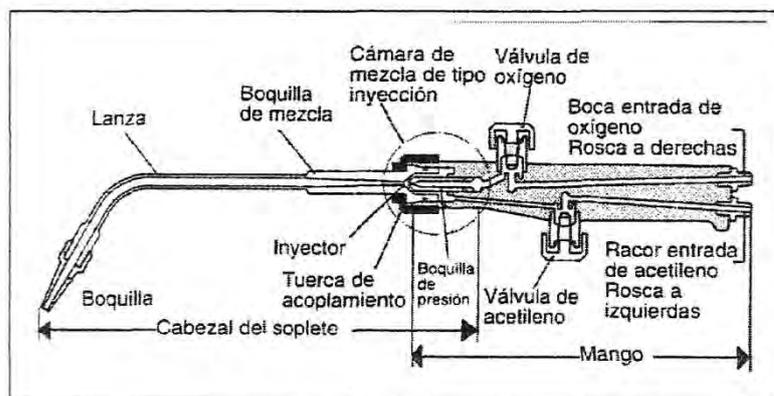


Figura 16

Mediante el soplete el soldador controla las características de la llama y maneja la misma durante la operación de soldeo. La **potencia** de un soplete se mide en litros/hora y expresa el consumo **de gas combustible**.

La elección de tipo y tamaño del soplete depende de las características del trabajo a realizar.

Las partes principales son:

- Válvulas de entrada de gas.
- Cámara de mezcla.
- Boquillas.

Válvulas de entrada de gas

Estas válvulas permiten regular la presión, velocidad, caudal y proporción entre el gas combustible y el oxígeno.

Cámara de mezcla

En ella se realiza la mezcla íntima de combustible y comburente. Existen dos tipos fundamentales de cámara de mezcla.

- **De sobrepresión**

En este tipo el oxígeno y el gas combustible está a la misma presión y van a la misma velocidad, mezclándose al juntarse las direcciones de ambos gases. En la figura 17 (A) se observa una cámara de este tipo.

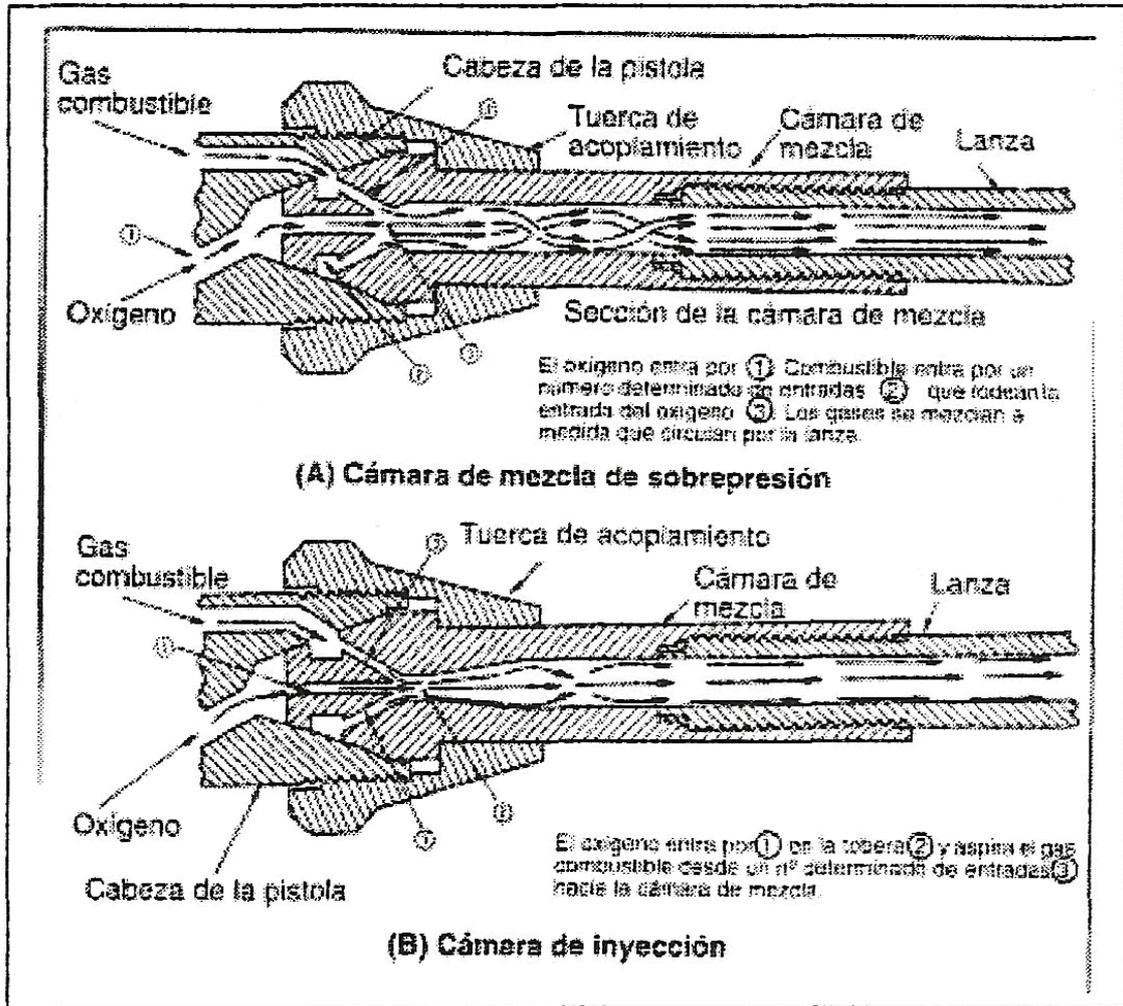
- **De inyección o aspiración.**

En este tipo de cámara el gas combustible a baja presión es aspirado por la corriente de oxígeno de alta velocidad. Para esto se utiliza un sistema de tobera. Este tipo de cámara de mezcla se emplea cuando el gas combustible es suministrado a una presión demasiado baja para producir una combustión adecuada. Los sopletes con este tipo de cámara se denominan de baja presión. En la figura 17 (B) puede observarse un diseño de una cámara de este tipo.

Boquillas

Son toberas intercambiables que se ajustan en la parte final o lanza del soplete. Controlan el flujo de gas por medio del diámetro del orificio de salida.

Figura 17



Normalmente boquillas de diversos diámetros son aptas para un determinado tamaño de soplete. Pequeños diámetros de salida producen llamas pequeñas, aptas para soldar pequeñas secciones, sin embargo para grandes diámetros se requieren grandes secciones.

Las boquillas deben permitir una llama uniforme.

Se deben observar las siguientes precauciones:

- Se deberá limpiar la boquilla con los escariadores adecuados, eliminando cualquier proyección o suciedad que se haya podido adherir.
- Se deben mantener limpias y en buen estado las roscas y las superficies de cierre para evitar fugas y retrocesos de llama.

Es de la mayor importancia seleccionar el caudal adecuado para cada tipo de boquilla ya que si el caudal es escaso la llama no será efectiva, pudiéndose incluso producirse un retroceso de llama; si el caudal es excesivo, se dificulta el manejo del soplete y el control del baño de fusión.

6.3.5. Válvulas antirretroceso de llama

Cuando se produce un retroceso de llama, ésta se introduce en el soplete o incluso puede llegar, a través de las mangueras, a los cilindros de gas y provocar su explosión. Las válvulas antirretroceso previenen:

- La entrada de oxígeno o de aire en el conducto y cilindro que suministra el acetileno.
- Un retroceso de llama dentro del soplete, mangueras, tuberías, cilindros o depósitos.
- El suministro durante y después de un retroceso de llama. Si el retroceso de llama ha sido muy leve en algunos casos no se corta el suministro de gas, solamente se corta si la temperatura ha aumentado hasta 90 ó 1 00°C.

Se colocan justo a la salida de las válvulas reductores de presión para proteger los cilindros. A la entrada del soplete, aunque sería una posición idónea, no se suelen colocar pues dificultaría su manejo al soldador. En caso de mangueras muy largas, además de la situada a la salida de las válvulas reductoras también pueden situarse en algún punto del recorrido de las mangueras como medida de precaución.

Este tipo de válvulas deben tener los siguientes **elementos de seguridad** (ver figura 18):

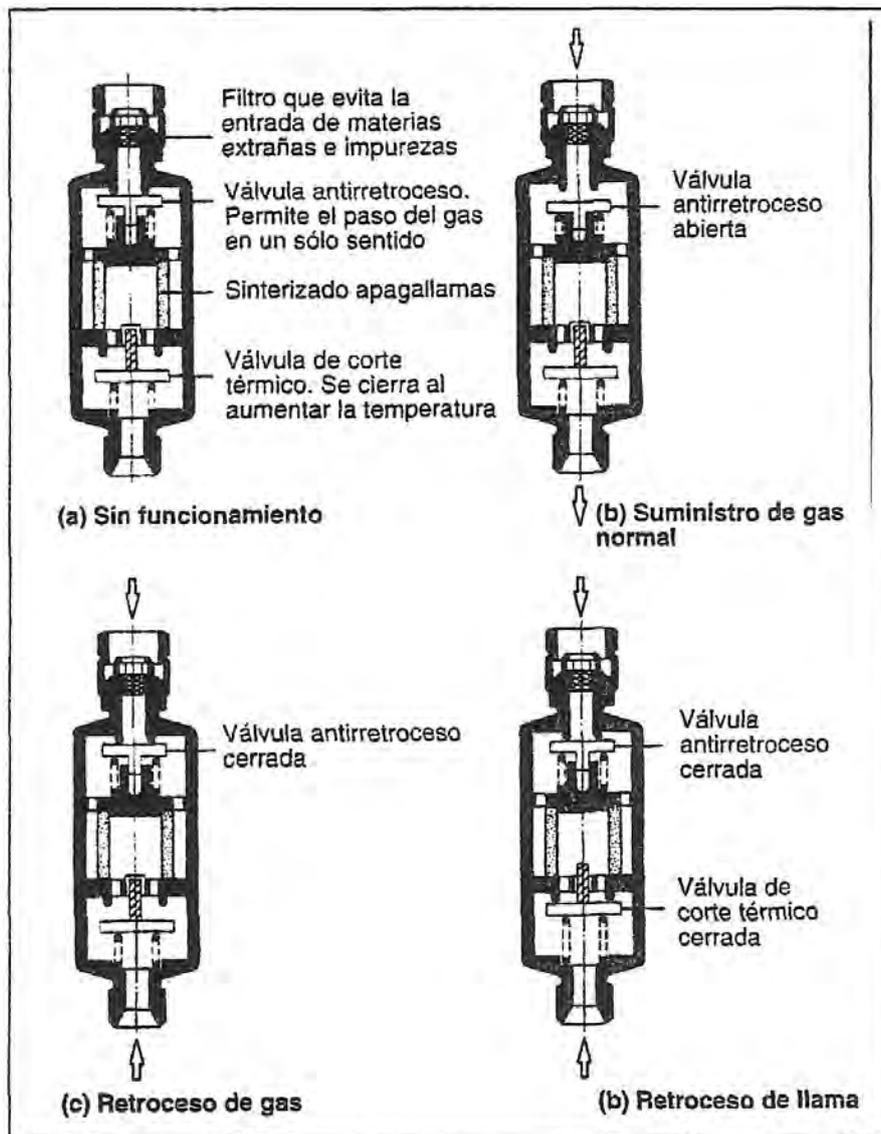
- Válvula antirretroceso, que permite el paso del gas en una sólo sentido.
- Sintetizado microporoso que apague una llama en retroceso.
- Válvula de corte térmico que se cierra al detectar un aumento de temperatura. Este dispositivo no es imprescindible en el caso de suministro a partir de cilindros de gas.

6.4 Varillas de Aportación y Fundentes

Generalmente se utilizan varillas de aportación de la misma composición que el material base. El diámetro de las varillas suele oscilar entre 1,6 y 6,4 mm y su longitud entre 600 y 900 mm.

En el acero al carbono no es necesario el empleo de fundentes ya que los óxidos formados se funden con facilidad, sin embargo, en el soldeo de aceros inoxidable y aluminios es imprescindible utilizar fundentes para disolver los óxidos y proteger el metal de soldadura. No obstante, el empleo de un fundente no sustituye a la limpieza previa al soldeo.

Los fundentes se suministran en **polvo, pasta, en solución** o como recubrimiento de las varillas. Para aplicar el fundente se calienta el extremo de la varilla y se introduce en el fundente, a medida que se suelda se irá introduciendo la varilla en el fundente. También se puede espolvorear el fundente sobre el material base. Los fundentes en forma de pasta se aplican con un pincel sobre el metal base.



6.5. Zonas Características de la Llama Oxiacetilénica.

Las zonas características de la llama oxiacetilénica pueden observarse en la figura 19 y son:

- Cono o dardo
- Zona de trabajo o de soldeo
- Penacho

El **cono o dardo** es la señal más característica de la llama, es de **color blanco** deslumbrante y su contorno está claramente delimitado. Es donde se produce la combustión del acetileno con el oxígeno.

Delante del cono yace la zona más importante de toda la llama, que, desgraciadamente, no puede reconocerse ópticamente y se ha señalado con línea de trazos, es la llamada **zona de soldeo o zona de trabajo**. Es la zona de máxima temperatura y es aquí donde se realiza el soldeo de la pieza. Es de importancia, por consiguiente, dejar entre la punta del cono y la superficie del baño

de fusión una distancia que varía entre 2 y 5 mm dependiendo del tamaño de la llama y por tanto del soplete.

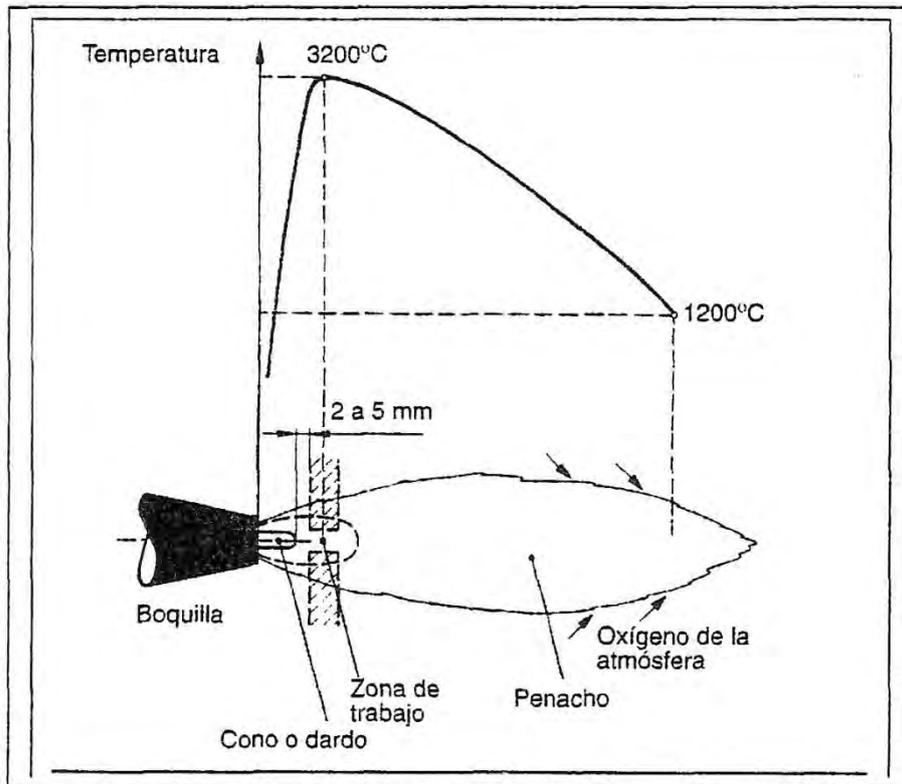


Figura 19

ZONAS CARACTERÍSTICAS DE LLAMA OXIACETILÉNICA

En el penacho se produce la combustión, con el oxígeno del aire, de todos los productos que no se han quemado anteriormente. De esta forma se impide que el oxígeno del aire entre en contacto con los metales a unir, constituyendo una capa protectora que evita que se produzca su oxidación.

La curva de la parte superior de la figura 19 muestra que la máxima temperatura de 3200°C existe únicamente dentro de la zona de trabajo (zona rayada).

6.6. Técnicas Operativas 6.6.1. Preparación de la unión

Es imprescindible que las piezas a unir estén limpias y exentas de óxidos, aceite y grasas, ya que de lo contrario se pueden producir poros e inclusiones de óxidos.

El espesor de las piezas determina la preparación a realizar, cuando el espesor es pequeño, inferior a 7 mm, no es necesario achaflanar los bordes, para espesores inferiores a 5 mm los bordes se pueden disponer juntos, sin separación, mientras que para mayores espesores es imprescindible separarlos para asegurar la penetración completa. Las piezas de más de 7 mm de espesor deben ser achaflanadas con un ángulo del bisel de 35° a 45°. El talón suele ser de 1-2 mm. Las piezas de más de 20 mm de espesor se preparan con chaflán doble si se pueden soldar por ambos lados, de esta forma se reduce la cantidad de metal de aportación y de gases empleado. Sin embargo, el soldeo oxiacetilénico de espesores gruesos presenta muchas desventajas respecto al soldeo por arco eléctrico (es lento y produce grandes deformaciones en las piezas), por lo que prácticamente no tiene ningún interés en este campo de espesores.

6.6.2. Utilización del equipo de soldeo

Para utilizar correctamente el equipo de soldeo es necesario que se siga la secuencia indicada a continuación, además de las recomendaciones de seguridad del capítulo 7.

Conexión de los elementos del equipo de soldeo

Pasos a seguir:

1. Limpiar e inspeccionar cada uno de los componentes del equipo, asegurarse de la no-existencia de grasa o aceite en las conexiones de oxígeno.
2. Realizar el purgado de las botellas.
3. Montar el equipo de soldeo con las válvulas cerradas y verificar todas las conexiones antes de abrir ninguna de ellas.

Apertura, del oxígeno y del acetileno

La siguiente secuencia de operación debe realizarse primero con el oxígeno y luego repetir con el acetileno (o al revés) pero nunca simultáneamente.

1. Antes de abrir la válvula comprobar que el tornillo de regulación está aflojado (figura 20)
2. Abrir el grifo de la botella lentamente. En las botellas de acetileno abrir sólo una vuelta, en las de oxígeno abrir totalmente.
3. Abrir la válvula de cierre en el manorreductor.
4. Abrir la válvula en el soplete.
5. Apretar el tornillo de regulación hasta que se obtiene la presión deseada (figura 20) . Se recuerda que la presión del acetileno no % debe superar 1 Kg/ cm..
6. Dejar salir el gas durante 5 segundos por cada 15 m de longitud de la manguera y cerrar la válvula del soplete.

Encendido y apagado del soplete

El encendido y apagado del soplete debe hacerse con cuidado, recordando que nunca se deberá apagar cerrando primero el oxígeno ya que puede quedarse atrapada la llama dentro del soplete.

1. Verificar antes de su empleo el estado del soplete, sobre todo estanqueidad y limpieza de las boquillas.
2. Verificar conexiones de mangueras al soplete.
3. Comprobar presiones de trabajo.
4. Se suele recomendar abrir la válvula de acetileno del soplete, encender la llama con el mechero adecuado y regular la llama con el oxígeno, sin embargo para evitar la formación de humos también se puede abrir primero, ligeramente, la válvula de oxígeno y después la del acetileno. Encender la llama con mechero adecuado y regular posteriormente la llama mediante la entrada de oxígeno.

5. Para apagar, cerrar en primer lugar la válvula del gas combustible y luego la del oxígeno.
6. Manejar el soplete con cuidado, evitando movimientos bruscos e incontrolados.

Cierre de botellas

Para cerrar las botellas al terminar el soldeo se deberá:

1. Cerrar las válvulas de los cilindros.
2. Aflojar el tornillo de regulación de los manorreductores (ver figura 20).
3. Desalojar los gases de las mangueras abriendo las válvulas de los sopletes.
4. Atornillar las válvulas de cierre del manómetro.
5. Cerrar las válvulas del soplete.
6. Abrir la válvula de oxígeno del soplete para dejar salir todo el gas.

6.6.3. Regulación de la llama oxiacetilénica

La llama oxiacetilénica es **fácilmente regulable**, en el sentido de que permite obtener llamas estables con diferentes proporciones de oxígeno y acetileno.

Lógicamente, diferentes proporciones de gas combustible y de oxígeno producen llamas con diferentes propiedades y aplicaciones. En función de esta proporción se pueden distinguir cuatro tipos de llamas:

- Llama de acetileno puro
- Llama carburante
- Llama neutra
- Llama reductora

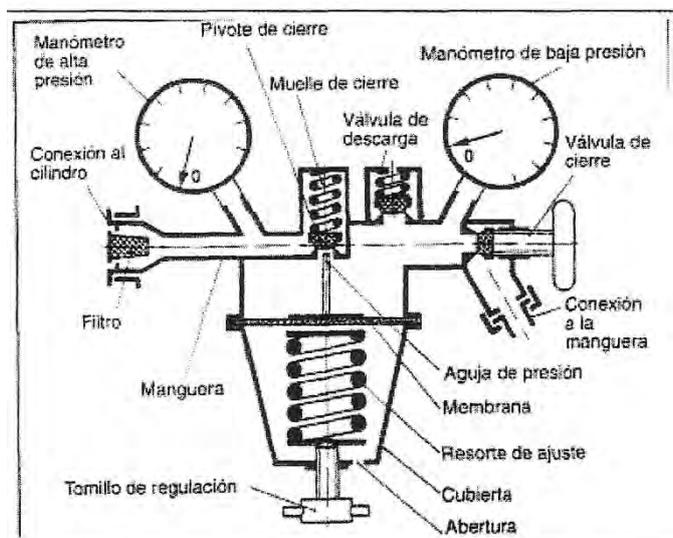


Figura 20

Otra de las ventajas de la llama oxiacetilénica, frente a las llamas formadas con otros gases combustibles, es que se puede distinguir visualmente las zonas de la llama y el tipo de llama que se está utilizando.

- **Llama de acetileno puro** que se produce cuando se quema acetileno en el aire. Produce una llama que varía su color de amarillo a rojo naranja, en su parte final, y que provoca la aparición de partículas de hollín flotando en el aire. No tiene utilidad en soldadura (ver figura 21)
- **Llama carburante** que se produce cuando hay un exceso de acetileno. Partiendo de la llama de acetileno puro al aumentar la proporción de oxígeno, la llama empieza a hacerse luminosa, formándose una zona brillante o dardo, seguida del penacho acetilénico de color verde pálido que aparece como consecuencia del exceso de acetileno y desaparece cuando se igualan las proporciones (ver figura 21)

Una forma práctica de determinar la cantidad de exceso de acetileno frente al oxígeno existente en una llama carburante, es comparar la longitud del dardo con la del penacho acetilénico ambos medidos desde la boquilla. Si la llama tiene doble cantidad de acetileno que desoxígeno,, la longitud del penacho acetilénico será el doble que la del dardo.

- **Llama neutra** que se produce cuando la cantidad de acetileno es aproximadamente igual a la de oxígeno (ver figura 21). La forma más fácil de obtener la llama neutra es a partir de una llama con exceso de acetileno (carburante) fácilmente distinguible por la existencia del penacho acetilénico, a medida que se aumenta la proporción de oxígeno la longitud del penacho acetilénico va disminuyendo hasta que desaparece justo en el momento en el que la llama se hace neutra.
- **Llama oxidante** que se produce cuando hay un exceso de oxígeno, la llama tiende a estrecharse en la salida de la boquilla del soplete. No debe utilizarse en el soldeo de aceros, soliendo utilizarse, fundamentalmente, para el soldeo de los latones (ver figura 21). Con proporción oxígeno acetileno de 1,75:1 se alcanzan temperaturas de 3100°C.

En la figura 21 se representan los diferentes tipos de llamas oxiacetilénica además de sus aplicaciones comunes.

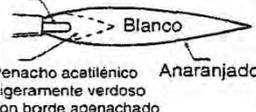
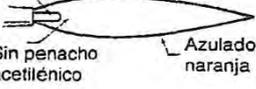
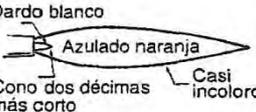
| Tipo de llama | Aspecto de la llama | Aplicaciones | | | | |
|---|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Acero | Fundiciones | Cobre | Latón | Aluminio |
| Llama de acetileno puro |  | No adecuada | No adecuada | No adecuada | No adecuada | No adecuada |
| Carburante con exceso de acetileno |  | No adecuada | Adecuada | No adecuada | No adecuada | Adecuada |
| Neutra Igual cantidad de oxígeno que de acetileno |  | Adecuada | Aceptable | Adecuada | No adecuada | Aceptable |
| Oxidante Exceso de oxígeno |  | No adecuada | No adecuada | No adecuada | Adecuada | No adecuada |

Figura 21

6.6.4. Técnicas de soldeo

En soldeo oxigás se utilizan las técnicas de soldeo a izquierdas o hacia adelante y a derechas o hacia atrás, explicadas en el capítulo 5 y representadas en la figura 22.

El soldeo hacia adelante se emplea fundamentalmente en chapas de acero de hasta 3 mm y en la mayoría de los metales no féreos, independientemente de su espesor el soldeo de tubería se suele realizar con esta técnica ya que el baño de fusión es pequeño y de fácil control.

El soldeo hacia atrás se emplearía fundamentalmente en chapas de más de 3 mm, ya que se puede aumentar la velocidad de soldeo y facilita la penetración.

Cuando se realizan uniones de dos pasadas en tubería, se suele realizar la primera hacia atrás y la segunda hacia adelante.

La técnica de soldeo hacia adelante implica movimientos repetitivos de la llama desde un lado del chaflán a otro, la varilla se sitúa en el lado opuesto al de la llama (ver figura 22 (A)).

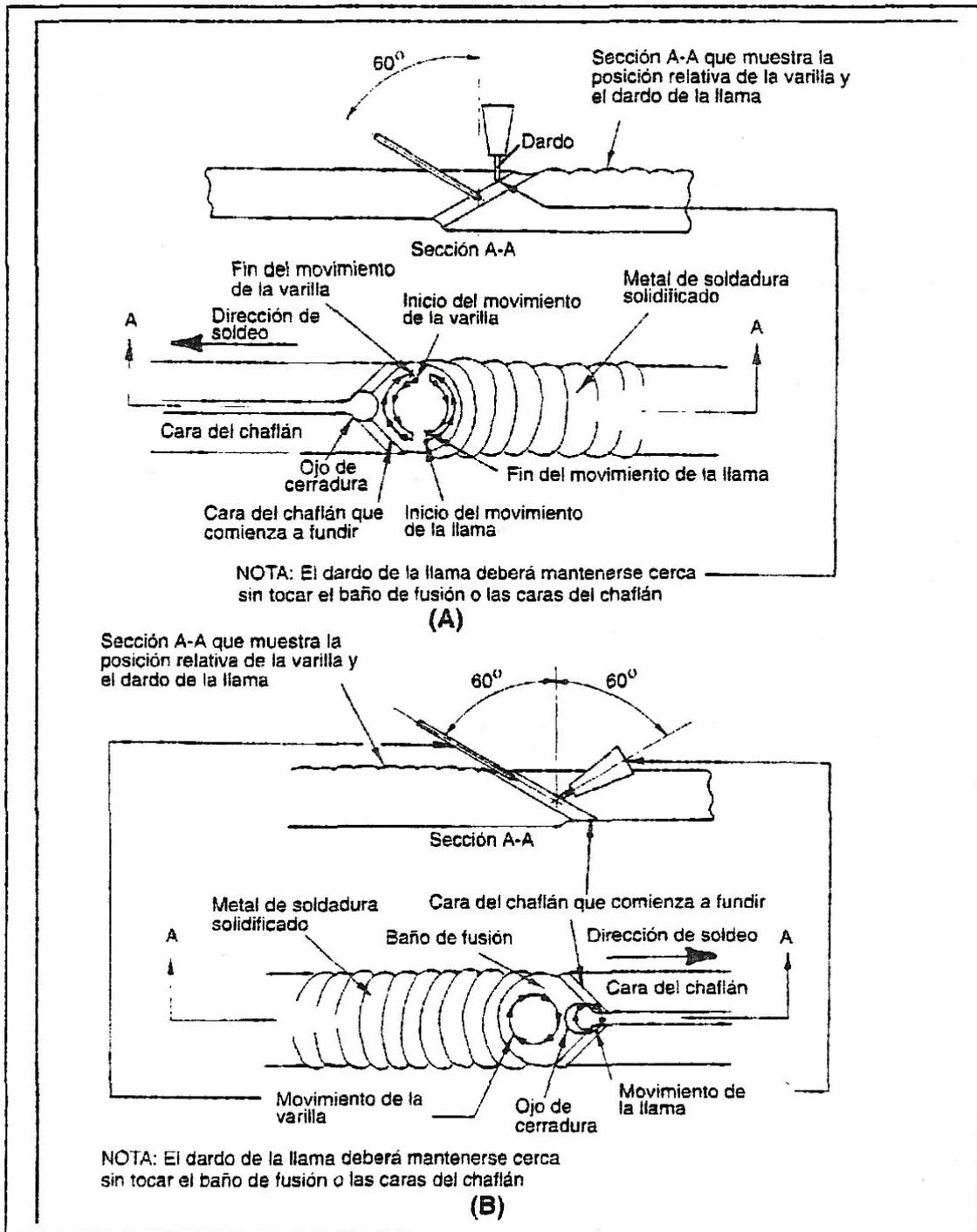


Figura 22

En la técnica hacia atrás el soldador dirige la llama dentro de la separación de la raíz hasta que se forma el baño de fusión (mediante la fusión de los bordes del chaflán), en este momento mueve la varilla hacia la zona más avanzada del baño de fusión y mueve la llama ligeramente hacia el metal sin fundir y vuelve sobre el baño de fusión (ver figura 23 (B)).

6.7 Defectos Típicos de las Soldaduras

una falta de limpieza o la no utilización del fundente adecuado para el metal base se traduce en poros y en inclusión de óxidos.

Uno de los defectos más importantes producidos por el soldeo oxigas es la deformación de las piezas. Esta deformación es mayor que la obtenida con la mayoría de los procesos de soldeo, esto es debido a que la duración del calentamiento debe ser mayor que en los otros procesos de soldeo.

Otro defecto importante, que muchas veces limita la aplicación de este proceso. Es la variación de la composición química provocada por la reacción de la llama con el metal base.

Ya se ha indicado que los defectos más típicos e importantes que se pueden obtener con este proceso son las deformaciones y la variación de la composición química del metal base. Además se pueden tener los siguientes:

- Poros. Causas:
 - Por la selección de la llama inadecuada, llamas oxidantes favorecen la formación de los poros.
 - Por falta de limpieza del metal base o del de aportación.
 - Por la no-utilización o utilización del fundente inadecuado para el metal base.
- Falta de fusión o de penetración. Causas:
 - Velocidad de soldeo excesiva.
 - Separación escasa en la raíz.
- Inclusiones de escoria. Causas:
 - Mala limpieza.

7.1. Soldeo por Arco

7.1.1. Descripción y denominaciones

El soldeo por arco con electrodo revestido es un proceso en el que la fusión del metal se produce gracias al calor generado por un arco eléctrico establecido entre el extremo de un electrodo revestido y el metal base de una unión a soldar.

El material de aportación se obtiene por la fusión del electrodo en forma de pequeñas gotas (ver figura 24). La protección se obtiene por la descomposición del revestimiento en forma de gases y en forma de escoria líquida que flota sobre el baño de fusión y, posteriormente, solidifica.

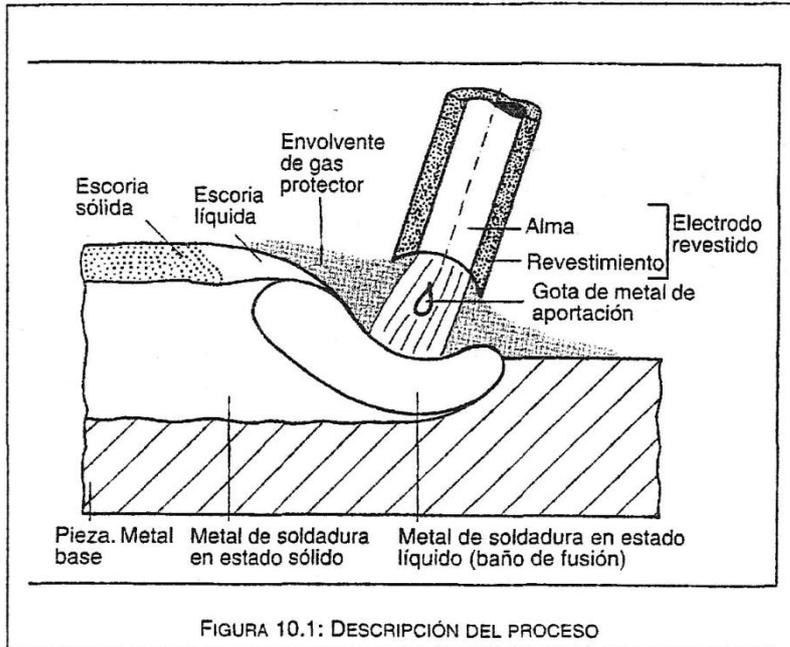


Figura 24

Al soldeo por arco con electrodo revestido se le conoce por las siguientes denominaciones:

- SMAW, Shielded metal-arc welding (ANSI AWS A3.0)
- Soldeo metálico por arco con electrodo revestido (EN 24063)
- MMAW, Manual metal-arc welding (Reino Unido).

7.1.2. Ventajas y limitaciones

Ventajas

- El equipo de soldeo es relativamente sencillo, no muy caro y portátil.
- El metal de aportación y los medios para su protección durante el soldeo proceden del propio electrodo revestido. No es necesaria protección adicional mediante gases auxiliares o fundentes granulares.
- Es menos sensible al viento y a las corrientes de aire que los procesos por arco con protección gaseosa. No obstante el proceso debe emplearse siempre protegido del viento, lluvia y nieve.
- Se puede emplear en cualquier posición, en locales abiertos y en locales cerrados, incluso con restricciones de espacio. No requiere conducciones de agua de refrigeración, ni tuberías o botellas de gases de protección, por lo que puede emplearse en lugares relativamente alejados de la fuente de energía.
- Es aplicable para una gran variedad de espesores, en general mayores de 2 mm.
- Es aplicable a la mayoría de los metales y aleaciones de uso normal.

Limitaciones

- Es un proceso lento, por la baja tasa de deposición y por la necesidad de retirar la escoria, por lo que en determinadas aplicaciones ha sido desplazado por otros procesos.
- Requiere gran habilidad por parte del soldador.
- No es aplicable a metales de bajo punto de fusión como plomo, estaño, cinc y sus aleaciones, debido a que el intenso calor del arco es excesivo para ellos. Tampoco es

aplicable a metales de alta sensibilidad a la oxidación como el titanio, circonio, tántalo y niobio, ya que la protección que proporciona es insuficiente para evitar la contaminación por oxígeno de la soldadura.

- No es aplicable a espesores inferiores a 1,5-2 mm.
- La tasa de deposición es inferior a la obtenida por los procesos que utilizan electrodo continuo, como FCAW o GMAW. Esto se debe a que el electrodo solo puede consumirse hasta una longitud mínima (unos 5 cm), cuando se llega a dicha longitud el soldador tiene que retirar la colilla del electrodo no consumida e insertar un nuevo electrodo.
- Aunque en teoría se puede soldar cualquier espesor por encima de 1,5 mm, el proceso no resulta productivo para espesores mayores de 38 mm. Para estos espesores resultan más adecuados los procesos SAW y FCAW.

7.1.3 Aplicaciones

El soldeo por arco con electrodos revestidos es uno de los procesos de mayor utilización, especialmente en soldaduras de producción cortas, trabajos de mantenimiento y reparación, así como en construcciones en campo.

La mayor parte de las aplicaciones del soldeo por arco con electrodos revestidos se dan con espesores comprendidos entre 3 y 38 mm.

El proceso es aplicable a aceros al carbono, aceros aleados, inoxidable, fundiciones y metales no féreos como aluminio, cobre, níquel y sus aleaciones.

Los sectores de mayor aplicación son la construcción naval, de máquinas, estructuras, tanques y esferas de almacenamiento, puentes, recipientes a presión y calderas, refinerías de petróleo, oleoductos y gaseoductos y en cualquier otro tipo de trabajo similar.

Se puede emplear en combinación con otros procesos de soldeo, realizando bien la pasada de raíz o las de relleno, en tubería se suele emplear en combinación con el proceso TIG. La raíz se realiza con TIG completándose la unión mediante soldeo SMAW.

7.2. Selección del Tipo de Corriente

El soldeo por arco con electrodos revestidos se puede realizar tanto con corriente alterna como con corriente continua, la elección dependerá del tipo de fuente de energía disponible, del electrodo a utilizar y del material base.

7.3. Equipo de soldeo

El equipo de soldeo es muy sencillo (ver figura 25); consiste en la fuente de energía, el portaelectrodo, la conexión de masa y los cables de soldeo.

La fuente de energía para el soldeo debe presentar una característica descendente (de intensidad constante), para que la corriente de soldeo se vea poco afectada por las variaciones en la longitud del arco.

Para el soldeo en corriente continua se utilizarán transformadores rectificadores o generadores, para el soldeo en corriente alterna se utilizan transformadores.

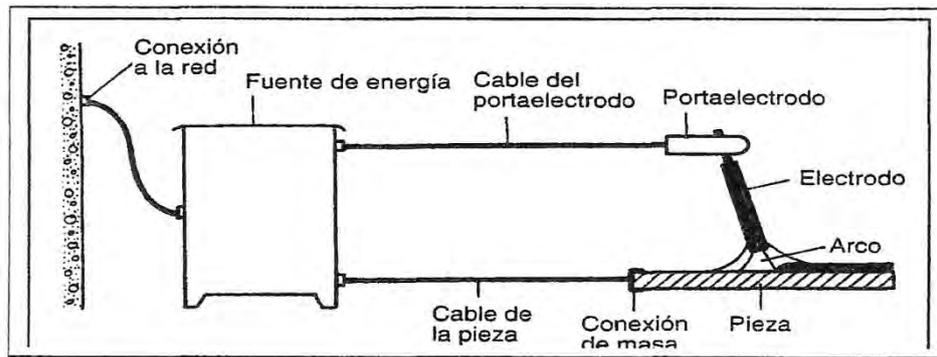


Figura 25

Para la selección de la fuente de energía adecuada se deberá tener en cuenta el electrodo que se va a emplear, de forma que pueda suministrar el tipo de corriente (c/c o c/a), rango de intensidades y tensión de vacío que se requiera.

Los electrodos básicos necesitan mayores tensiones de vacío en comparación con los electrodos de tipos rutilo y ácido.

Salvo para algunos tipos específicos, los electrodos básicos requieren corriente continua, mientras que los de los demás tipos de revestimiento pueden ser empleados indistintamente con corriente continua o alterna.

7.3.2 Portaelectrodo

Tiene la misión de conducir la electricidad al electrodo y sujetarle. Para evitar un sobrecalentamiento en las mordazas, éstas deben mantenerse en perfecto estado; un sobrecalentamiento se traduciría en una disminución de la calidad y dificulta la ejecución del soldeo. Se debe seleccionar siempre el portaelectrodos adecuado para el diámetro de electrodo que se vaya a utilizar ver figura 26

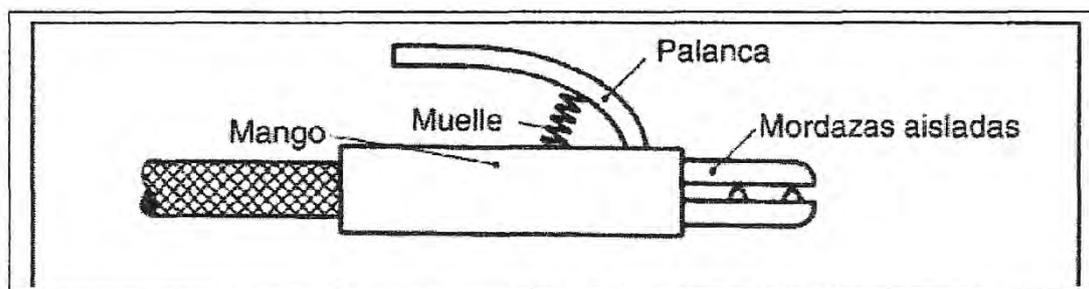


Figura 26

La conexión correcta del cable de masa es una consideración de importancia. La situación del cable es de especial relevancia en el soldeo con ce. Una situación incorrecta puede provocar el soplo magnético, dificultando el control del arco. Más aún, el método de sujetar el cable también es importante. Un cable mal sujeto no proporcionará un contacto eléctrico consistente y la conexión se calentará, pudiendo producirse una interrupción en el circuito y la desaparición del arco. El mejor método es emplear una zapata de contacto de cobre sujeta con una mordaza tipo C. Si fuese perjudicial la contaminación por cobre del metal base con este dispositivo, la zapata de cobre debe adherirse a una chapa que sea compatible con la pieza, chapa que, a su vez, se sujeta a la pieza. Para piezas giratorias, el contacto debe efectuarse mediante zapatas que

deslizan sobre la pieza o mediante rodamientos en el eje sobre el que la pieza va montada. Cuando se emplean zapatas deslizantes se deben colocar dos como mínimo, ya que si se produjese la pérdida de contacto en una de ellas el arco se extinguiría.

7.4. Electrodo Revestidos

El elemento fundamental de este proceso es el electrodo, que establece el arco, protege el baño de fusión y que, al consumirse, produce la **aportación del material** que, unido al material fundido del metal base, va a constituir la soldadura. Los electrodos revestidos están formados por: (ver figura 26)

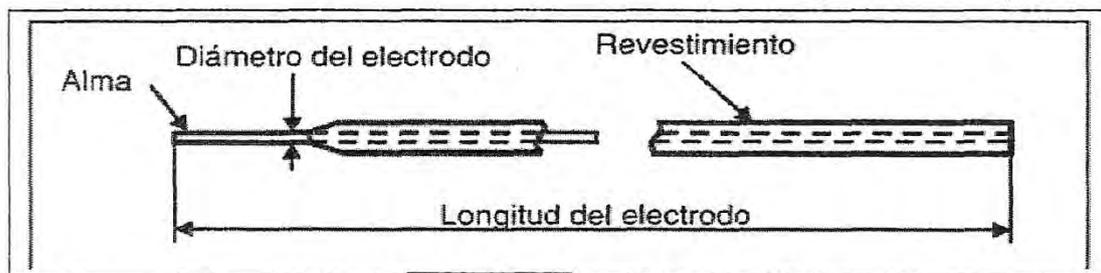


Figura 26

Un alambre de sección circular uniforme, denominado alma, de composición normalmente similar a la del metal base.

El revestimiento que es un *cilindro* que envuelve el alma, concéntrico con ella y de espesor uniforme, constituido por una mezcla de compuestos que caracterizan el electrodo y que cumple varias funciones, las cuales evitan los inconvenientes del electrodo desnudo.

Los electrodos tienen longitudes normalizadas de 150, **200**, **250**, **300**, **350** y

450 *mía*, en función del diámetro del electrodo. Un extremo del alma está sin cubrir de revestimiento, en una longitud de 20 a 30 mm., para la inserción del mismo en la pinza del portaelectrodo. Los diámetros de los electrodos también están normalizados, siendo los más comunes los de 1,6; 2; 2,5; 3,25; 4; 5; 6; 6,3; 8; 10; 12,5 mm (diámetro del alma). Tanto en la longitud como en el diámetro se ha señalado con **negrita** los más comunes.

Atendiendo al espesor del revestimiento, o a la relación entre el diámetro del alma y el del revestimiento, los electrodos se clasifican en:

Delgados: Los electrodos de revestimiento delgado protegen poco el metal fundido, por lo que sólo se utilizan en el aprendizaje de las técnicas de soldeo.

Medios: Estos electrodos obtienen mayor estabilidad del arco, permiten el soldeo con corriente alterna y protegen mejor al metal soldado, la escoria recubre al metal ya solidificado reduciendo la velocidad de enfriamiento y la oxidación.

Gruesos: Los electrodos con revestimiento grueso permiten obtener las mejores cualidades del metal soldado.

7.7. Parámetros de Soldeo

7.7.1. Diámetro del electrodo

En general, se deberá seleccionar el mayor diámetro posible que asegure los requisitos de aporte térmico y que permita su fácil utilización, en función de la posición, el espesor del material y el tipo de unión, que son los parámetros de los que depende la selección del diámetro del electrodo.

Los electrodos de mayor **diámetro** se seleccionan para el soldeo de materiales de gran espesor y para el soldeo en posición **plana**.

En el soldeo en posición cornisa, vertical y bajo techo el baño de fusión tiende a caer por efecto de la gravedad, este efecto es tanto más acusado, y tanto más difícil de mantener el baño en su sitio, cuanto mayor es el volumen de éste, es decir cuanto mayor es el diámetro del electrodo, por lo que en estas posiciones convendrá **utilizar electrodos de menor diámetro**.

Asimismo, en el soldeo con **pasadas múltiples el cordón de raíz** conviene efectuarlo con un electrodo de pequeño diámetro, para conseguir el mayor acercamiento posible del arco al **fondo de la unión** y asegurar una buena penetración, se utilizarán electrodos de mayor diámetro para completar la unión.

El **aporte térmico** depende, directamente de la intensidad, tensión del arco y velocidad de desplazamiento, parámetros dependientes del diámetro del electrodo; siendo mayor cuanto mayor es el diámetro del mismo, en las aplicaciones o materiales **donde se requiera que el aporte térmico sea bajo** se deberán utilizar **electrodos de pequeño diámetro**.

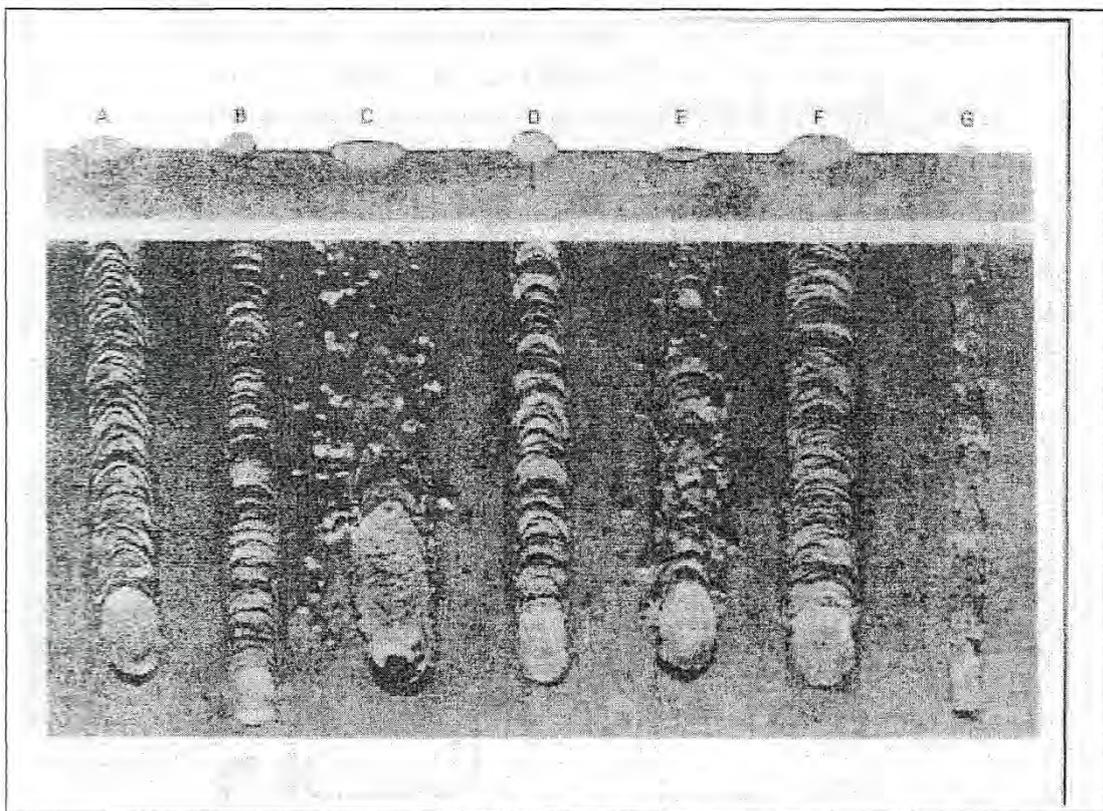


Figura 27

Por tanto, se deberán emplear:

Electrodos de poco diámetro (2; 2,5; 3,25; 4 mm) en: punteado, uniones de piezas de poco espesor, primeras pasadas, soldaduras en posición cornisa, vertical y bajo techo y cuando se requiera que el aporte térmico sea bajo.

Electrodos de mayores diámetros para: uniones de piezas de espesores medios y gruesos, soldaduras en posición plana y recargues.

7.7.2. Intensidad de soldeo

Cada electrodo, en función de su diámetro, posee un rango de intensidades en el que puede utilizarse, en ningún caso se debe utilizar intensidades per encima de ese rango ya que se producirían mordeduras, proyecciones, intensificación de los efectos del soplo magnético e incluso grietas. Las figuras 27 (B) y (C) muestran el efecto de la intensidad en un cordón de soldadura. Cuanto mayor sea la intensidad utilizada mayor será la penetración.

La intensidad a utilizar depende de la posición de soldeo y del tipo de unión. En la figura 28 se ha indicado el nivel de intensidad dentro del rango que se recomienda en función de las diferentes posiciones de soldeo, para ello se ha tomado como ejemplo un electrodo de 2,5 mm de acero al carbono.

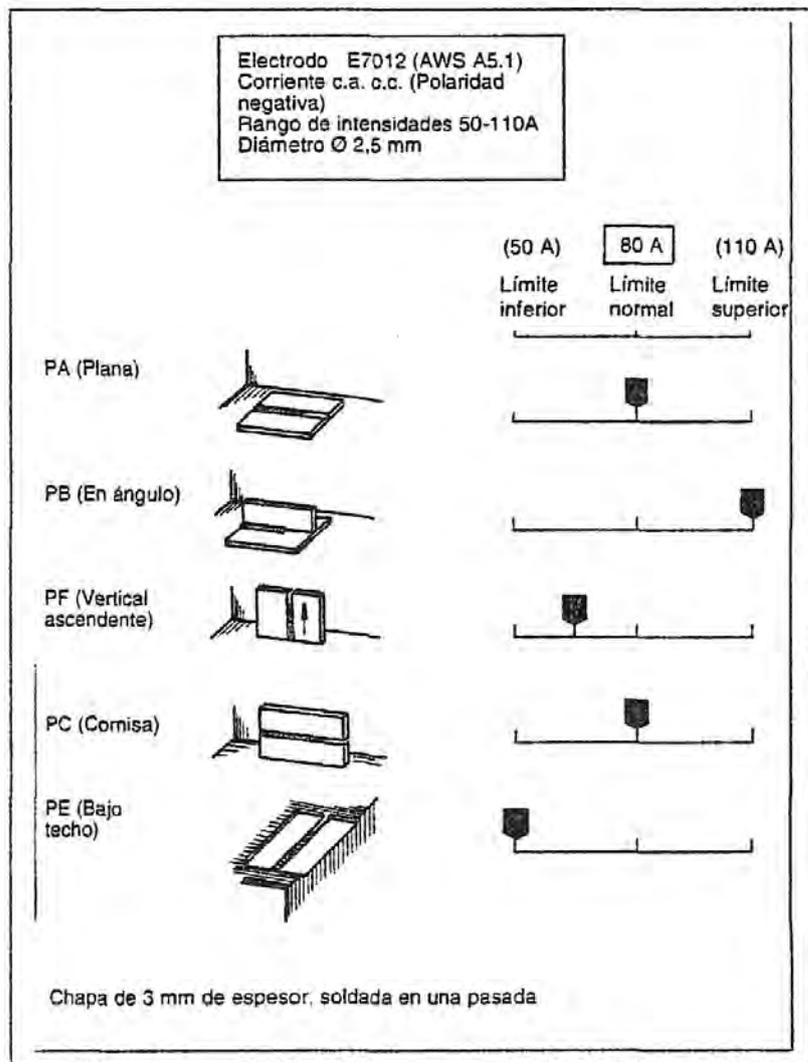


Figura 28

Como regla práctica y general, se deberá ajustar la intensidad a un nivel en el que "la cavidad" del baño de fusión sea visible (ver figura 29) . Si esta cavidad, conocida por su forma como ojo de cerradura, se cierra, significa que la intensidad de soldeo es demasiado baja y si se hace muy grande indica que la intensidad es excesiva

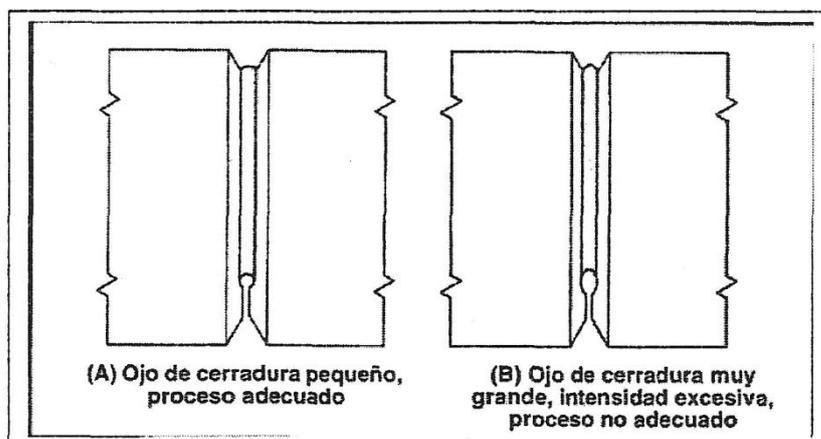


Figura 29

7.7.3. Longitud del arco

La longitud del arco a utilizar depende del tipo de electrodo, su diámetro, la posición de soldeo y la intensidad. En general, debe ser igual al diámetro del electrodo, excepto cuando se emplee el electrodo de tipo básico, que deberá ser igual a la mitad de su diámetro. (Ver figura 30).

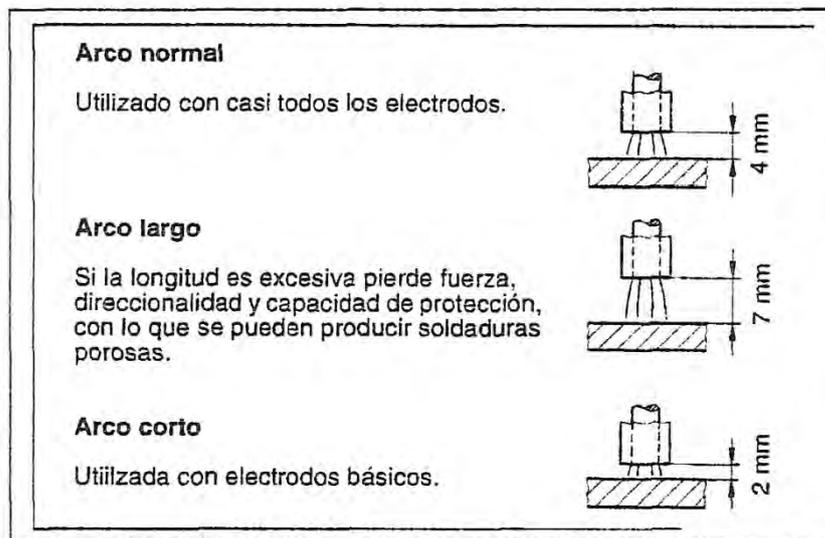


Figura 30

Es conveniente mantener siempre la misma longitud del arco, con objeto de evitar oscilaciones en la tensión e intensidad de la corriente y con ello una penetración desigual. En el soldeo en posición plana, sobre todo cuando se utilizan electrodos de revestimiento grueso, se puede arrastrar ligeramente el extremo del electrodo, con lo que la longitud del arco vendrá automáticamente determinada por el espesor del revestimiento. En las primeras pasadas de las uniones a tope y en las uniones en ángulo, el arco se empuja hacia la unión para mejorar la penetración. Cuando se produzca soplo magnético, la longitud del arco se debe acortar todo lo posible.

Un arco demasiado corto puede ser errático y producir cortocircuitos durante la transferencia de metal, un arco demasiado largo perderá direccionalidad e intensidad, además el gas y el fundente generados por el revestimiento no son tan eficaces para la protección del arco y del metal de soldadura, por lo que se puede producir porosidad y contaminación del metal de soldadura con oxígeno e hidrógeno. En las figuras 27 (D) y (E) se muestra el efecto de la longitud del arco en soldaduras de acero al carbono.

7.7.4. Velocidad de desplazamiento

La velocidad de desplazamiento durante el soldeo debe ajustarse de tal forma que el arco adelante ligeramente al baño de fusión. Cuanto mayor es la velocidad de desplazamiento menor es la anchura del cordón, menor es el aporte térmico y más rápidamente se enfriará la soldadura. Si la velocidad es excesiva se producen mordeduras, se dificulta la retirada de la escoria y se favorece el atrapamiento de gases (produciéndose poros). En las figuras 27(F) y (G) se muestra el efecto de la velocidad de desplazamiento.

7.8.2. Inspección antes de soldar

Antes de comenzar a soldar, se debe hacer una inspección ocular comprobando que:

- Las uniones están perfectamente limpias de óxidos, grasas, aceite, agua y proyecciones y se ha efectuado la limpieza especificada en función del material base.
- Las chapas están bien niveladas y alineadas.
- Los puntos previos están bien realizados, sin poros, grietas ni abultamientos. Si existe alguna de estas anomalías se eliminarán, empleando piqueta, cepillo, soplete... Si fuese necesario se resanarán o se eliminarán los puntos.

7.8.3. Establecimiento o cebado del arco

El arco se establece golpeando ligeramente el extremo del electrodo sobre la pieza en las proximidades del lugar donde el soldeo vaya a comenzar, a continuación se retira lo suficiente de forma rápida para producir un arco de la longitud adecuada (ver figura 30). Otra técnica de establecer el arco es mediante un movimiento de raspado similar al que se aplica para encender una cerilla. Cuando el electrodo toca la pieza, se manifiesta una tendencia a mantenerse juntos, lo cual se evita por medio del golpeteo y del raspado. Cuando el electrodo se pega es necesario apartarlo rápidamente, de otra forma se sobrecalentará y los intentos para retirarle de la pieza sólo conseguirán doblarle, siendo preciso entonces, para su retirada el empleo de martillo y cortafrío.

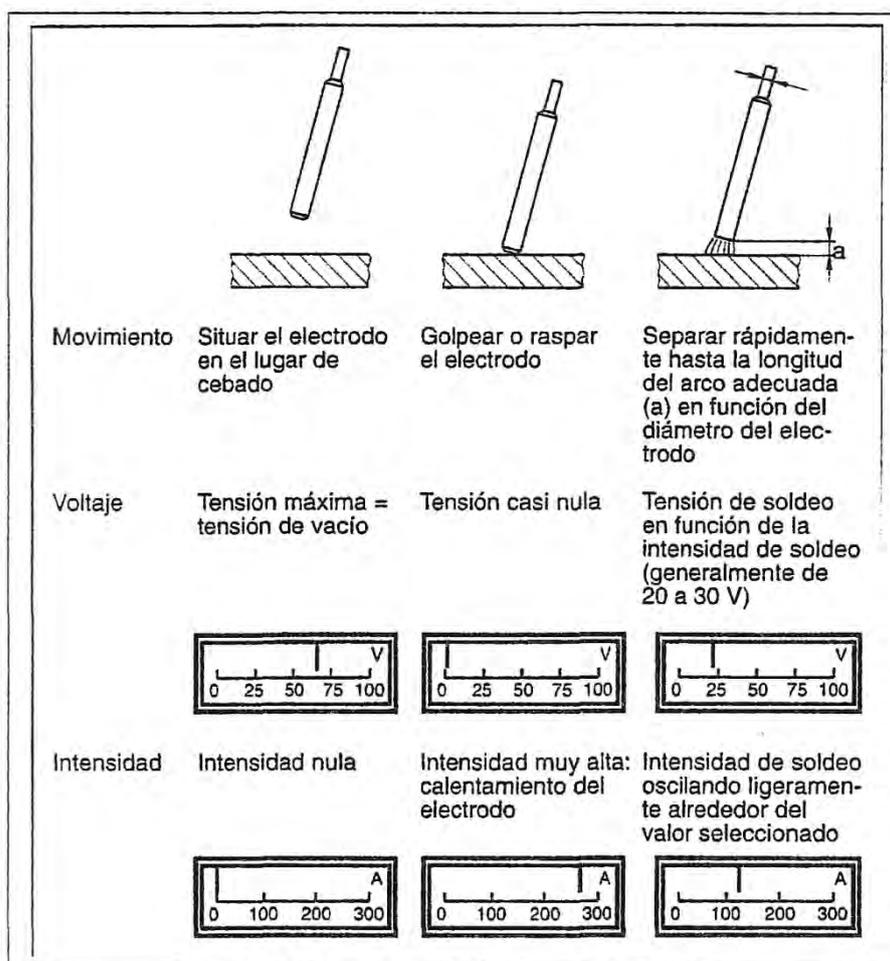


Figura 30

El establecimiento del arco con electrodos de bajo hidrógeno requiere una técnica especial para evitar la porosidad de la soldadura donde el arco se inicia. La técnica consiste en establecer el arco a una distancia de unos pocos diámetros del electrodo por delante del lugar donde vaya a

comenzar el soldeo. A continuación el arco se mueve hacia atrás y el soldeo se comienza de forma normal. El soldeo continua sobre la zona en la cual el arco fue establecido, refundiendo cualquier pequeño glóbulo de metal de soldadura que pudiese haberse producido cuando se estableció el arco.

En cualquier caso, es imprescindible establecer el arco dentro de la zona de soldeo y por delante de ella, nunca fuera de los bordes de la unión (ver figura 31) , se evita de esta forma la formación de pequeñas grietas en la zona de cebado.

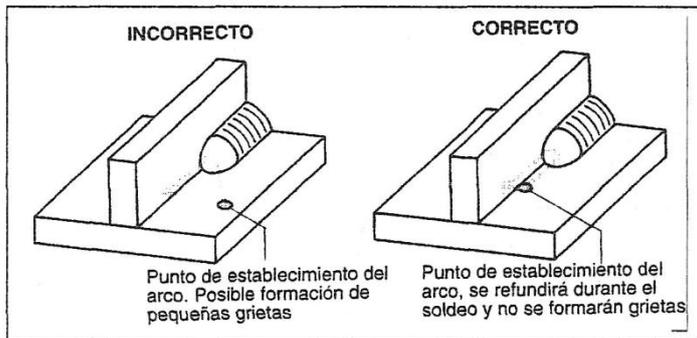


Figura 31

La técnica para restablecer el arco varía, hasta cierto punto, con el tipo de electrodo. Generalmente, el revestimiento en el extremo del electrodo se hace conductor cuando se calienta durante el soldeo. Esto ayuda a restablecer el arco si ello se efectúa antes de que el electrodo se enfríe. El establecimiento y restablecimiento del arco es mucho más fácil con los electrodos que contienen cantidades importantes de polvos metálicos en su revestimiento. Cuando se emplean electrodos con revestimientos gruesos no conductores, tal como los de bajo hidrógeno y los de acero inoxidable, puede ser necesario tener que romper algo del revestimiento para que el núcleo quede descubierto en el extremo y el arco se establezca con mayor facilidad.

7.8.5. Ejecución del soldeo

Durante el soldeo, el soldador deberá mantener la longitud del arco lo más constante posible, moviendo uniformemente el electrodo hacia la pieza según éste se va fundiendo. Al mismo tiempo, el electrodo se mueve también uniformemente a lo largo de la unión en la dirección del soldeo.

La elección entre cordones rectos o con balanceo dependerá de las exigencias del procedimiento y del tipo de cordón. En general, las primeras pasadas se hacen con cordones rectos (menos cuando la separación en la raíz es muy grande). Cuando se realicen cordones con balanceo en posiciones PB y PC se deberá llevar más avanzada la parte baja del cordón (ver figura 32).

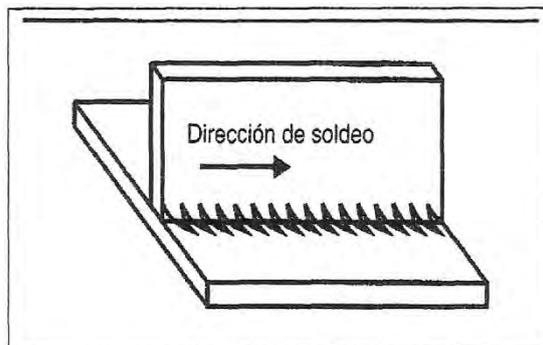


Figura 31

El movimiento debe ser simétrico y el avance uniforme, ya que de ello depende el buen aspecto de la soldadura, así como su calidad y reparto uniforme de calor.

En las posiciones cornisa y bajo techo a tope, cuando la unión tiene excesiva separación en la raíz, las primeras pasadas deben depositarse dando, además del movimiento oscilatorio, un pequeño vaivén de avance y retroceso al electrodo, a fin de dar tiempo a que se solidifique el baño de fusión, evitando así la caída del material fundido.

7.8.6. Interrupción del arco de soldeo

Nunca se debe interrumpir el arco de forma brusca, ya que pueden producirse grietas y poros en el cráter del cordón.

El arco puede interrumpirse por medio de cualquiera de las diferentes técnicas posibles:

- Acortar el arco de forma rápida y, a continuación, mover el electrodo lateralmente fuera del cráter. Esta técnica se emplea cuando se va a reemplazar el electrodo ya consumido, continuando el soldeo a partir del cráter.
- Otra técnica es la de detener el movimiento de avance del electrodo y permitir el llenado del cráter, retirándose a continuación el electrodo.
- Otra forma es dar al electrodo una inclinación contraria a la que llevaba y se retrocede, sobre el mismo cordón, unos 10 ó 12 mm. antes de interrumpir el arco; de esta forma se rellena el cráter. (ver figura 32)

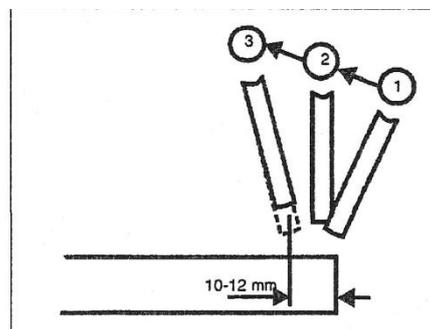


Figura 32

7.8.7. Empalmes de los cordones de soldadura

Deben realizarse de forma cuidadosa, para evitar fisuras e inclusiones de escoria. Tal como se indica en la figura 33 se rellena el cráter y se evita la porosidad y las inclusiones de escoria.

La limpieza de los cordones de soldadura es esencial para que la unión entre metales se realice correctamente y sin defectos. Se utilizará una piqueta y un cepillo de alambre. El material de los alambres del cepillo y de la piqueta dependerá del material base, por ejemplo, nunca se utilizarán de acero al carbono cuando el material base sea de acero inoxidable sino que será también de este último material.

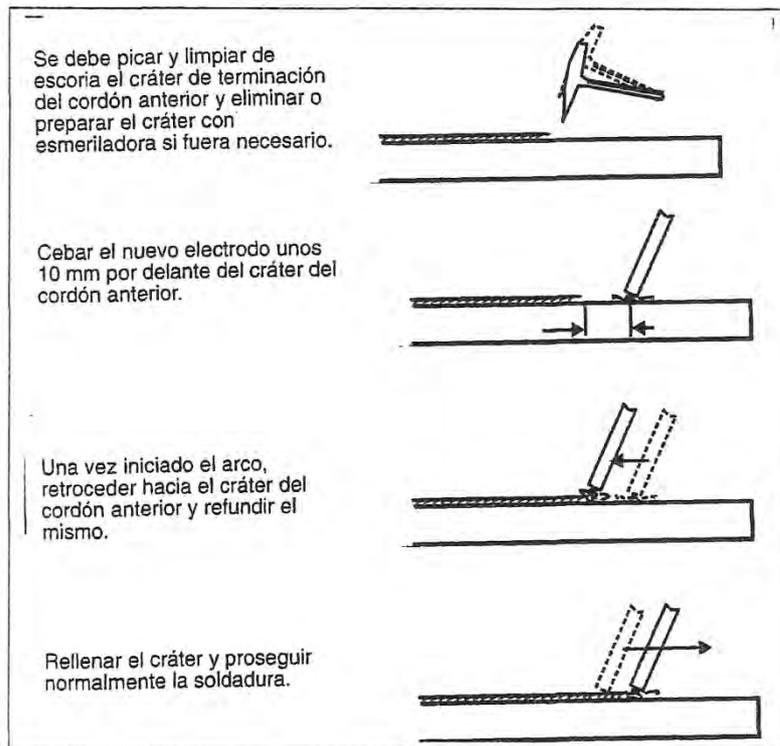


Figura 33

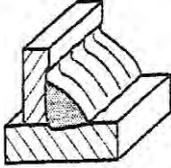
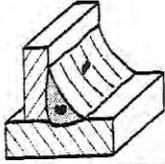
7.8.8. Retirada de la escoria

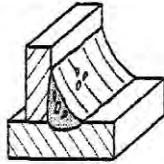
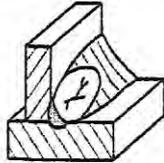
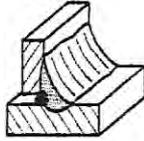
Una vez depositada una pasada completa de soldadura, debe picarse la escoria y cepillar la totalidad del cordón antes de realizar la pasada siguiente.

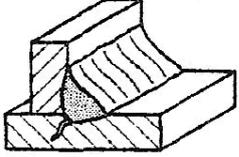
Se deberá retirar la escoria especialmente en las proximidades de las caras del chaflán que es donde se puede quedar ocluida, utilizando esmeriladora si fuera necesario

Como medida de protección de los ojos, el soldador debe utilizar para picar y cepillar la soldadura unas gafas con los cristales transparentes.

Defectos típicos de las soldaduras

| Defecto: Mordeduras | |
|---|---|
|  | |
| Causa | Remedio |
| <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad de soldeo demasiado elevada. - Ángulo de desplazamiento excesivamente pequeño. (Electrodo perpendicular a la pieza). - Arco largo. | <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar la intensidad adecuada para el diámetro, posición y tipo de electrodo. - Inclinar el electrodo hasta que el ángulo de desplazamiento sea de 5-10°. - Utilizar una longitud de arco igual al diámetro del electrodo, o a la mitad de éste si el electrodo es básico. |
| Defecto: Inclusiones de escoria | |
|  | |
| Causa | Remedio |
| <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad muy baja. - Velocidad de desplazamiento elevada, que provoca el enfriamiento rápido de la soldadura no permitiendo la salida de la escoria. - Soldero multipasadas sin retirar la escoria del cordón anterior. | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar la intensidad suficiente que permita la salida de la escoria antes de que el metal aportado se solidifique. - Reducir la velocidad de desplazamiento. - Extremar la limpieza; siempre retirar totalmente la escoria antes de realizar el siguiente cordón. |

|  | |
|---|---|
| Causa | Remedio |
| <ul style="list-style-type: none"> - Suciedad en el metal base (óxidos, grasa, recubrimientos). - Arco demasiado largo. - Electrodo húmedos. | <ul style="list-style-type: none"> - Eliminar cualquier resto de grasa o suciedad antes del soldeo, eliminar también los recubrimientos que puedan tener las piezas. - Utilizar una longitud de arco adecuada y mantenerla durante el soldeo. - Conservar adecuadamente los electrodos evitando su contacto con cualquier fuente de humedad, utilizar estufas de mantenimiento y secar en horno antes del soldeo los electrodos básicos. |
| Defecto: Grietas en el cráter | |
|  | |
| Causa | Remedio |
| <ul style="list-style-type: none"> - Interrumpir el arco de forma brusca, especialmente cuando se suelda con altas intensidades. | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar una técnica de interrupción del arco adecuada. |
| Defecto: Inclusiones de escoria en la raíz | |
|  | |
| Remedio | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Posicionar las piezas de forma que entre ellas siempre haya contacto. | |

| | |
|---|--|
| Defecto: Grietas que parten de la intercara (metal de soldadura-metal base) de la unión | |
|  | |
| <i>Causa</i> | <i>Remedio</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> - El material no es soldable. - Enfriamiento de la soldadura excesivamente rápido. | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar las precauciones necesarias para el soldeo de ese material. No soldar. - Evitar enfriamientos rápidos, naturales o provocados. |
| Defecto: Falta de fusión en los bordes | |
|  | |
| <i>Causa</i> | <i>Remedio</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Inadecuada limpieza, presencia de algún óxido o material extraño que impide la correcta fusión del material base. - Orientación inadecuada del electrodo. - Intensidad de soldeo insuficiente o velocidad excesiva. | <ul style="list-style-type: none"> - Limpiar el material base, los chaflanes y por lo menos 25 mm a cada lado de la unión. Extremar la limpieza o decapado en el acero inoxidable y aleaciones de aluminio. - Orientar el electrodo correctamente. - Elegir los parámetros de soldeo de forma adecuada. |
| Defecto: Falta de penetración | |
|  | |
| <i>Causa</i> | <i>Remedio</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Talón de la raíz excesivo o separación en la raíz insuficiente. Desalineamiento entre las piezas excesiva. - Intensidad de soldeo insuficiente o velocidad excesiva. | <ul style="list-style-type: none"> - Preparar y ensamblar las piezas de forma adecuada. - Elegir los parámetros de soldeo de forma adecuada. |

8.1. Procesos de Soldeo por Arco que Utilizan Gas de Protección

- Les procesos de soldeo por arco protegidos por gas más comunes son:
- SoldeoTIG.
- Soldeo MIG/MAG.
- Soldeo por plasma.
- Una de las dos variantes del proceso FCAW utiliza gas de protección además de la acción protectora del fundente.

La función primordial de los gases de protección es evitar que el metal a altas temperaturas, el baño de fusión y el electrodo se oxiden o contaminen con impurezas. Si el aire entra en contacto con el metal fundido, el oxígeno del aire reaccionará con el material produciendo óxidos, el

nitrógeno puede causar porosidad y la humedad del aire puede también causar porosidad y provocar grietas.

Otra función importante de los gases de protección es la de facilitar la transferencia del material en la soldadura por arco, ionizándose para permitir el establecimiento del arco y la formación de la columna de plasma

8.2. Gases de Protección

Se utilizan básicamente tres gases como protección durante el soldeo:

- Argón.
- Helio
- Dióxido de Carbono¹

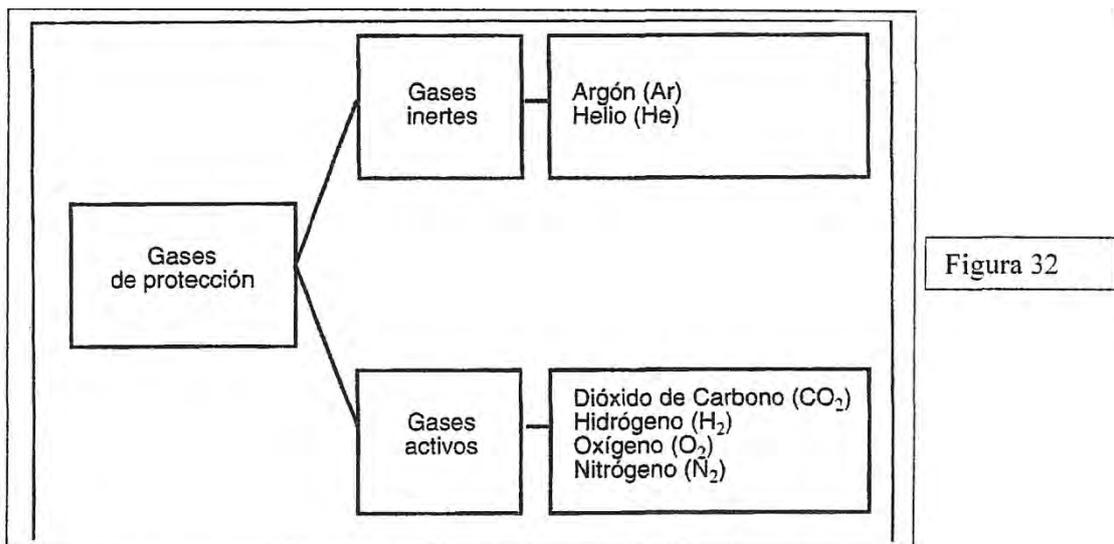
El Dióxido de Carbono también se denomina anhídrido carbónico y su formulación química es CO_2 .

Estos tres gases se utilizan tanto separadamente como mezclados entre sí. Se añaden en algunos casos pequeñas cantidades de:

- Oxígeno.
- Hidrógeno.
- Nitrógeno

8.2.1. Clasificación de los gases de protección

En la siguiente figura 32 se clasifican los gases en dos grandes grupos: activos e inertes, al lado de cada gas se indica su símbolo o fórmula química.



Una mezcla de gases es activa siempre que alguno de sus componentes lo sea y sólo es inerte si todos sus componentes lo son; por tanto las mezclas Argón + CO_2 , Argón + O_2 , Argón + H_2 ,

Argón + Helio + CO₂ . son activas (independientemente del porcentaje del gas activo); solamente es inerte la mezcla Argón + Helio.

Un gas se denomina activo porque reacciona químicamente de alguna forma a la temperatura del arco, al contrario que los inertes que permanecen inalterables en cualquier circunstancia.

9.1. Principios del Proceso TIG

9.1.1. Descripción y denominaciones

El procedimiento de soldeo por arco bajo gas protector con electrodo no consumible, también llamado TIG (Tungsten Inert Gas), utiliza como fuente de energía el arco eléctrico que se establece entre un electrodo no consumible y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión. El material de aportación, cuando se utiliza, se aplica por medio de varillas como en el soldeo oxiacetilénico. La figura 33 muestra esquemáticamente los principios del proceso TIG.

Hay que recordar que volframio (o wolframio) y tungsteno son dos denominaciones para el mismo metal cuyo símbolo en la tabla periódica es W.

El proceso de soldeo TIC también recibe las denominaciones de:

- GTAW, Gas Tungsten Arc Welding (ANSI/AWS A3.0).
- 141, Soldeo por arco con electrodo de volframio y gas inerte (EN 24063).
- Soldeo por arco con electrodo de volframio (UNE 14-100).
- Gas-Shielded Tungsten-Arc Welding (Reino Unido).

9.1.2. Ventajas y limitaciones Ventajas

- Proceso adecuado para unir la mayoría de los metales.
- Arco estable y concentrado.
- Aunque se trata de un proceso esencialmente manual, se ha automatizado para algunas fabricaciones en serie, como tubería de pequeño espesor soldada longitudinal o helicoidalmente y para la fijación de tubos a placas en intercambiadores de calor.
- No se producen proyecciones (al no existir transporte de metal en el arco).
- No se produce escoria.
- Produce soldaduras lisas y regulares.
- Se puede utilizar con o sin metal de aporte, en función de la aplicación.
- Puede emplearse en todo tipo de uniones y posiciones.
- Alta velocidad de soldeo en espesores por debajo de 3-4 mm.
- Se pueden conseguir soldaduras de gran calidad.
- Permite un control excelente de la penetración en la pasada de raíz.
- No requiere el empleo de fuente de energía excesivamente caras.
- Permite el control independiente de la fuente de energía y del metal de aportación.

Limitaciones del proceso TIG:

- La tasa de deposición es menor que la que se puede conseguir con otros procesos de soldeo por arco (en el soldeo automático esta desventaja se puede solucionar con la técnica de alambre caliente).
- Su aplicación manual exige, en general, gran habilidad por parte del soldador.
- No resulta económico para espesores mayores de 10 mm.
- En presencia de corrientes de aire puede resultar difícil conseguir una protección adecuada de la zona de soldadura.

9.1.3. Aplicaciones

El proceso TIG se puede utilizar para el soldeo de todos los materiales, incluidos el aluminio y el magnesio y los materiales sensibles a la oxidación como el titanio, circonio y sus aleaciones.

Puesto que el proceso posee las virtudes necesarias para conseguir soldaduras de alta calidad y con una elevada pureza metalúrgica, exentas de defectos y buen acabado superficial, es ideal para soldaduras de responsabilidad en la industria del petróleo, química, petroquímica, alimentación, generación de energía, nuclear y aeroespacial.

Como su tasa de deposición es baja, no resulta económico para soldar materiales con espesores mayores de 6-8 mm. En estos casos el TTG se utiliza para efectuar la pasada de raíz, empleándose otros procesos de mayor productividad para el resto de las pasadas de relleno.

También se puede utilizar para realizar soldaduras por puntos y por costuras.

9.2. Selección del Tipo de Corriente

El proceso TIG puede utilizarse tanto con corriente continua como con

corriente alterna. La elección de la clase de corriente y polaridad se hará en función del material a soldar. Con el fin de realizar esta elección correctamente, se va a destacar algunos aspectos diferenciales de ambas alternativas.

9.2.1. Arco con corriente continua

La polaridad recomendada en corriente continua es la directa, ya que si se suelda con polaridad inversa se tienen que utilizar intensidades tan bajas para que no se sobrecaliente el electrodo que resulta impracticable el soldar.

9.2.2. Arco con corriente alterna

La corriente alterna aúna, aunque reducidas, las ventajas de las dos polaridades : el buen comportamiento durante el semiciclo de polaridad directa y el efecto decapante del baño durante el semiciclo de polaridad inversa, por lo que suele emplearse en el soldeo de aleaciones ligeras, tales como las de aluminio y magnesio.

9.3 Equipo de Soldeo

El equipo básico de soldeo TIG consiste en una fuente de energía o de alimentación, un portaelectrodos, electrodo, cables de soldeo, botellas de gas inerte y mangueras para la conducción de gas figura 34.

9.3.1. Portaelectrodo

La figura 35 muestra varias configuraciones de los portaelectrodos, también denominados "sopletes" en el proceso TIG.

Tienen la misión de conducir la corriente y el gas de protección hasta la zona de soldeo. Pueden ser de refrigeración natural (por aire) o de refrigeración forzada (mediante circulación de agua, como se observa en la figura 34). Los primeros se emplean en el soldeo de espesores finos, que no requieren grandes intensidades, y los de refrigeración forzada se recomiendan para trabajos que exijan intensidades superiores a los 150-200 amperios. En estos casos la circulación de agua por el interior del portaelectrodos evita el sobrecalentamiento del mismo. A partir de 300 amperios en régimen discontinuo es necesario que también la boquilla esté refrigerada por agua.

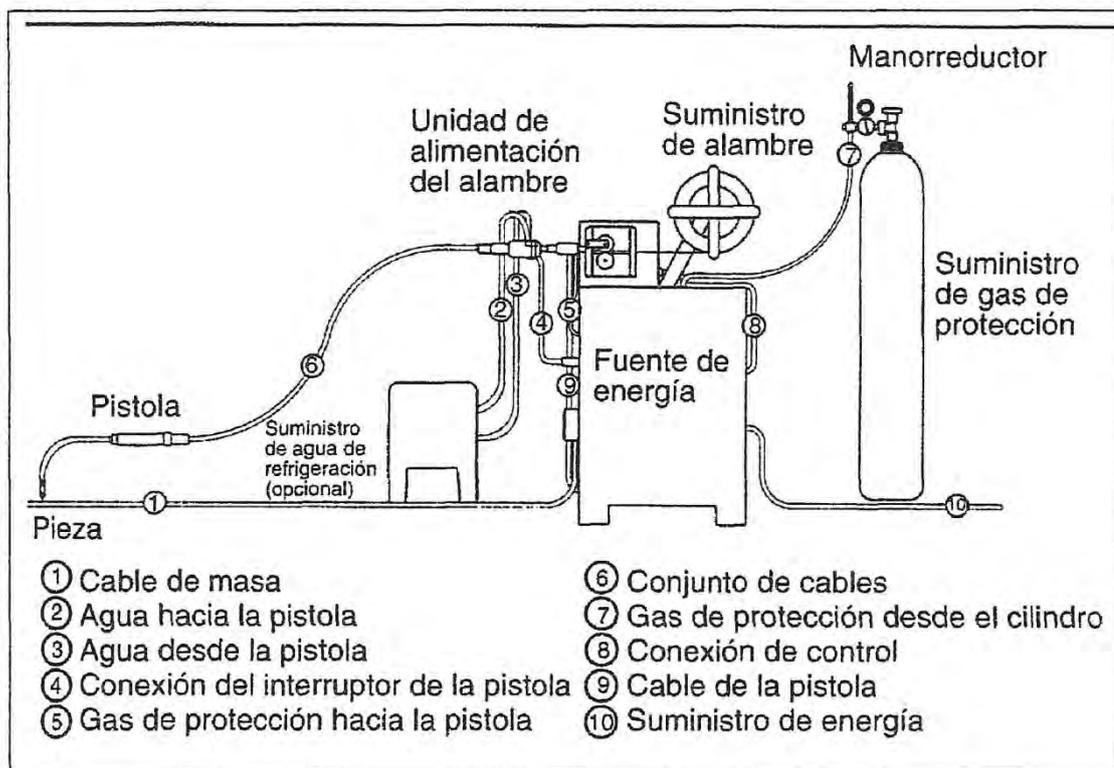


Figura 34

El electrodo de wolframio que transporta la corriente hasta la zona de soldeo se sujeta rígidamente mediante una pinza alojada en el cuerpo del portaelectrodos. Cada portaelectrodos dispone de un juego de pinzas, de distintos tamaños, que permiten la sujeción de electrodos de diferentes diámetros.

El gas de protección llega hasta la zona de soldeo a través de una tobera de material cerámico, sujeta en la cabeza del portaelectrodos. **La tobera** tiene la misión de dirigir y distribuir el gas protector sobre la zona de soldeo. A fin de acomodarse a distintas exigencias de consumo, cada portaelectrodos va equipado con un juego de toberas de diferentes diámetros.

Hay que tener en cuenta que el electrodo de wolframio debe estar perfectamente centrado dentro de la tobera para que el chorro de gas inerte proteja bien el baño de fusión y, también, en caso de tobera de cobre, no se produzca el arco doble, esto es, que el arco salte primero entre el electrodo y la tobera y después continúe entre ésta y el metal base (figura 36).

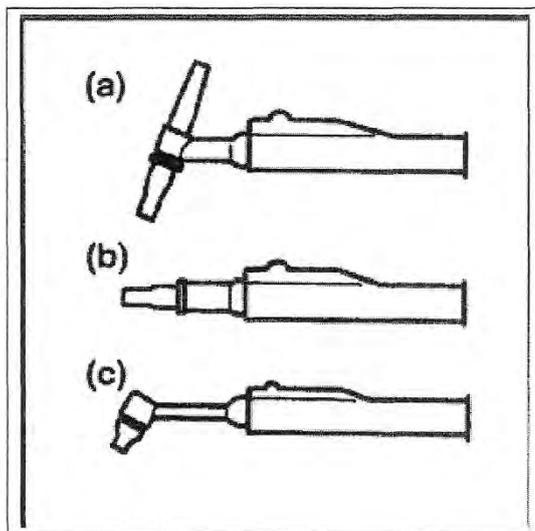


Figura 35

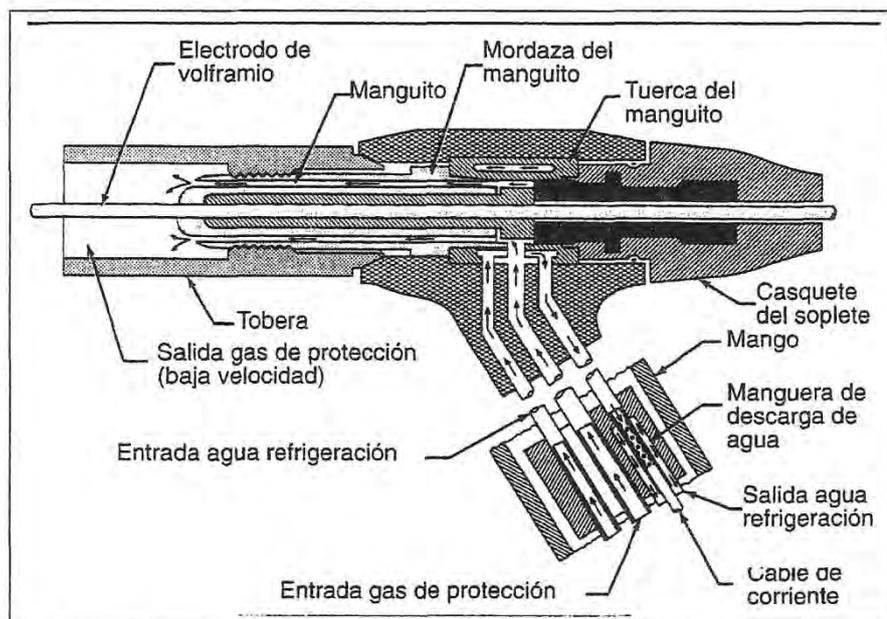


Figura 36

9.4. Electrodo No Consumibles

La misión del electrodo en este proceso es únicamente la de mantener el arco sin aportar material al baño de fusión. Por este motivo y para evitar su desgaste, es muy importante que posea una alta temperatura de fusión. Esta es la razón por la que, cuando se emplea c.c., el electrodo se suele conectar al polo negativo, pues el calor generado en el extremo es inferior y permanece más frío que si conectase al polo positivo.

En general, se emplean tres tipos diferentes de electrodos, que se clasifican en función de su composición en:

- Wolframio puro.
- Wolframio aleado con torio.
- Wolframio aleado con circonio.

10.1. Principios del Proceso MIG/M&G

10.1.1. Descripción y denominaciones

El soldeo por arco eléctrico con protección de gas, es un proceso de soldeo en el cual el calor necesario es generado por un arco que se establece entre un electrodo consumible y el metal que se va a soldar.

El electrodo es un alambre macizo, desnudo, que se alimenta de forma continua automáticamente y se convierte en el metal depositado según se consume.

El electrodo, arco, metal fundido y zonas adyacentes del metal base, quedan protegidas de la contaminación de los gases atmosféricos mediante una corriente de gas que se aporta por la tobera de la pistola, concéntricamente al alambre/electrodo. El proceso está esquematizado en la figura 37.

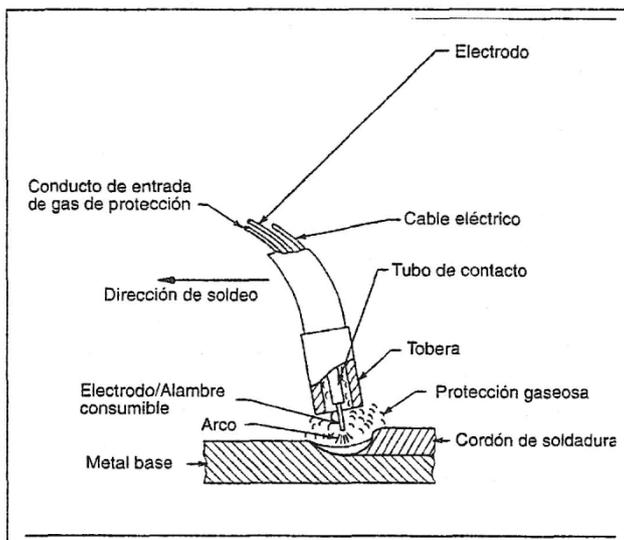


Figura 37

El proceso de soldeo por arco con gas se denomina también:

- GMAW, gas metal arc welding (ANSI/AWS A3.0)

- 13, Soldeo por arco con gas (EN 24063).

Si se emplea un gas inerte como protección el proceso se denomina:

- **MIG**, metal inert gas (ANSI/AWS A3.0).
- 131, soldeo por arco con gas inerte (EN 24063) .

Si se utiliza un gas activo como protección el proceso se denomina:

- **M&G**, metal active gas (ANSI/AWS A3.0).
- 135, soldeo por arco con gas activo (EN 24063) .

Este proceso de soldeo puede ser automático o manual, al proceso manual se le denomina también semiautomático.

10.1.2. Ventajas y limitaciones Ventajas

- Puede utilizarse para el soldeo de cualquier tipo de material.
- El electrodo es continuo, con lo que se aumenta la productividad por no tener que cambiar de electrodo y la tasa de deposición es elevada. Se pueden conseguir velocidades de soldeo mucho más elevadas que con SMAW.
- Se puede realizar el soldeo en cualquier posición.
- Se pueden realizar soldaduras largas sin que existan empalmes entre cordones, zona de peligro de imperfecciones.
- No se requiere eliminar la escoria, puesto que no existe.

Limitaciones

- El equipo de soldeo es más costoso, complejo y menos transportable que el de SMAW.
- Es difícil de utilizar en espacios restringidos, requiere conducciones de gas y de agua de refrigeración, tuberías, botellas de gas de protección, por lo que no puede emplearse en lugares relativamente alejados de la fuente de energía.
- Es sensible al viento y a las corrientes de aire, por lo que su aplicación al aire libre es limitada.

10.2. Equipo de Soldeo

En la figura 38 se puede ver el equipo de soldeo MIG/MAG, que consiste en:

- Fuente de energía.
- Fuente de suministro de gas.
- Sistema de alimentación de alambre.
- Pistola (refrigerada por aire o por agua)
- Sistema de control.
- Carrete de alambre/electrodo (de alambre que actúa como electrodo y como metal de aporte).
- Sistema de regulación para el gas de protección.

- Sistema de circulación de agua de refrigeración para las pistolas refrigeradas por agua.
- Cables y tubos o mangueras.

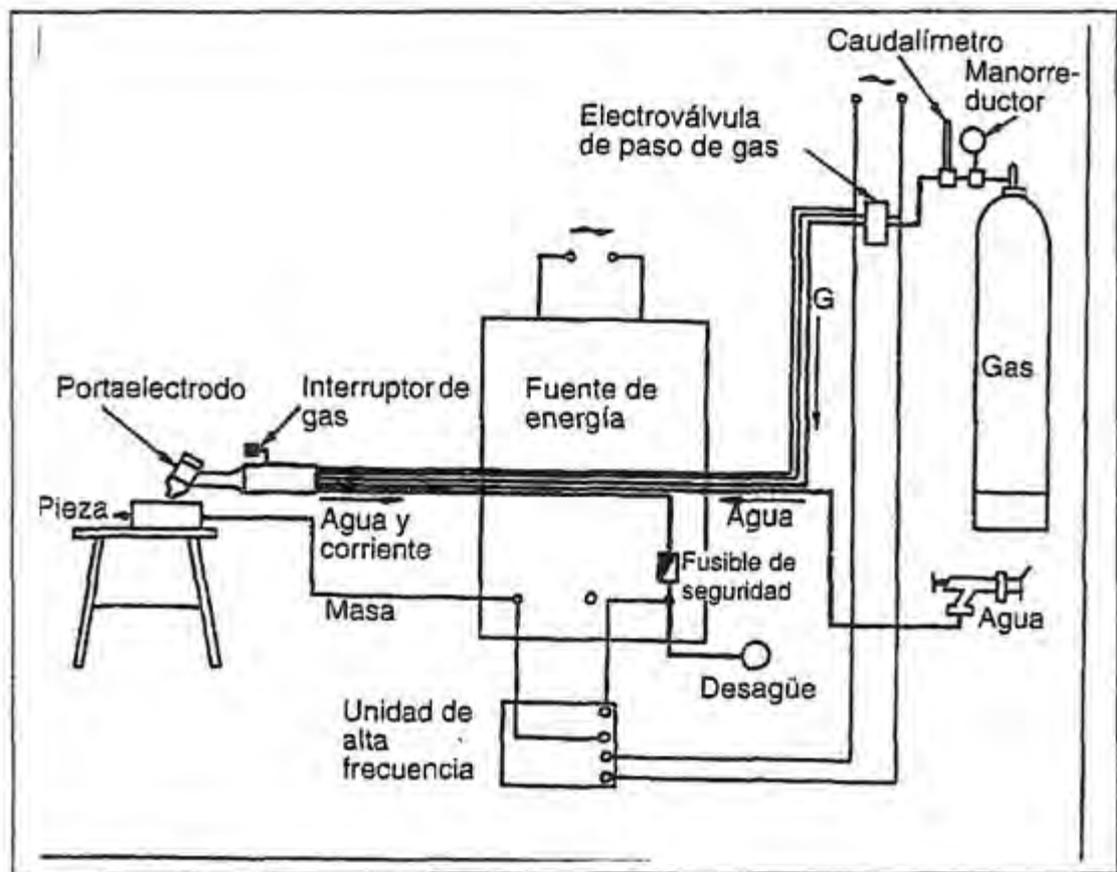


Figura 38

10.2.3. Pistola

Las pistolas para el soldeo por arco con protección de gas son relativamente complejas. En primer lugar es necesario que el alambre se mueva a través de la pistola a una velocidad predeterminada y, en segundo lugar, la pistola debe estar diseñada para transmitir corriente al alambre y dirigir el gas de protección. El método de refrigeración (agua o aire) y la localización de los controles de alimentación del alambre y gases de protección, añaden complejidad al diseño de las pistolas. Los principales componentes, que se pueden ver en la figura 39, son:

Tubo de contacto, guía al electrodo a través de la tobera y hace el contacto eléctrico para suministrar corriente al alambre, está conectado a la fuente de energía a través de los cables eléctricos. La posición del tubo de contacto respecto al final de la tobera puede variar en función del modo de transferencia, con transferencia en cortocircuito se situará a unos 2 mm de ésta o incluso por fuera, mientras que en transferencia en "spray" se situará a unos 5 mm. (ver figura apartado 13.9). El tubo de contacto se reemplazará si el taladro se ha ensanchado por desgaste o si se ha atascado por proyecciones. Normalmente es de cobre o alguna aleación de cobre, el libro de instrucciones de la pistola indicará el tamaño y tipo adecuado en función del diámetro y material del electrodo a utilizar.

Tobera (normalmente de cobre), que tiene un diámetro interior que oscila entre 9,5 y 22,25 mm (3/8 a 7/8 de pulgada) dependiendo del tamaño de la pistola. **Tubo-guía o funda del alambre/electrodo;** a través del cual el electrodo llega procedente, normalmente, de una bobina. Es muy importante el diámetro y material del tubo-guía del electrodo, se utilizarán de acero en forma de espiral en el caso de materiales como el acero o el cobre y serán de teflón o nylon para el magnesio o el aluminio, también para el acero inoxidable con el fin de no contaminar el electrodo.

Conducto de gas.

Cables eléctricos.

Interruptor. La mayoría de las pistolas de manipulación manual tienen un gatillo que actúa como interruptor para comenzar o detener la alimentación del alambre.

Conductos para el agua de refrigeración. (Sólo para las pistolas refrigeradas por agua). Estas pistolas pueden utilizarse con intensidades de hasta 600A.

La pistola puede ser de cuello curvado (cuello de cisne con un ángulo de 40º a 60º) o rectas; las de cuello de cisne suelen ser más flexibles y cómodas.

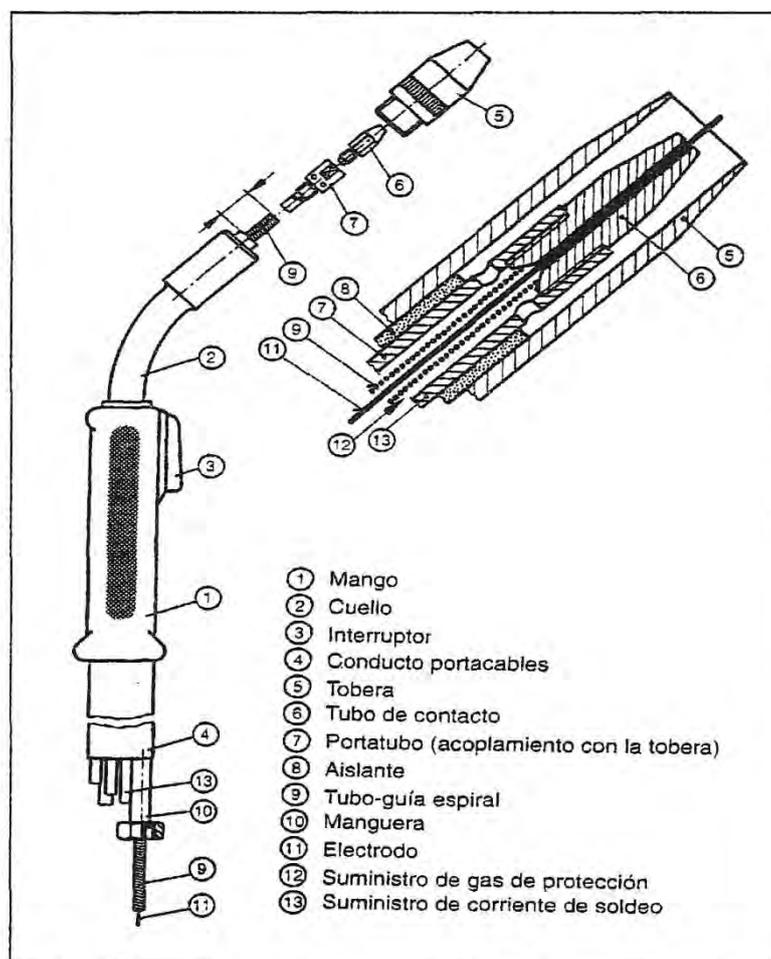


Figura 39

LA INSPECIÓN VISUAL DE LAS JUNTAS SOLDADAS

Aunque una soldadura limpia, lisa es preferible, esta característica necesariamente no significa que la soldadura es buena; esta puede estar gravemente debilitada interiormente. Sin embargo, cuando una soldadura es rugosa, desigual, y tiene picaduras en el cordón, si casi siempre es un indicio de una soldadura defectuosa. Las soldaduras nunca se deben de limar para darles una apariencia buena, debido a que las limaduras en el cordón pueden debilitar peligrosamente este

Aunque la apariencia exterior de un cordón de soldadura no da seguridad de que una soldadura esté correctamente realizada, si nos da indicación del cuidado y esmero con que la soldadura ha sido realizada.

La unión realizada por una soldadura es más fuerte que el metal que une. Las características de una soldadura correctamente realizada se contemplan en los párrafos siguientes.

Una soldadura bien hecha es uniforme en anchura; las ondas son uniformes y correctamente unidas con el metal base que se está soldando, esto nos da indicación de que el material no se ha sobrecalentado, debido a un exceso de temperatura. La soldadura tiene una buena penetración y está libre de bolsas de gas, porosidades, o inclusiones de materias extrañas. Los bordes del cordón aunque no estén en línea recta, todavía la soldadura es buena si la penetración es excelente.

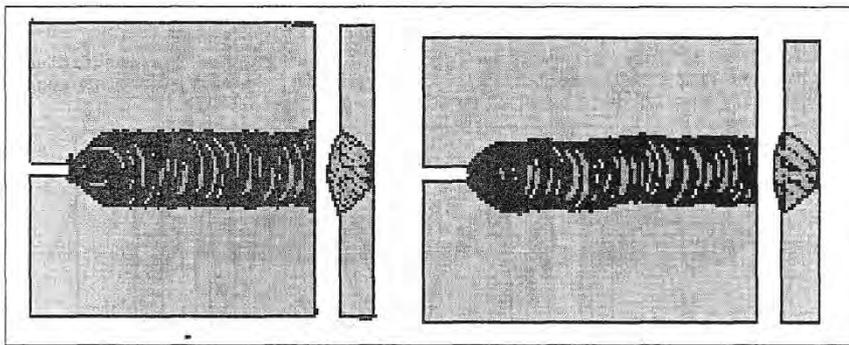
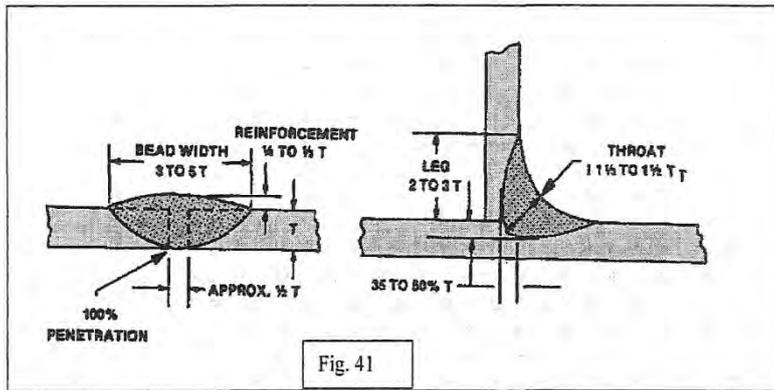


Fig 40

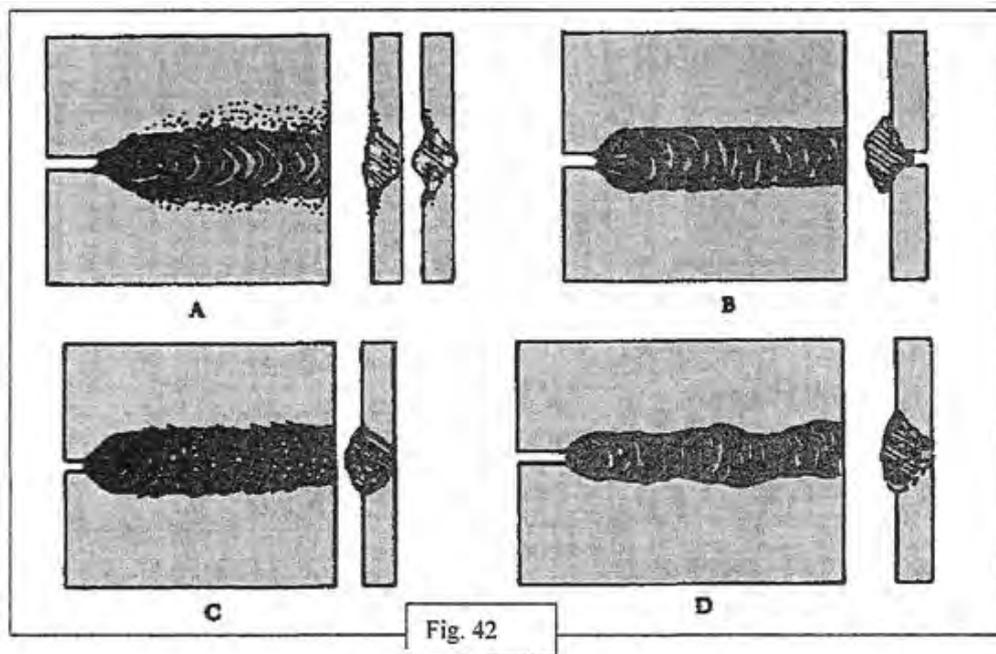
La penetración es la profundidad de fusión en una soldadura. La fusión completa es la característica más importante que contribuye a una soldadura correcta. La penetración está afectada por el espesor del material que va a ser unido, el tamaño de la varilla del material de aportación, y cómo es agregado. En una soldadura a tope la penetración debe de ser el 100% del espesor del metal base. En una soldadura en chaflán los requisitos de penetración son 25 a 50 por ciento del espesor del metal base. La anchura y profundidad del cordón de soldadura para una soldadura a tope se representan en la figura. 41



Para ayudar a determinar la calidad de una soldadura correcta, se presentan en los siguientes párrafos los casos más corrientes de soldaduras incorrectas

La soldadura mostrada en figura 42 (A) fue realizada muy rápidamente. La apariencia larga y puntiaguda de las ondas se causó por una cantidad excesiva de calor o una llama oxidante (excesiva cantidad de oxígeno). Si se seccionara el cordón de soldadura se descubrirían bolsas de gas, porosidad, e inclusiones de escoria probablemente

Figura 4 2 (B) ilustra una soldadura que tiene una penetración insuficiente y los bordes fríos causados por calor insuficiente. Su apariencia es rugosa e irregular y sus bordes no están fundidos con el metal base.



El charco de metal fundido, tiene tendencia a hervir durante la operación de soldadura, si se utiliza una llama con exceso de acetileno. Esto deja a menudo gran cantidad de ampollas en el centro del cordón y cráteres en los extremos de la soldadura. los choques ligeros a lo largo del centro y cráteres al acabado de la soldadura. Si se secciona el cordón de soldadura se observarían bolsas de gas e impurezas en el interior, figura 42 (el C).

Una soldadura mala con los bordes irregulares y la variación considerable en la profundidad de penetración se muestra en D de figura 42. Tiene a menudo la apariencia de una soldadura fría.

Cuando es necesario resoldar una junta, todo el material viejo de la soldadura debe eliminarse antes de comenzar con un nuevo cordón. Debe recordarse, sin embargo, que el recalentamiento de la zona de soldadura puede causar que el material base pierda alguna de sus características, y se vuelva quebradizo.

TEMA X VI
MASA Y CENTRADO DE
AERONAVES

CALCULOS DE CARGA Y CENTRADO.

Una vez visto en los capítulos anteriores las razones por las cuales un aeroplano debe tener su carga y centro de gravedad dentro de los límites estipulados, veamos cómo se realizan los cálculos para realizar tal comprobación. Estos cálculos son muy sencillos, pues únicamente se trata de conocer el peso total del avión, agregando a su peso en vacío los pesos parciales de lo que transporta, y el total de fuerza de palanca ejercida, en función del peso de cada elemento a transportar y su distancia a una referencia dada .

1 Definiciones y términos.

Para realizar el cálculo de comprobación de carga y centrado es necesario en primer lugar familiarizarse con los términos y definiciones comúnmente empleados a este efecto. Aunque se procura utilizar la terminología más extendida en la jerga aeronáutica, puede ocurrir que en algunos manuales de vuelo, libros, etc.. se utilicen términos algo distintos aunque equivalentes.

Peso en vacío (Empty Weight). Es el peso del aeroplano incluyendo el equipamiento fijo de fábrica, el combustible no utilizable (que queda en los conductos tras agotarlo), y la cantidad de aceite y líquido hidráulico máximos para tener al avión totalmente operativo. A veces, se considera que el peso del aceite y del líquido hidráulico no forman parte del peso en vacío. Esto es irrelevante, pues a la hora de hacer el cálculo incluiremos estos pesos o no dependiendo de si el fabricante los ha incluido u omitido en el peso en vacío dado. En ocasiones se distingue entre peso estándar (Standard Empty Weight) que es el detallado anteriormente y peso básico (Basic Empty Weight) que es el estándar mas el peso del equipamiento opcional (otros equipos de comunicaciones, navegación, etc...).

Datum (Datum o Reference Datum). Es el plano vertical imaginario a partir del cual se miden todas las distancias a efectos de balance y determinación del centro de gravedad. La localización de esta referencia la establece el fabricante.

Brazo (Arm). Es la distancia horizontal existente desde el datum hasta un elemento (tripulante, pasaje, equipaje, etc..).

Brazo del C.G. (C.G.Arm). Distancia horizontal desde el datum hasta el centro de gravedad.

Momento (Moment). Denominación simplificada para describir la fuerza de palanca que ejerce una fuerza o peso. En este caso, es el producto del peso de un elemento por su brazo.

Límites del C.G. (C.G. Limits). Establecen los límites a la posición del C.G. dentro de los cuales un avión con un peso determinado puede volar con seguridad. Se suelen expresar en pulgadas contando a partir del datum.

Hay más términos y definiciones, pero con los aquí reseñados es suficiente para realizar los cálculos de carga y centrado.

En el momento de certificar un avión, el fabricante debe proveer un registro en el cual conste el peso básico, la localización del c.g. y los límites de este. Si se realizan modificaciones en el avión, existe la obligación de registrar el nuevo peso y localización del c.g. En la fig.4.4.2 se muestra un ejemplo de información proporcionada por el fabricante, en la cual se muestra la localización del datum, los pesos máximo y estándar, y los límites del C.G. dependiendo del

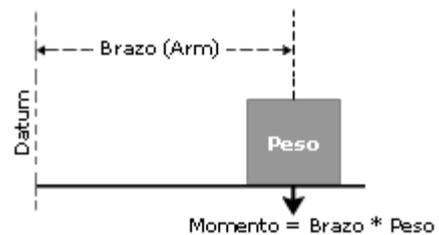


Fig.4.4.1 - Momento, Brazo y Datum.

peso del avión. Como la mayoría de aviones ligeros son de fabricación estadounidense, las unidades de medida suelen ser pulgadas para longitudes (brazo) y libras para el peso. Naturalmente, los momentos reflejan libras-pulgadas.

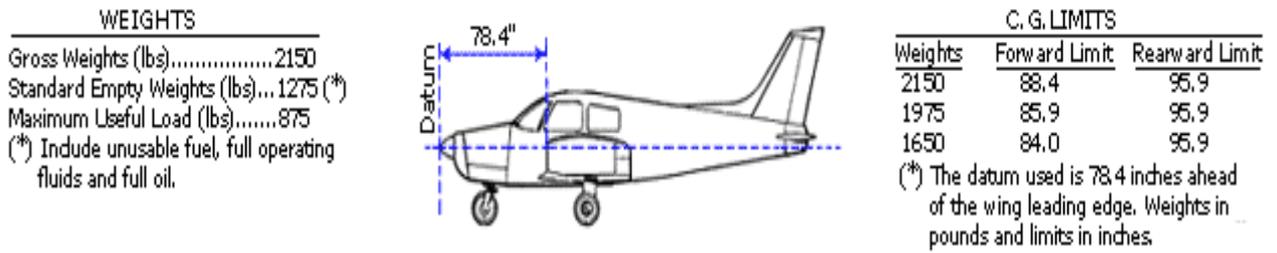


Fig.4.4.2 - Ejemplo de datos de carga dados por el fabricante.

2 Cálculos básicos de Peso y Balance.

Antes de proceder al cálculo, tanto del peso como de la localización del c.g., primero debemos conocer cuál es el peso individual de cada uno de los elementos que transportará el aeroplano (tripulación, pasaje, equipaje, combustible, etc..) y la situación de cada uno de ellos en el avión. Obviamente, también debemos saber cuál es el peso del avión en vacío y el brazo (c.g.arm) correspondiente. Seguidamente, realizamos los cálculos mediante alguno de los procedimientos reseñados a continuación, y por último, chequeamos los resultados con los límites dados. En caso afirmativo podemos salir a volar con el avión estable y seguro, en caso contrario debemos aligerar peso y/o redistribuirlo.

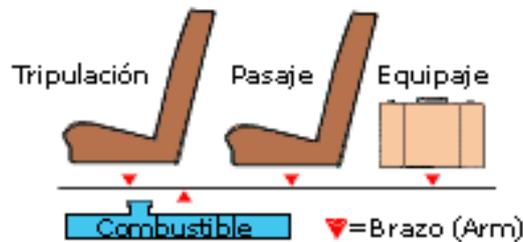


Fig.4.4.3 - Pesos y situación para cálculos.

La gran mayoría de los manuales de vuelo de aviones ligeros, incluyen gráficos y tablas de ayuda para estos cálculos. Veamos primero la matemática (es muy sencilla) del cálculo y pasemos después a apoyarnos en estos gráficos y/o tablas.

1. Basándose en una tabla similar a la mostrada a continuación como ejemplo, anotamos en la primera columna los pesos de cada uno de los elementos. En la primera línea del avión en vacío, en la segunda del piloto y el copiloto o pasajero en asiento delantero, en la tercera del pasaje en asientos traseros, en la cuarta combustible...
2. En la segunda columna anotamos la distancia de los elementos (arm) al datum.
3. En la tercera anotamos el momento de cada fila, multiplicando el peso (col.1) por el brazo (col.2).
4. Sumamos la primera columna (peso total) y la tercera (momento total).
5. Dividiendo el momento total de la columna tercera por el peso total de la columna primera, resulta el brazo (arm) del centro de gravedad con este peso y esta distribución, es decir obtenemos la posición del c.g. desde el datum. Lo anotamos en la fila de totales, en la columna 2.

6. Ahora, solo resta chequear que el peso total (columna 1) y la posición del c.g. (columna 2) están dentro de los límites aprobados.
- 7.

| | Weight (Lbs.) | Arm Datum (Inches) | Aft Moment (Lbs-Inc.) |
|----------------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Basic Empty Weight | 1169 | 73.2 | 85570 |
| Pilot and Passenger | 340 | 85.5 | 29070 |
| Fuel (30 Gallon Maximum) | 61 | 75.4 | 4599 |
| Baggage (100 Lbs.Maximum) | 100 | 115.0 | 11500 |
| TOTAL LOADED AIRPLANE | 1670 | 78.3 | 130739 |

Notas:

Los datos de este ejemplo no tienen relación con los datos para el avión ejemplo de la fig.4.4.2. El Basic Empty Weight y su Arm están dados por el constructor en el Manual de Vuelo. El peso de piloto y pasajero del ejemplo, supone que ambos van sentados en los asientos delanteros.

El peso estándar del combustible es de 6 libras por galón. Habitualmente, para simplificar los cálculos los constructores establecen el datum de forma que los números calculados siempre son positivos. Pero puede suceder que en algún caso no sea así y entonces obtengamos algún valor (momento) negativo. Resulta obvio que estos valores restan.

El peso total del aeroplano del ejemplo es de 1670 libras y su Centro de Gravedad estaría situado 78.3 pulgadas a contar desde el datum ($130739/1670=78.3$). Comprobamos si están dentro de los límites dados por el constructor; si esto no sucediera, debemos reajustar la carga y/o su balance para dejarlos dentro de límites.

3 Cálculos basados en gráficos.

El procedimiento de cálculo con ayuda de los gráficos proporcionados por el fabricante es similar al anterior, pero evita tener que medir el brazo (arm) y el momento de cada elemento. El procedimiento de cálculo es como sigue:

1. Como en el cálculo anterior, obtenga y sume los pesos de todos los elementos. Esto nos da el peso total que debemos comprobar si está en límites.
2. Use el gráfico de carga para determinar el momento de todos y cada uno de los elementos transportados en el aeroplano (la intersección del peso en el eje Y con la línea transversal correspondiente al elemento se proyecta sobre el eje X, en el gráfico de la izquierda de la fig.4.4.4).
3. Sume todos los momentos obtenidos al momento del peso en vacío especificado por el fabricante.
4. Divida el momento total (3) por el peso total (2). El resultado es la situación del c.g. desde el datum.
5. Localice en el gráfico de la derecha de la fig.4.4.4 el punto de intersección del peso total (eje Y) con el resultado obtenido en el punto 4 (eje X). Si está dentro del contorno marcado en rojo, el avión tiene el c.g. actual dentro de límites.

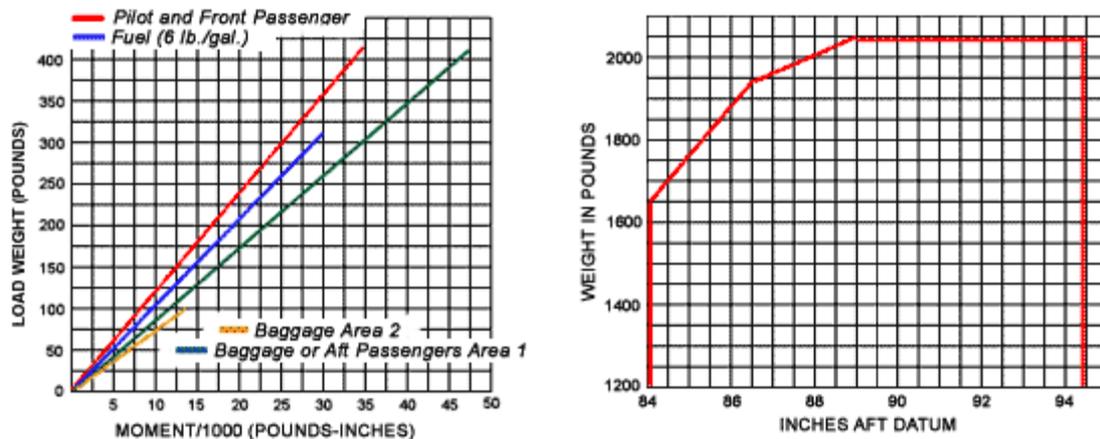


Fig.4.4.4 - Ejemplo de gráficos para cálculo de carga y centrado.

P.ejemplo: Si un piloto más un pasajero en el asiento delantero pesan 340 libras, se busca la intersección de la línea correspondiente (roja en la figura) con el peso 340 en el eje Y, obteniendo un momento aproximado de 28500. El mismo procedimiento se sigue para el combustible, pasaje o equipaje en asiento traseros, y/o equipaje en el área posterior. Con los datos del ejemplo anterior de cálculo básico, el avión con 1670 libras de peso y el c.g. 78,3" desde el datum, estaría fuera del contorno del gráfico de la derecha de la fig.4.4.4, o sea que estaría fuera de límites. No trate de buscar relaciones entre los números, solo son ejemplos.

4 Cálculos basados en tablas.

En algunos casos, el fabricante proporciona unas tablas en la cuales están tabulados los pesos y los momentos máximos y mínimos para cada peso en particular. En este caso el modo de cálculo es obvio: se deben obtener el peso y el momento total sumando los pesos y momentos parciales obtenidos mediante cualquiera de los metodos antes detallados. Con estos totales, se chequea que en la tabla dada el peso total está tabulado (no está fuera de la misma) y que el momento total resultante está comprendido entre el máximo y el mínimo especificados para dicho peso.

| Peso total | Momento mínimo x 100 | Momento máximo x 100 |
|------------|----------------------|----------------------|
| 2000 | 1540 | 1734 |
| 2010 | 1548 | 1743 |
| 2020 | 1555 | 1751 |
| 2030 | 1563 | 1760 |
| 2040 | 1571 | 1769 |

Resumiendo:

- Los cálculos de carga y centrado pretenden determinar de una forma sencilla el peso total del avión y el total de fuerza de palanca que ejerce cada elemento a transportar.
- Peso en vacío es el peso del aeroplano incluyendo el equipamiento fijo de fábrica, el combustible no utilizable y la cantidad de aceite y líquido hidráulico máximos para tener al avión totalmente operativo, aunque a veces no se incluye el peso del aceite y el líquido hidráulico.
- Datum es el plano vertical imaginario establecido por el fabricante, a partir del cual se miden todas las distancias a efectos de balance y determinación del centro de gravedad.
- Brazo (arm) es la distancia horizontal existente desde el datum hasta un elemento. Cuando se refiere al c.g. se denomina brazo del c.g. (c.g.arm).
- El producto del peso de un elemento por su brazo o distancia al datum, se denomina momento.

- Los límites al Centro de Gravedad expresan el rango de localizaciones, contando a partir del datum, dentro de los cuales el avión vuela estable y seguro.
- El peso total del avión se obtiene sumando al peso en vacío los pesos parciales a transportar.
- La situación del centro de gravedad (c.g.arm), se obtiene dividiendo la suma de los momentos parciales por el peso total del avión.
- Algunos manuales incorporan tablas y gráficos para simplificar los cálculos.
- Las unidades empleadas suelen ser en su mayoría libras para los pesos y pulgadas para las distancias.
- En general, se considera un estándar de 170 libras de peso para una persona de constitución normal.
- El combustible tiene un peso estandarizado de 6 libras por galón USA.

TEMA XVII
MAYORDOMÍA
Y
HANGARAJE DE
AERONAVES

MANEJO Y SEGURIDAD EN TIERRA DE LAS AERONAVES Y EQUIPOS DE APOYO EN TIERRA

INTRODUCCIÓN

Los técnicos de mantenimiento de aeronaves consagran una porción de su tiempo de trabajo, con el equipo de apoyo de tierra y manejo en tierra del avión. La complejidad de equipo de apoyo y los riesgos que involucra el manejo del avión en tierra, requiere que los técnicos de mantenimiento de aeronaves, posean un conocimiento detallado de los procedimientos de seguridad en el manejo de los equipos de apoyo en tierra, cuando se este con la aeronave en cualquiera de las condiciones de reparación, carreteo, arranque etc. La información proporcionada en este capítulo es como una guía general por trabajar en todos los tipos de aeronaves.

GENERAL

Las instrucciones siguientes cubren los procedimientos de arranque para los motores alternativos, turbohélices, y turborreactores. Estos procedimientos sólo se presentan como una guía general para el familiarización con los procedimientos típicos y métodos. Las instrucciones detalladas para cada tipo específico de motor se pueden encontrar en el libro de instrucciones del fabricante.

Antes de arrancar un motor en una aeronave:

1. Posicionar el avión aproado al viento/ para asegurar el flujo de aire adecuado sobre el motor, para facilitar la refrigeración de este.
- 2 . Comprobar el giro libre de la hélice, y asegurarse de que no produzca ningún daño a las personas u objetos próximos. .
3. Si se emplea la potencia eléctrica externa (APU), comprobar que se puede es conectar fácilmente.
4. Durante todos los procedimientos de arranque un "Equipo de extinción" provisto con un extintor de incendios conveniente debe estar estacionado en un lugar apropiado. ("Equipo de extinción" alguien familiarizado con los procedimientos de arranque de la aeronave. "Extintor de incendios" un extintor de CO₂ por lo menos de 5 lb. la capacidad. "Lugar apropiado" adyacente al lado externo del motor a la vista del piloto, y también donde él puede observar el motor de la aeronave, para la indicación de problemas durante el arranque).
5. Si la aeronave es impulsada por un motor de reacción, el área delante de la entrada del motor de reacción debe mantenerse libre de personal y objetos. También, el área de la descarga debe mantenerse libre.
6. Estos procedimientos antes del arranque se aplican tanto a los motores de embolo, como a los motores turbohélices.

ARRANQUE DE LOS MOTORES

Motores Alternativos

Los procedimientos siguientes son típicos de aquellas aeronaves, que emplean motores alternativos. Hay, sin embargo, grandes variaciones en los procedimientos para los distintos motores alternativos. No deben de seguirse exhaustivamente las instrucciones indicadas aquí,

para el arranque de cualquier tipo de motor. En cambio, siempre refiérase a los procedimientos contenidos en las instrucciones del fabricante del motor alternativo específico.

Los motores alternativos son capaces de arrancar a temperaturas bastante bajas sin el uso de aparatos de calefacción o dilución de aceite, dependiendo de la calidad del aceite usado;

Las distintas fundas de: (el ala, la cola, la cabina del piloto, tubo pitot, etc.) que protegen la aeronave deben quitarse antes de intentar arrancar el motor. Se deben usar fuentes externas de potencia eléctrica (APU) cuando el arranque del motor alternativo se realiza con un motor de arranque eléctrico. Esto elimina una descarga excesiva en la batería del avión. Los equipos eléctricos que no sean necesarios durante el arranque deben de estar desconectados, hasta que los generadores de la aeronave estén suministrando la energía suficiente a las barras esenciales.

Antes de arrancar un motor radial que ha estado parado más de 30 minutos, desconectar el interruptor de encendido, y girar la hélice tres o cuatro vueltas completas con el motor de arranque, o a mano si es posible para detectar inundación de aceite en los cilindros inferiores.

Cualquier presencia de líquido en el cilindro se detecta, por ser necesario un esfuerzo anormal a la hora de girar la hélice, o por una parada brusca del motor cuando intentamos girarlo con el motor de arranque. Nunca intentar girar la hélice a la fuerza cuando se detecte una inundación en los cilindros.

Si se intenta girar el motor a la fuerza es posible doblar el cigüeñal o una biela.

Para eliminar la inundación, hay que quitar la bujía delantera o trasera de los cilindros inferiores y girar la hélice en sentido normal de rotación. Nunca intente eliminar la inundación girando la hélice en sentido contrario al de rotación. Esto tiende a inyectar el líquido del cilindro en el colector de admisión. El líquido volverá a entrar otra vez en el cilindro, cuando se vuelva a intentar arrancar el motor produciendo una inundación total de este con los daños que esto generaría.

Para arrancar el motor, proceder como sigue:

1. Enciende la bomba auxiliar de combustible, si el avión está ~~tñ~~ provisto de ella [^] *
2. Poner el mando de la mezcla del carburador en la posición recomendada para el arranque. Como una regla general, el mando de la mezcla debe estar en la posición "Idle cutoff" para los carburadores de inyección, y en la posición "Full rich" para los carburadores de tipo flotador. Muchos aviones ligeros, están equipados con una palanca de control de "mezcla que no tienen posiciones intermedias. Cuando dicha palanca es empujada hacia el panel de instrumentos, la mezcla está en la posición de "Full rich". Recíprocamente, cuando la palanca de mando se pone en la posición toda fuera, el carburador está en la posición de "Idle cutoff" ó "Full lean". Cualquier posición intermedia entre estas dos puede ser posicionada por el piloto, para conseguir una mezcla adecuada a las condiciones del vuelo.
3. Abra la palanca del acelerador (Mariposa) a una posición que proporcionará de 1,000 a 1,200 r.p.m. (aproximadamente 1/8 a 1/2 pulgada.

de la posición de cerrado "Closed").

4. Dejar la palanca del aire de la calefacción del compartimento del motor en la posición de frío "Cold", para evitar los daños por fuego, en caso de producirse llamaradas en el carburador. Estos dispositivos auxiliares de calefacción, deben usarse después de que el motor se haya calentado. Ellos mejoran la vaporización de combustible, previenen el ensuciamiento de las bujías, la formación de hielo, y elimina la congelación en el sistema de la inducción.

5. Energizar el motor de arranque después de que la hélice ha hecho dos revoluciones completas por lo menos, y poner el interruptor de encendido en la posición "ON". En motores equipados con un vibrador de inducción, póngase el interruptor en la posición "Both". Cuando se arranque un motor equipado magnetos de salto, poner el interruptor de encendido en la posición "Left". Ponga el interruptor de encendido en la posición "Start" cuando la magneto incorpora el sistema de Lluvia de chispas y tiene contactos de retardo. No haga girar el motor alternativo, con el motor de arranque por más de 1 minuto. Hay que dejar periodos de descanso entre 3 a 5 minutos, entre dos intentos consecutivos, para permitir que el motor de arranque se enfríe. De otra manera el motor de arranque se podrá quemar debido a la sobret temperatura generada.

6. Poner el interruptor del cebador "Primer" en la posición "On" intermitentemente, o pulsar la bomba de una a tres veces, dependiendo del sistema con el que este equipado el motor. Cuando el motor comience a arrancar, mantener el cebador en la posición de "On", mientras gradualmente se abre la palanca de la mariposa hasta que el motor gira homogéneamente y con suavidad.

7. Después de que el motor está girando suavemente, poner la palanca de control en la posición de completamente abierta "Full rich". Desconectar el sistema de cebado, en cuanto las revoluciones del motor caigan indicación de que el motor está recibiendo un aporte excesivo de combustible del carburador.

8. La apertura excesiva del acelerador y el cebado intermitente después de que el motor ha arrancado son las causas principales del petardeo durante el arranque. La apertura gradual de la palanca del acelerador mientras cebamos continuamente reducirá el enriquecimiento inicial de la mezcla a un funcionamiento uniforme, esto se transforma en una mejor mezcla cuando el motor coge revoluciones. Un motor funcionando con una mezcla muy rica será perezoso, pero no petardeara.

9. Cuando se arranca un motor usando una bomba de cebado, hay que poner la palanca de mezcla en la posición "Full rich", si previamente no se había puesto en esa posición cuando el motor comienza a arrancar. Si el motor falla en el arranque inmediatamente retornar la posición de la palanca a la posición de "Idle Cut-off". Si no se hace esto, se acumulara una gran cantidad de combustible en el colector de admisión, lo que podría crear un próximo arranque en caliente.

10. Evite cebar el motor antes de que el motor este girando movido por el motor de arranque. Esto puede producir arranque en caliente, cilindros y pistones rayados y agrietados, y en algunos casos fallos del motor debido a la inundación de los cilindros. Si el motor se inunda inadvertidamente o se ceba excesivamente, ponga el interruptor de encendido en la posición "Off", y mueva la palanca de la mariposa a la posición de "Full open". Para librar al motor del exceso de combustible, mueva este a mano o mediante el motor de arranque. Si se necesita una fuerza excesiva para mover el motor, pare inmediatamente. No forzar el giro del motor. Quite las bujías inferiores de los cilindros. Si la inundación es excesiva, puede ser necesario quitar los colectores de admisión.

11. Inmediatamente después de que el motor ha arrancado, verifique el indicador de presión de aceite. Si la presión de aceite no sube dentro de los 30 segundos siguientes, detenga el motor y determine el problema. Si la presión de aceite es correcta, ajuste las r.p.m. del motor según las indicaciones del fabricante del avión. Para el calentamiento del motor. Las r.p.m. de calentamiento del motor normalmente estará en un rango comprendido entre las 1,000 a 1,300 r.p.m.

12. La refrigeración del motor alternativo de las aeronaves se realiza mediante el aire que pasa a través de las aletas de refrigeración y depende de la velocidad del avión para mantener la temperatura apropiada. Por consiguiente, hay que tener un cuidado extremo con la temperatura del motor, cuando se operan estos motores en tierra.

13. Durante todo el rodaje y en tierra, hay que operar el motor con la hélice en la posición “full low pitch” y aporado al viento, con las compuertas de los carenados Se tal forma que permitan la refrigeración más completa del motor. Los instrumentos del motor deben supervisarse estrechamente en todo momento. No cierre las compuertas de los carenados para el precalentamiento del motor; cerrando las compuertas de los carenados, puede causar un sobrecalentamiento de la rampa de ignición. Cuando se realice el rodaje del motor en tierra hay que tener la precaución de que el personal, instalaciones y equipos no puedan ser dañados, o que otro avión no esté en el área de alcance de la hélice.

Extinción de fuegos en el motor

En todos los casos personal de tierra debe estar con un extintor de incendios de CO₂ mientras el motor del avión está arrancándose. Ésta es una precaución necesaria contra el fuego durante el procedimiento de arranque. El personal de tierra debe de estar familiarizado con el sistema de la inducción del motor para que en caso de fuego él pueda dirigir el CO₂ en la entrada de del sistema de inducción del motor y* apagar el incendio. Un fuego también podría ocurrir en el colector de escape del motor por combustible encendido en el cilindro y expulsado durante la rotación normal del motor.

Si un fuego del motor se desarrolla durante el procedimiento de arranque, continúa arrancando el motor y apagar el fuego. Si el motor no arranca y el fuego continúa encendido, anular el intento de arranque y apagar el incendio. El personal de tierra debe de apagar el incendio utilizando el equipo específico. Debe de observar todos los procedimientos de seguridad mientras esté esperando, y durante el proceso de arranque.

LOS MOTORES TURBOHÉLICES

Las operaciones antes del vuelo

Los motores turbohélices al contrario que los motores alternativos, no necesitan, realizar la prueba de (Runup), a menos que sea necesaria para investigar un mal funcionamiento del motor. (Runup.- Funcionar haciendo subir la potencia de los motores poco a poco)

Deben quitarse las fundas que protegen el avión. Deben inspeccionarse las tuberías del motor cuidadosamente por presencia de combustible o aceite. Se debe de realizar una inspección visual de todas las partes accesibles del motor y de los controles del motor, seguido por una inspección de todas las áreas de la barquilla para determinar que todas las compuertas de inspección y registro están aseguradas. Deben verificarse los sumideros para el agua. Deben inspeccionarse

las áreas de la entrada por estado general y por materiales extraños. Debe de comprobarse la libre rotación del compresor, cuando la instalación lo permita, girando la rueda a mano.

Los siguientes procedimientos son típicos para el arranque de motores turbohélices. Hay, sin embargo, variaciones en los procedimientos aplicables a cada tipo de turbohélice. Estos procedimientos sólo se presentan como una guía general para la familiarización con los procedimientos típicos y métodos. Para el arranque de los motores turbohélice, hay que referirse a los procedimientos indicados en el manual específico del fabricante.

El primer paso para arrancar un motor de turbina es conectar la aeronave a una fuente adecuada potencia eléctrica (APU), cuando el motor de arranque sea accionado eléctricamente. Cuando se utilice un motor de arranque accionado neumáticamente, se deberá conectar la aeronave a una fuente externa, compresor de turbina de gas (GTC), o a una válvula de sangrado de arranque. Para arrancar el primer motor, se emplea el compresor de turbina de gas (GTC). Para arrancar el segundo motor se emplea el aire de sangrado del primer motor a través de la válvula de sangrado.

Cuando se arranque una turbina, siempre hay que observar lo siguiente:

1. Nunca accionar el motor de arranque mientras la turbina este girando.
2. No mover la palanca de potencia de la turbina mientras se esté sangrando aire para arrancar el otro motor.
3. No realizar un arranque en tierra de la turbina si la temperatura del aire de entrada es superior a la especificada por el fabricante
4. No utilizar el aire de sangrado de un motor que está acelerando. **Los Procedimientos de**

Arranque

Para arrancar una turbina en tierra realizar las operaciones siguientes:

1. Posicionar el interruptor de arranque de la turbina que se quiera arrancar en la posición "Start".
2. Poner 'el interruptor de las bombas de combustible en la posición "ON".
3. Poner los interruptores de combustible e ignición en la posición "ON".
4. Poner el interruptor de bajas r.p.m. en "Low" o "Normal"
5. Cerciorarse de que la palanca de potencia está en la posición "Start". Si la hélice no está en la posición de "Start", pueden encontrarse dificultades a la hora de realizar el arranque.
6. Pulsar el botón de arranque, y si fuera necesario cebar el motor pulse el botón de cebado "Primer".
7. Comprobar que la luz de las bombas de combustible se enciende por encima de las 2.200 r.p.m. y se mantiene encendida hasta las 9.000 r.p.m..
8. Comprobar la presión y la temperatura de aceite. Mantener la palanca de potencia en la posición de "Start" hasta que el motor alcance la temperatura mínima de funcionamiento.

9. Desconectar el suministro de potencia eléctrica y/o neumática.

Si cualquiera de las condiciones siguientes ocurre durante la secuencia de arranque, cortar el combustible y la ignición, interrumpir el arranque inmediatamente, haga una investigación y anote los resultados.

1. La temperatura de entrada de turbina excede el máximo especificado. Anotar la temperatura máxima observada.

2. Tiempo de aceleración desde el comienzo de la rotación de la hélice hasta que se estabilizan las r.p.m. excede del tiempo especificado.

3. No hay ninguna indicación de presión de aceite a 5,000 r.p.m. tanto en la caja reductora como en el motor

4. Se observan llamaradas (llamas en la tobera de salida, mayores que las producidas por mezcla excesivamente rica), o humo excesivo durante el inicio del arranque.

5. Falla la ignición en el motor a 4.500 r.p.m. o a las r.p.m. máximas y las r.p.m. se detienen o empiezan a disminuir.

6. Se observan vibraciones anormales, u oscilaciones en el compresor {Indicadas por llamaradas)

7. Hay arrojado de combustible por el drenaje del carenado, indicación de que la válvula de drenaje no se ha cerrado.

8. Luz del sistema de indicación de fuego se enciende. (Esto puede ser debido tanto a fuego en el motor, como a un fallo de cierre de una válvula antihielo).

MOTORES TURBOREACTORES

Operaciones Prevuelo.

Al contrario que en los motores alternativos, los motores turbo reactores no requieren un rodaje antes del vuelo al menos que sea necesario investigar un funcionamiento defectuoso sospechoso.

Antes de empezar, deben quitarse todas las fundas y las tapas de las áreas de entrada y salida. Si es posible, el avión debe aproximarse hacia el viento para obtener una mejor refrigeración del motor, y un Rápido arranque, y un funcionamiento del motor más estable. Es especialmente importante que el avión se aproxime hacia el viento si el motor va a ser ajustado. El área de arranque alrededor del avión debe estar libre de personal y equipo suelto.

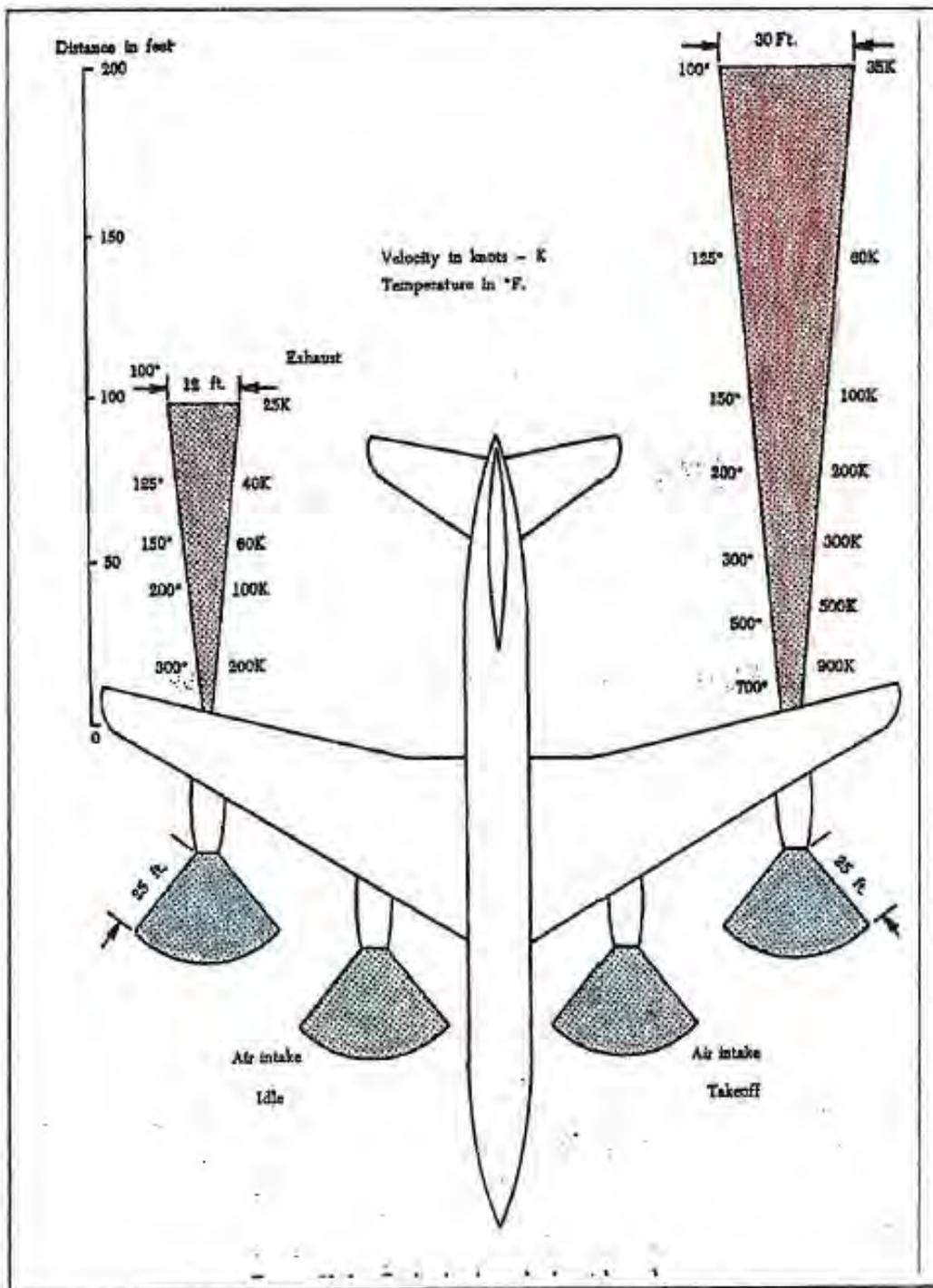
Las zonas de peligro delantera y trasera del motor se representan en la Figura 1. Hay que tener cuidado para asegurar que el área de arranque está limpia de tornillos, piedras, trapos, u otros materiales sueltos.

Un gran número de serios accidentes ocurren involucrando al personal que está cerca de las entradas de aire del motor turbo reactor. Se deben de extremar las precauciones en las inmediaciones de un motor turbo reactor cuando se esté arrancando.

Hay que comprobar los drenajes de combustible de avión, por presencia de agua o hielo, y la entrada de aire del motor por estado general y la presencia de objetos extraños. Los alabes de la primera rueda del compresor se inspeccionaran, por daños melladuras roces, dobleces, etc.

Mover el compresor con la mano para comprobar su giro sin obstrucciones ni ruidos extraños.

Comprobar las palancas de mando del motor por libertad de movimiento Comprobar los instrumentos del motor y las luces de aviso por correcto funcionamiento.



1

Arranque de un motor Turborreactor

Los siguientes procedimientos son típicos para el arranque de muchos motores turborreactores. Hay, sin embargo, grandes variaciones en los procedimientos de arranque usados para cada motor turborreactor, y no debe de intentarse arrancar un motor turborreactor, con estos procedimientos genéricos. Estos procedimientos sólo se presentan como una guía general para el familiarizarse con los procedimientos típicos y métodos. En el arranque de todos los motores turborreactores, hay que dirigirse a los procedimientos contenidos en las instrucciones dadas por el fabricante.

Los motores turborreactores, se pueden arrancar tanto con motor de arranque neumático, o motores de arranque de combustión. Los motores de arranque neumáticos utilizan el aire comprimido de una fuente externa. Esta fuente puede ser una unidad de aire comprimido externo o el aire de sangrado de otro motor del avión que está en el funcionamiento. Los motores de arranque del tipo de combustión son unas pequeñas turbinas de gas, que obtienen su potencia de los gases en expansión generados en la cámara de combustión del propio motor. Estos gases calientes se producen por la combustión de combustible y aire o, en algunos casos, un sólido de combustión lenta o un propelente líquido especialmente compuestos para las tales motores de arranque .

El combustible llega al turborreactor, tanto si ponemos la palanca en la posición de "Idle", como si abrimos la válvula de corte "Shutoff". Si se utiliza para el arranque un motor neumático, la turbina debe arrancar o comenzar a moverse dentro de los 20 segundos siguientes a que el combustible entre en el motor. Éste es un intervalo de tiempo arbitrariamente escogido que, si excedió, indica que ha ocurrido un funcionamiento defectuoso y el arranque debe de suspenderse. Después de que la causa ha sido subsanada otro arranque se puede realizar. Si se utiliza un motor de arranque del tipo de combustión los 20 segundos de intervalo no deben de ser observados, ya que en caso de fallo el motor se desconecta automáticamente, después de un intervalo de tiempo determinado. Los procedimientos siguientes sólo son útiles como una guía general, y se incluyen para mostrar la sucesión de eventos empleados en el arranque de un turborreactor.

- 1 Mover la palanca de potencia a la posición "Off" al menos que el motor este equipado con reversa de empuje. Si el motor esta así equipado, poner la palanca en la posición de "Idle".
2. Poner la potencia eléctrica al motor.
3. Poner el interruptor de la válvula "Shutoff" en la posición "Fuel On".
4. Poner el interruptor de las bombas de combustible en la posición "On".
5. El indicador de presión de combustible indicara 5 p.s.i. si el suministro de las bombas de combustible es el adecuado.
6. Pulsar el interruptor de arranque, cuando el motor comience a girar, comprobar si la presión de aceite comienza a subir.
7. Poner el interruptor de encendido en "On", después que el motor empiece a girar.
8. Poner la palanca de potencia en la posición de "Idle" (Si el motor no esta equipado con la reversa de flujo).

9. El arranque del motor viene indicado por la subida de la temperatura de los gases de escape.
10. Después de que el motor se estabiliza en ralentí, comprobar que de que no se a sobrepasado ninguno de los límites del motor.
11. Ponga el interruptor de arranque en la posición "Off".
12. Apague el interruptor de la ignición.

Arranques incompletos de los Turborreactores.

1. Arranques calientes.

Una arranque en caliente ocurre cuando el motor empieza a arrancar, pero la temperatura de los gases de escape excede los límites especificados. Esto normalmente es causado por una mezcla del aire combustible excesivamente rica que entra en la cámara de la combustión. El combustible al motor debe cerrarse inmediatamente.

2. Arranque Colgado o Abortado

Un arranque colgado, o falso ocurren cuando el motor normalmente empieza pero las r[^]p.m. permanecen en un valor bajo, en vez ir aumentando las r.p.m. Éste es a menudo el resultado de potencia insuficiente en el motor de arranque, o que el arranque se corta antes de que el motor coja" suficientes revoluciones. En este caso, el motor se debe de parar.

3. El motor no arranca

El motor no arrancará dentro del límite de tiempo preestablecido. Puede causarse por la pérdida de combustible al motor, insuficiente o ninguna potencia eléctrica, funcionamiento defectuoso en el sistema de la ignición. Si el motor no arranca dentro del tiempo preestablecido, este debe pararse.

En todos los casos de arranques defectuosos el combustible y la ignición deben de apagarse. Continúe rodando el compresor durante aproximadamente 15 segundos para eliminar el combustible acumulado en el interior del motor. Si el motor de arranque es incapaz de hacer girar el motor, dejar que el combustible se drene por un periodo de unos 30 segundos antes de

POTENCIA ELÉCTRICA

Las unidades de potencia eléctrica en tierra (APU) varían extensamente en tipos, modelos y tamaños. Generalmente se pueden clasificar en dos grandes grupos, remolcados y autopulsados.

Las unidades de potencia eléctrica remolcadas varían en el tamaño y el tipo de energía eléctrica que suministran. Las unidades más pequeñas simplemente son baterías de alta capacidad empleadas para arrancar aviones ligeros. Estas unidades están normalmente montadas en carros con ruedas o esquis y están provistas de una larga manguera de cable terminada con un conector. Las unidades más grandes, figura 2 están equipadas con generadores de corriente. Estas unidades proporcionan un rango más grande de potencia eléctrica de salida.



Normalmente se diseñan las unidades para suministrar intensidades de corriente constante, potencia eléctrica de corriente continua voltaje variable, para arrancar motores turborreactores, y potencia eléctrica de corriente continua a voltaje constante para arrancar motores alternativos. Debido a que estas unidades son más pesadas en la parte superior y que tienen una gran inercia, deben de ser remolcadas con muchas precauciones a una velocidad baja y evitar hacer giros bruscos, para evitar el vuelco.

Las unidades autopropulsadas son normalmente más caras que las unidades remolcadas y en la mayoría de los casos suministran un gran rango de voltajes y frecuencias. Por ejemplo La unidad autopropulsada de la figura 3 es capaz de suministrar potencia eléctrica de corriente continua a varias tensiones, así como corriente" alterna de 115/200-voltio, y 400 ciclos continuamente durante 5 minutos'.

Cuando se utilicen las unidades de potencia eléctrica en tierra (APU) es importante posicionar la unidad cuidadosamente. Debe estar sola para prevenir la colisión con el avión que está sirviendo, u otros cercanos en el caso de que los frenos puedan fallar. Debe estacionarse a la longitud máxima que permita la manguera del cable lo más alejada posible de la aeronave que está sirviendo.

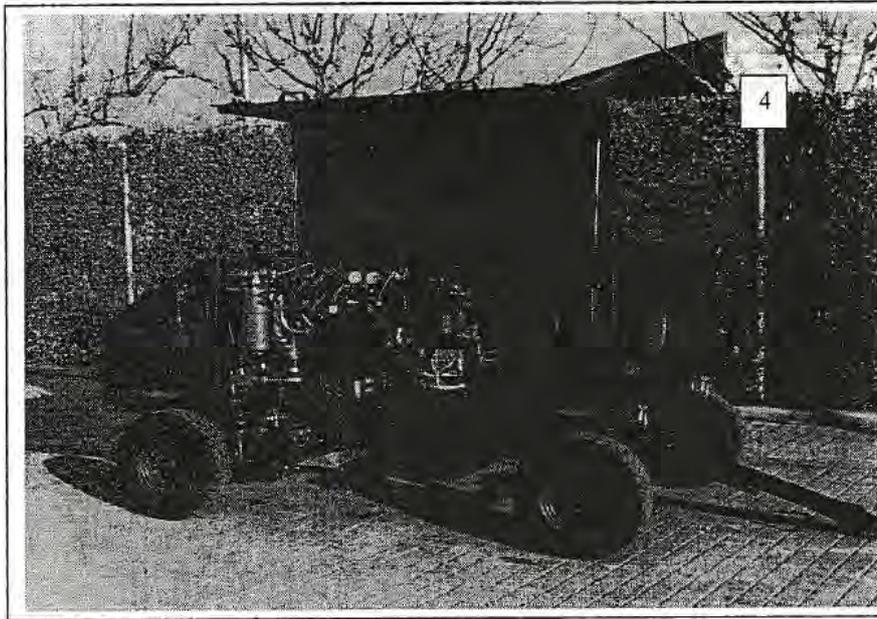
Deben observarse todas las precauciones de seguridad eléctricas al suministrar corriente eléctrica a un avión, una unidad de potencia eléctrica nunca debe moverse cuando los cables de servicio estén conectados a la aeronave, o cuando el generador de corriente este funcionando

POTENCIA HIDRÁULICA-

Las unidades de suministro de potencia hidráulica (Mula Hidráulica) se fabrican en muchos tamaños, prestaciones y precios. Algunas tienen un rango limitado de funcionamiento, mientras otras pueden ser, utilizadas para realizar todas las pruebas del sistema hidráulico de cualquier aeronave. Por ejemplo, un tipo particular de unidad de prueba portátil puede realizar las funciones siguientes:

1. Drenaje del sistema hidráulico de la aeronave.
2. Filtrado del líquido del sistema hidráulico.
3. Relleno del líquido hidráulico del sistema con liquido hidráulico microfiltrado.
4. Comprobación del funcionamiento de los sistemas o subsistemas de la aeronave.
5. Comprobación del sistema hidráulico, por pérdidas internas o externas.

Este tipo de unidad de pruebas hidráulicas portátil, normalmente es una unidad impulsada eléctricamente. Usa un sistema hidráulico capaz de entregar, un volumen variable de fluido de cero a aproximadamente 24 galones por minuto a presiones variables hasta 3,000 p. s. i .g. La unidad, de la prueba y sus componentes están montados en una base de metal, cubierta por una tapa removible. La base está normalmente montada en cuatro neumáticos de caucho. Puede ser autopropulsada o puede tener una barra del remolque para ser remolcada a mano o por un vehículo.



UNIDADES DE CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Las unidades de calefacción y aire acondicionado, son equipos de apoyo en tierra, diseñados para suministrar aire frío o caliente a las aeronaves. Estas unidades son capaces de suministrar una gran cantidad de aire contra la presión estática al final de un conducto flexible o en el interior de un avión. Comparado al aire acondicionado, la capacidad calorífica normalmente es considerada un accesorio optativo, pero en algunos climas la capacidad calorífica es a menudo tan útil como el aire acondicionado.

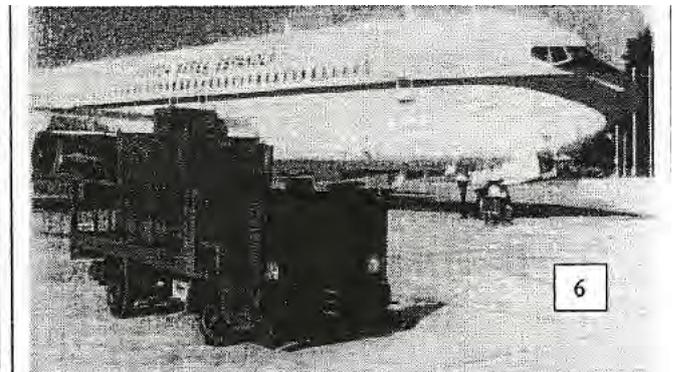


Figura 4 muestra una unidad móvil de calefacción y aire acondicionado. Esta unidad es capaz de integrar unos 3,500 pies cúbicos de aire frío por minuto. Es capaz de bajar la temperatura interior de un avión grande de 115° F. a aproximadamente 76° F. Su capacidad de proporcionar aire caliente da un rendimiento de unas 400,000 B.t.u. por hora. Un solo motor proporciona la potencia al camión y al equipo del aire

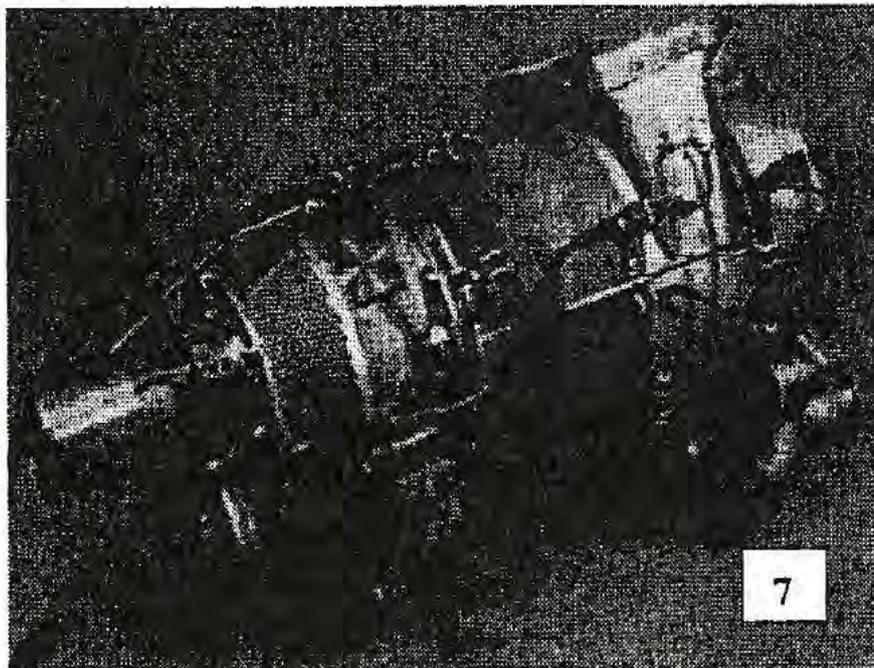
acondicionado. Esto se consigue mediante una transmisión auxiliar la cual suministra movimiento al camión, al ventilador para la calefacción, y al sistema del aire acondicionado, dependiendo de la posición en que se coloquen determinadas palancas situadas en la cabina del conductor.

UNIDADES DE SUMINISTRO DE AIRE COMPRIMIDO PARA EL ARRANQUE

Las unidades de arranque por aire proporcionan un suministro de aire comprimido para mover a los motores de arranque neumáticos en el turbohélice y turborreactores. Las unidades de arranque por aire se pueden montar en unidades remolcadas, para ser conectadas a la aeronave, o pueden ser unidades propulsadas como la mostrada en la figura-5.

Una unidad de arranque por aire típico consta de los siguientes componentes: Un GTC, una batería de almacenamiento de alta capacidad, y los sistemas de combustible, aceite y eléctricos necesarios, mandos, y líneas de aire comprimido.

El GTC es básicamente un compresor centrífugo de dos estaciones acoplado a una turbina de flujo radial. Además del aire comprimido de sangrado, el compresor proporciona el aire comprimido para la cámara de combustión de la turbina. El gas de la combustión se pasa a través de la cámara de combustión al conjunto del difusor de la turbina. La potencia extraída por la rueda de la turbina es transmitida a la caja de accesorios del compresor, y al sistema de control de los componentes.



REPOSTADO DE LA AERONAVE

Se deben de observar unas estrictas normas de precaución contra el fuego durante el proceso de repostaje de las aeronaves. No se permite fumar en las inmediaciones de la aeronave mientras se esté repostando. Los interruptores eléctricos expuestos, conmutadores, dinamos o motores, y

equipo eléctrico que produzca chispas, o cualquier material ardiente no se permite dentro de un radio de 100 pies al rededor de un avión que se está repostando o vaciando de combustible. No se permite ninguna luz que no sea antiexplosión dentro del radio de 100 pies de estas operaciones.

Cualquier combustible de aviación vertido accidentalmente debe de ser ' inmediatamente eliminado, bien por lavado con agua o cubriéndolo con una capa de espuma, o neutralizado por otros medios, para evitar su ignición. El servicio de extinción de fuego debe ser informado si es necesario. Si se descubren indicaciones de goteo subterráneo de líquidos combustibles, las áreas deben ser guardadas por los medios apropiados, y el servicio de extinción de incendios debe de ser informado inmediatamente. Se recomienda que los tanques de combustible de la aeronave se llenen antes de guardar el avión en los hangares, esto se hace para evitar la formación de los vapores explosivos dentro de los depósitos. Esta práctica también se recomienda después de cada vuelo para prevenir la condensación de agua en los depósitos de combustible.

Los depósitos de combustible no deben llenarse completamente hasta el tope cuando el avión se guarda en los hangares, sobre todo si la temperatura externa está más fresca que la temperatura interior. Si es más caluroso dentro del hangar que fuera de él, el combustible de dentro de los depósitos se expande y causa la inundación a través del sistema de ventilación de aire del depósito creando un riesgo de fuego.

Cuando se trabaje en cualquier parte del sistema de combustible, o unidades designadas para el almacenamiento o manejo de líquidos combustibles, se debe de utilizar herramientas de seguridad antichispas. No está permitido bajo ningún concepto el uso de depósitos resquebrajados o líneas de combustible con pérdidas de líquido. Se deben de reparar inmediatamente que sea descubierto el fallo, con las precauciones que esto conlleva.

Todo el combustible es filtrado y se pasa a través de un equipo de separación de agua cuando se pasa de los depósitos de almacenamiento al camión de repostaje; el camión de repostaje también pasa el combustible a través de un sistema de filtros y el equipo de separación de agua antes de su repostaje a la aeronave. Normalmente se verifican estos filtros y separador por la mañana para la evidencia de suciedad y la presencia de agua, y cada vez que el camión de repostaje se recarga de combustible. Cuando el camión de repostaje se recarga hay que dejarlo reposar aproximadamente unos 15 minutos para que el combustible se repose, y entonces comprobar a través de los drenajes la presencia de agua en el combustible antes de volver a repostar cualquier aeronave con él.

Cuando se utilice combustible que ha estado almacenado en latas o barriles, este debe de ser filtrado a través de un embudo con coladera, antes de ser repostado a la aeronave. Esta práctica es necesaria como consecuencia de la condensación y el oxido que se puede desarrollar dentro de las latas y barriles.

Si se usa una gamuza para filtrar el combustible, la creación de la corriente estática aumenta el riesgo de daños, la electricidad es el resultado del paso de la gasolina a través del material. La gamuza debe conectarse a tierra y debe permanecerse conectado a tierra hasta, que toda la gasolina ha pasado a través del filtro. Esto puede hacerse por el contacto con una pantalla de metal de apoyo que se conecta con tierra positivamente. Nunca usa un embudo de plástico, cubo, o recipiente no conductor similar cuando repostamos de latas o barriles.

La aeronave, debe repostarse en un lugar seguro. No repostar o drenar un avión en un hangar u otro espacio cerrado excepto en caso de emergencia, la aeronave debe estar libre de los riesgos

de fuego, los interruptores de los motores deben de estar en la posición "Off", los calzos deben de estar bajo las ruedas, antes de repostar o drenar la aeronave.

Una persona con un extintor de CO₂ u otros equipos de extinción, y con los conocimientos adecuados de los riesgos que conlleva el repostaje de las aeronaves debe de vigilar el proceso y estar preparado para sofocar cualquier conato de incendio que se pueda producir.

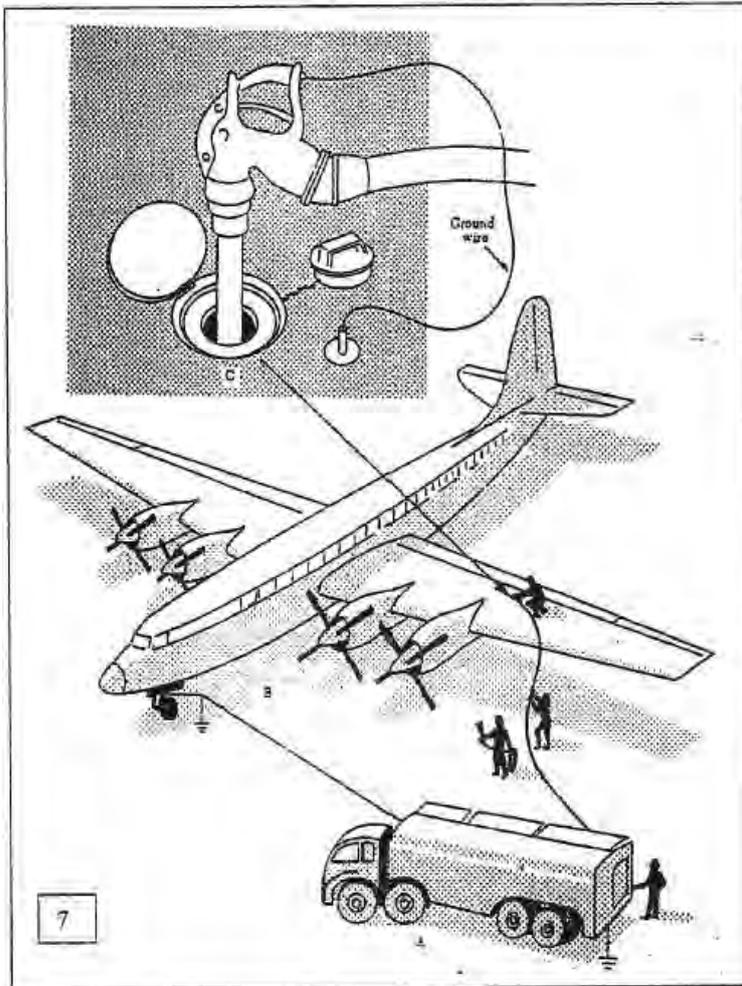
Debido a su alto contenido en plomo, no debe permitirse que el combustible entre en contacto con la ropa, piel, u ojos. El combustible que empapo la ropa debe quitarse lo más pronto posible y las partes del cuerpo que se expusieron al combustible deben de ser lavadas completamente con jabón y agua. Ropa desgastada empapada con el combustible crea un riesgo de fuego peligroso, y ampollas dolorosas (similar a aquéllos causados por las quemaduras de fuego) puede ser el resultado del contacto directo de la piel con el combustible. Si el combustible entra en los ojos, debe buscarse inmediatamente atención médica.

Obligaciones del Equipo de Repostado

Cuando una aeronave va a ser repostada por la parte superior del ala por un camión de repostaje, este debe de estar situado en un sitio despejado, y no debe de estar en la proximidad de focos de ignición de los vapores del combustible. Hay que tener en cuenta la dirección del viento, para que los vapores del combustible no vayan hacia la fuente de ignición.

El camión de repostaje debe de situarse lo más alejado de la aeronave que permita la longitud de la manguera, y preferentemente a barlovento (parte de donde viene el viento) al lado del avión. El camión debe estacionarse paralelo a o encabezando fuera del ala, o en semejante posición que pueda alejarse rápidamente en el caso de fuego (A figura 7). Tan pronto como las operaciones de repostado hayan finalizado el camión debe de retirarse de la proximidad de la aeronave.

Las tapas de los depósitos de combustible del camión de repostaje siempre tienen que estar cerradas, excepto cuando el camión vaya a ser repostado.



El repostado de una gran aeronave en el mejor de los casos involucrarla a cuatro personas. Una persona está encargada del equipo de extinción de incendios; otro es el que maneja el camión; el tercero maneja las mangueras en tierra; y el cuarto hombre es el que maneja las mangueras en la aeronave y rellena los depósitos.

Se deben de tomar precauciones por parte del personal, a la hora de identificar el combustible que utiliza cada aeronave antes de proceder al repostaje. Los técnicos de aviación deben de estar familiarizados con el grado de la gasolina que emplea cada tipo de aeronave. Hay que realizar una comprobación de que todos los equipos de radio e interruptores eléctricos no necesarios para el repostaje, estén desconectados, y que las fuentes externas de energía no están conectadas a la aeronave. Un miembro del equipo de repostaje se debe de asegurar que tanto el avión como el camión de repostaje, estén conectados a tierra, para prevenir las chispas de electricidad estática.

Operaciones de Repostado

En el repostaje con boquilla, por gravedad en los grandes aviones, el personal que maneja el extintor de incendios, debe de estar cerca de la zona donde se esté repostando. El que maneja el camión, desenrolla la manguera y se la pasa al hombre que esta sobre el avión realizando el repostaje. Hay que tener especial cuidado al introducir la boquilla de la manguera en el cuello de repostado del depósito, para no dañar la pintura del avión. Unido a la boquilla hay un cable de toma de tierra que se debe de introducir el conector que hay adyacente al cuello de llenado.

Otro tipo de cable normalmente usado termina en una pinza de cocodrilo conectada a un poste conectando a tierra. Esta conexión se debe de hacer antes de que se quite el tapón del depósito. Esto sirve como una conexión continua a tierra de la boquilla de combustible (C de figura 7). El camión de combustible tiene dos cables de toma de tierra; uno se conecta a tierra en el aparcamiento (A figura 7), y el otro se conecta al avión (A y B figura 7). El avión también debe conectarse con tierra en el aparcamiento

Este sistema de conexión a tierra puede ser de distintas formas. En muchos casos, el camión de combustible se conecta con tierra por una cadena de metal que se arrastra detrás del camión; el avión se conecta con tierra por una tira del carbono empotrada en los neumáticos; o por un cable que une el tren de aterrizaje con tierra y el avión y el camión se mantienen a igual potencial eléctrico al conectar el cable de la boquilla con el conector del cuello del depósito. Todo esto es para prevenir una chispa de electricidad estática que puede crearse cuando el combustible fluye de la boquilla de la manguera al depósito de combustible.

El repostado de un avión ligero tiene menos problemas. Mientras las responsabilidades del personal de repostaje son las mismas, normalmente se realiza entre una o dos personas. Normalmente se minimiza el peligro de estropear el acabado del avión debido a que la altura y situación de los depósitos de combustible permite la accesibilidad fácil a la boca de llenado. Además, el avión pequeño, puede empujarse fácilmente a mano a una posición alimentando cerca de un camión de combustible o una estación de repostaje. Figura 8 muestra un avión pequeño repostándose

Cuando el tanque de combustible está casi lleno, la proporción de flujo de combustible debe reducirse para evitar que el combustible rebose fuera del depósito; es decir, el depósito debe llenarse despacio hasta el tope si derramar combustible sobre el ala o el suelo. El tapón se pone en la boca de llenado del depósito, el cable de tierra se desconecta de su receptáculo, y entonces la persona que maneja la manguera, desplaza esta hasta el próximo depósito que será repostado. Este procedimiento se sigue en cada depósito hasta que el avión es completamente repostado. Entonces el cable de tierra es desconectado de la aeronave, y la manguera se rebobina en el camión de repostaje. Durante esta operación la boquilla de la manguera no debe de tocar en ningún momento el suelo.

Repostado a Presión

El repostado a presión se utiliza en la actualidad en la mayoría de los grandes aviones y en bastantes tipos de helicópteros. Este proceso de repostado se conoce como repostado en un solo punto ó repostado bajo el ala (underwing fueling), este sistema de repostado reduce en gran cantidad el tiempo de repostado de los grandes aviones. Hay también otras ventajas en el proceso de repostado a presión. Elimina los daños en el fuselaje de la aeronave, riesgos al personal y reduce las oportunidades para la contaminación de combustible. El repostado a presión reduce la posibilidad de ignición de los vapores del combustible por la electricidad estática.

Debido a que la capacidad de los depósitos de combustible en un avión ligero es bastante pequeña, hay pocas ventajas para el uso del repostaje a presión en los aviones de este tipo. Así, este sistema solamente se emplea en los aviones de tamaño medio para el transporte de los ejecutivos, y en los aviones de gran tamaño militares y civiles.

El sistema de repostado a presión consta de una boca de toma de combustible y de un panel de control, con una serie de relojes que controla la cantidad de combustible que se introduce en el sistema. El sistema de repostado a presión de un solo punto, se diseña de tal manera que la toma de combustible está situada cerca de la raíz bajo el ala. Las válvulas que conectan los depósitos, al conducto principal, normalmente actúan al recibir la presión del combustible, permitiendo el paso de este dentro de los depósitos.

Las instrucciones de repostado y vaciado, se encuentran indicadas normalmente en la puerta de acceso del panel de control. El personal de repostaje debe de conocer el proceso de repostado de cada aeronave en la cual vaya a repostar, para reconocer cuando el sistema está dando un aviso de fallo. Como el diseño de cada sistema de repostado, varía con el diseño de cada avión, es conveniente consultar el manual de operación del fabricante, para operar el sistema adecuadamente.

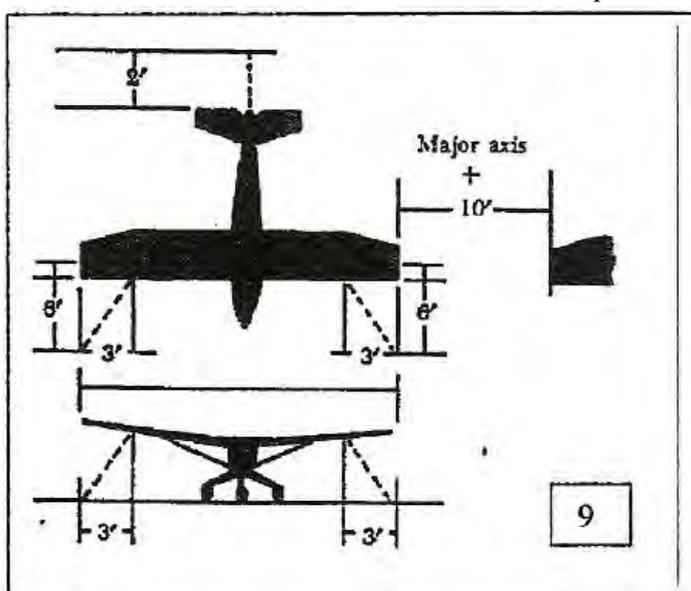
AMARRE DE LAS AERONAVES

El amarre del avión es una parte muy importante del manejo de las aeronaves en tierra. El tipo de amarre se determinará según las condiciones del tiempo atmosférico. En el tiempo atmosférico normal, se utiliza un procedimiento del amarre limitado o normal; pero cuando se sospecha que las condiciones de la tormenta son fuertes con viento y lluvia, el amarre de la aeronave debe realizarse más exhaustivamente.

Procedimiento normal de Amarre

Las aeronaves ligeras se deben de amarrar después de cada vuelo cuando existan indicios de tormenta para evitar posibles daños. La dirección en que el avión será estacionado y se atará se determinará por la dirección del viento prevaleciente.

El avión debe encabazarse, tanto como sea posible a la dirección del viento, dependiendo de los puntos de amarre situados en la plancha de aparcamiento. El espaciado de los puntos de amarre debe permitir un gran espaciado entre los borde de las alas de dos aeronaves aparcadas consecutivamente (figura 9). Una vez que la aeronave esta aparcada correctamente hay que amarrar la rueda de morro o la rueda de cola en la posición delantera o trasera.



Puntos de amarre

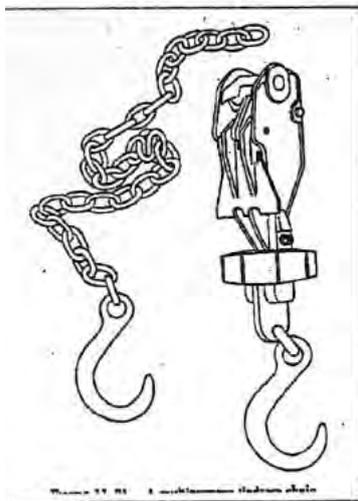
Todas las áreas de aparcamiento de aeronaves, deben de estar equipadas con tres puntos de amarre. Esto se facilita en los aeropuertos por el uso de anclajes de amarre instalados en las áreas del aparcamiento de cemento. Los anclajes de amarre son anillos de acero, que están anclados a la superficie de cemento. El tipo de anclaje seleccionado es normalmente determinado por el material usado para pavimentar las áreas de aparcamiento, esta puede ser de hormigón, de material bituminoso, y en algunos casos de césped sin piedras.

La situación de los puntos de amarre normalmente se indica por distintos medios como las señales de la pintura blancas o amarillas o rodeando el punto de amarre con la piedra aplastada.

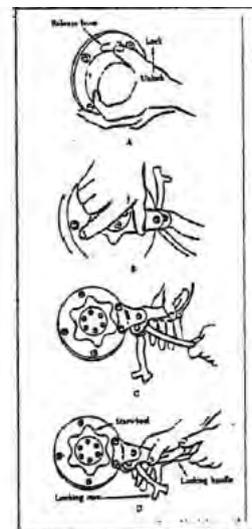
Los puntos de anclaje para aviones, ligeros de un solo motor, deben de soportar como mínimo un esfuerzo de sujeción de aproximadamente 3,000 libras cada uno. Aunque este esfuerzo mínimo puede cuando se sujeta el avión al suelo por medio de estacas, en zonas de tierra o de hierba, estas tienden a soltarse cuando el suelo se empapa de agua como consecuencia de las lluvias torrenciales que acompañan a las tormentas.

Cuerdas de Amarre

Las cuerdas de amarre son capaces de soportar esfuerzos de aproximadamente 3,000 libras se deben de utilizar para amarrar los aviones ligeros. Los cables o cadenas normalmente se utilizan para sujetar aviones de mayor tamaño.



10



11

Cables de Amarre

Se usan a menudo los cables de amarre para afianzar el avión, especialmente en el caso de aviones grandes. Los cables de amarre están provistos de un sistema de tensado y suelta rápida, que puede sujetarse a la mayoría de los aviones. Figura 9 ilustra el funcionamiento de una bobina de amarre de cable típica.

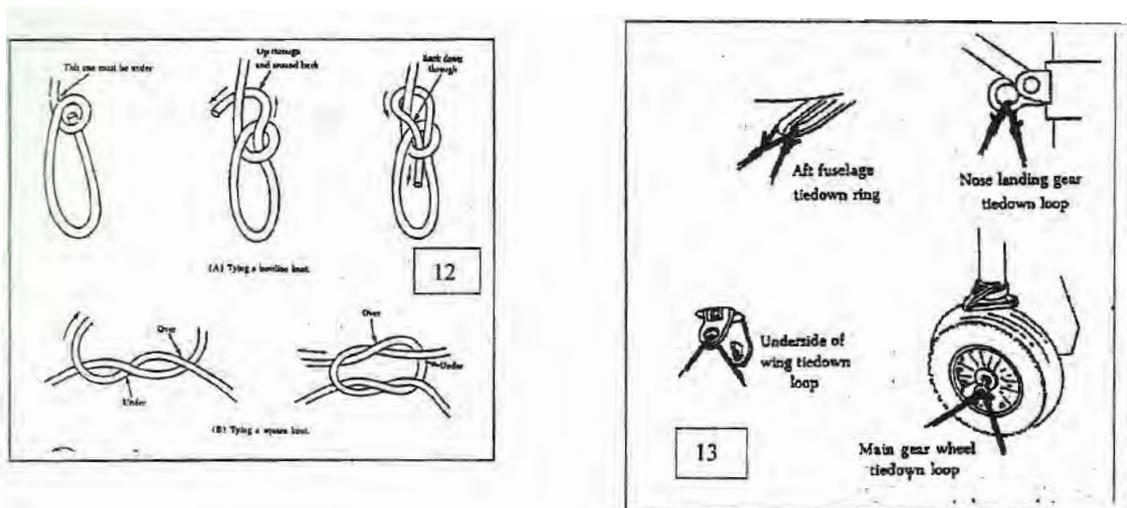
Cadenas de amarre

Las cadenas de amarre se emplean algunas veces para sujetar con mayor fuerza los grandes aviones. El conjunto de la cadena de amarre está compuesto por un mecanismo de tensado y suelta rápida, y una larga cadena con un gancho en uno de sus extremos.

AMARRADO DE LOS AVIONES LIGEROS

Los aviones ligeros, la mayoría de las veces se aseguran con cuerdas, atadas a los puntos de anclaje de que dispone el avión. La soga nunca debe atarse a un tirante de sustentación, esta práctica puede doblar el tirante si la soga se resbala a un punto dónde no hay holgura. Si la cuerda tiene demasiada holgura la aeronave puede dar sacudidas y tirones llegando a partirse la cuerda o dañando alguna parte vital de la aeronave. Por el contrario si las cuerdas de amarre están demasiado tensa, pueden someter a la aeronave a unos esfuerzos para los cuales no están diseñadas pudiendo producir daños irreparables.

Una cuerda de amarre, se sujeta mejor cuanto mejor sea el nudo. Nudos antideslizamiento tales como el as de guía o el nudo plano, se aprietan rápidamente y son fáciles de aflojar (figura 12). Los aviones no equipados con anillas de amarre, se deben de amarrar de acuerdo a las instrucciones del fabricante. En los aviones de ala alta las cuerdas de amarre se deben de anudar al final de los montantes, se deben de colocar anillas de amarre donde las condiciones estructurales lo permitan en el caso de que el fabricante no haya colocado las anillas de amarre necesarias.



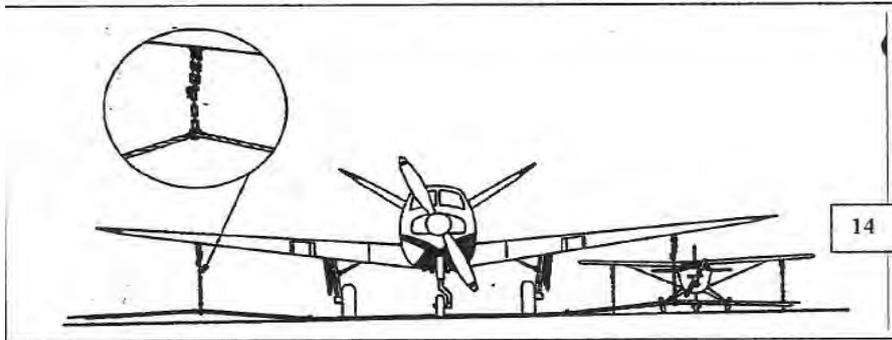
AMARRADO DE AVIONES GRANDES

El amarre de los aviones grandes, se pueden realizar con cables o con cuerdas de amarre. El número de los mismos dependerá de las condiciones atmosféricas que la aeronave deba de soportar.

Muchas aeronaves están equipadas de sujeciones de las superficies de control, las cuales se deben de montar. Debido a que el sistema de asegurado de las superficies de control varia con cada tipo de aeronaves, hay que consultar el manual de mantenimiento correspondiente, para la instalación apropiada de los sistemas de asegurado. Figura 13 ilustra cuatro puntos de amarre en una aeronave grande.

En general el procedimiento normal de amarrado de un avión pesado debe de incluir lo siguiente:

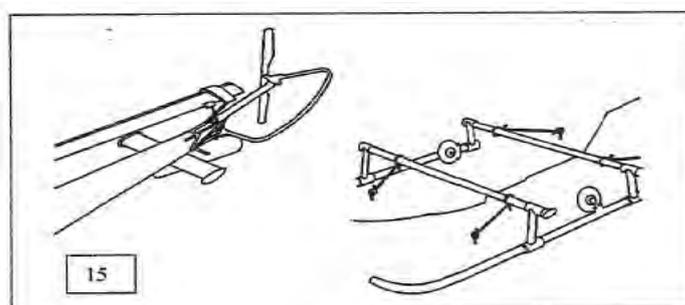
1. Aproar el avión en dirección del viento prevaleciente cuando sea posible.
2. Instale todos los sistemas de sujeción de los controles de mando, así como fundas y cubiertas.
3. Calce las ruedas del avión por delante y por detrás.
4. Sujetar los tensores de los cables a las anillas de amarrado de la aeronave, y los ganchos de los cables a las anillas del suelo o a las estacas de amarre. Las estacas de amarre se deben de utilizar solamente de forma temporal.



Amarrado de los Helicópteros

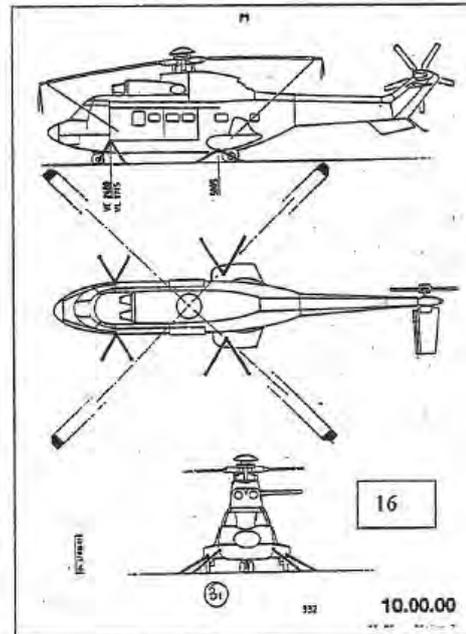
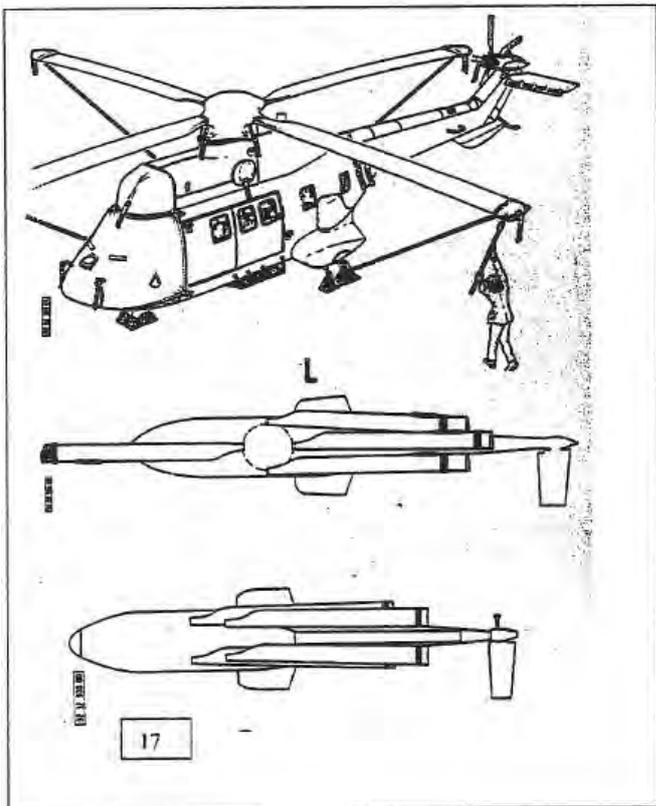
Se pueden producir daños estructurales debido a la alta velocidad del viento en superficie. Siempre que sea posible los helicópteros se deben de evacuar a un área protegida de los vientos. Cuando se tenga disponibilidad los helicópteros se deben meter en los hangares, si no es posible, las palas y el helicóptero en si se debe de amarrar al suelo fuertemente. Los helicópteros que están fuertemente amarrados pueden aguantar rachas de viento de hasta 100 Kilómetros por hora. Para mejorar las medidas de protección de los helicópteros, siempre que se pueda se deben de colocar estos en zonas libres de materiales sueltos, y zonas arboladas, para evitar que se puedan dañar con objetos movidos por el viento, o ramas que puedan caer de los arboles. Las instrucciones detalladas de los procedimientos de amarre de cada helicóptero, vienen detallados en el manual del fabricante correspondiente.

Los procedimientos del amarre típicos son los siguientes:



1. Aproar el helicóptero, en dirección al viento predominante siempre que sea posible..
2. Separar los helicópteros a una distancia prudencial unos de otros para evitar que se produzcan daños entre sí.

3. En los helicópteros equipados con ruedas, poner los calzos tanto por delante como por detrás. En los helicópteros equipados con esquíes, bajar las ruedas de manejo, descansar el helicóptero sobre los esquíes, y asegurar dichas ruedas.
4. Instalar la cuerda de amarre de la puntera de pala, y alinear la pala sobre el puro de cola (Figura 15).
5. Atar la cuerda de amarre por debajo del puro de cola o a las anillas de amarre.
6. Atar el tren de aterrizaje o los esquíes, a las anillas de amarre o a las estacas de amarre.



MOVIMIENTO DE LAS AERONAVES

General

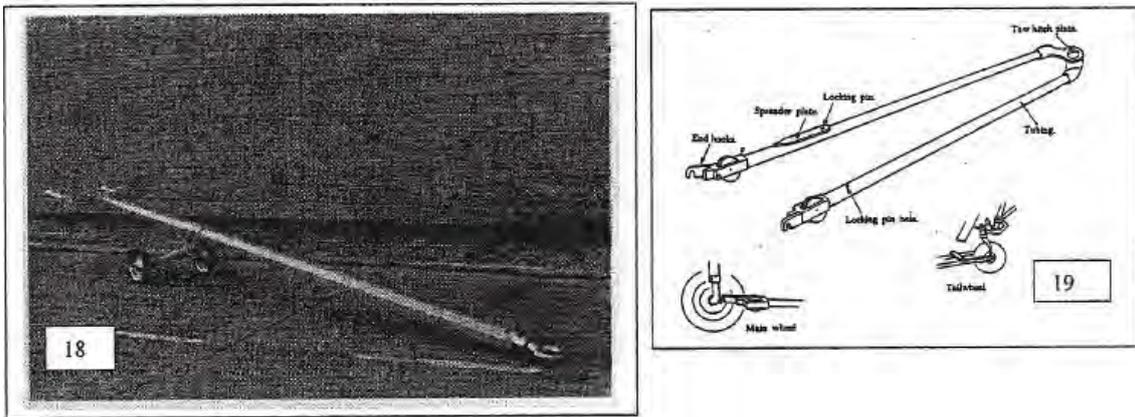
El movimiento de un avión grande en un aeropuerto desde la línea del vuelo hasta el hangar se realiza normalmente remolcando con un tractor del remolque (a veces llamó un "mula o remolcador"). En el caso de un avión pequeño, la mayoría de los movimientos se realizan a mano, empujando sobre ciertas partes de la superficie de la aeronave. La aeronave se puede llevar también carreando por la pista de aparcamiento, por personal cualificado.

Remolcando de Avión

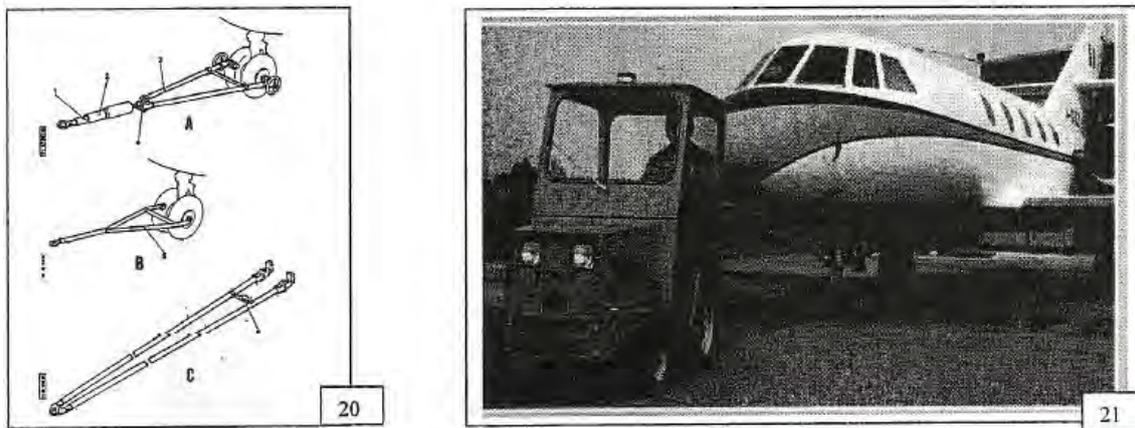
Remolcando el avión pueden ser una tarea arriesgada, pudiendo causar daño a las aeronaves y lesiones al personal, si esta tarea no se realiza con la máxima precaución y tomando todas las medidas de seguridad. Los siguientes párrafos, indican los procedimientos generales para el remolcado de cualquier tipo de aeronaves; sin embargo, las instrucciones específicas para el

remolcado de una aeronave específica están detalladas en el manual de mantenimiento del fabricante, que son las que hay que seguir en todo momento.

Antes de que avión que va a ser remolcado se mueva, personal calificado debe estar en la cabina del piloto para operar los frenos en caso de que la barra del remolque falle o se desenganche. El avión puede ser detenido evitando así el posible daño que pueda causar.



Algunos tipos de barras del remolque se pueden utilizar para remolcar distintos tipos de aeronaves (figuras 18 y 19). Estas barras se diseñan con la suficiente fuerza tensora para tirar de la aeronave pero no se diseñan para soportar esfuerzos de corte o de retorcimiento. (Torsional or Twisting load). Aunque muchas barras tienen pequeñas ruedas que las permiten ser remolcadas detrás de los tractores de remolque, estas sufrirán menos desgaste, si se llevan sobre el tractor, hasta que se enganchen en la aeronave.

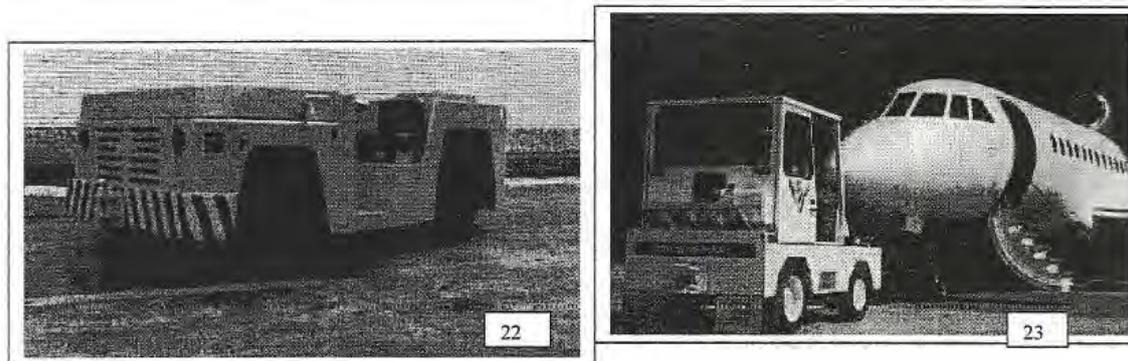


Algunas barras del remolque se diseñan por remolcar varios tipos de aeronaves; sin embargo, hay otras que solamente pueden ser utilizadas en un determinado tipo de aeronave, estas barras están diseñadas por el fabricante de la aeronave.

Al remolcar el avión, la velocidad de vehículo de remolque debe ser razonable, y todas las personas implicadas en el funcionamiento debe de estar alerta.

Cuando el avión se detiene, los frenos del vehículo del remolque no debe utilizarse para detener el avión solamente, si no que el personal que está situado en la cabina de pilotaje, debe de

coordinarse con el personal que conduce el tractor para detener esta. Un tractor del remolque típico (o remolcador) se muestra en las figuras 21, 22, 23.

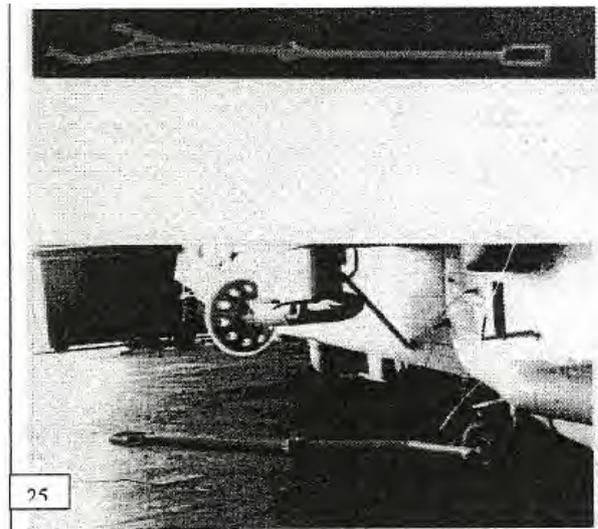


El sistema de enganche de la barra del remolque variará en los diferentes tipos de aeronaves. Las aeronaves equipadas con rueda de cola generalmente se remolcan desde adelante conectando la barra de remolque, al tractor y al tren de aterrizaje principal. En la mayoría de los casos es aconsejable remolcar el avión en marcha atrás, conectando la barra del remolque al eje de la rueda de cola Figura 24. Cuando una aeronave se remolca de esta manera, la rueda de cola debe de estar desbloqueada, para evitar que el sistema de bloqueo se pueda romper o dañar.



Avión equipado con el tren de aterrizaje del triciclo generalmente se remolca hacia adelante conectando una barra del remolque al eje de la rueda de morro Figura 26. Este tipo de aeronaves, pueden remolcarse hacia atrás sujetando un cable de remolque o una barra del remolque especialmente diseñada desde el tractor de remolque hasta el tren de aterrizaje principal. Cuando un avión se remolca de esta manera, una barra de dirección se sujeta a la rueda de morro para dirigir el avión Figura 25

Los procedimientos de remolcado y aparcamiento siguientes, son típicos de un modelo de operación. Ellos son los ejemplos, y no necesariamente son validos para todos los tipos de aeronaves. El personal de remolcado y manejo en tierra de las aeronaves, debe de estar familiarizado, con todos los procedimientos que se utilizan con las aeronaves que se remolca. Solamente el personal autorizado, debe de realizar las tareas de remolcado de las aeronaves.



1. El conductor de vehículo de remolque es el responsable de manejar el tractor de una manera segura, y debe de obedecer instantáneamente a las instrucciones de parada de emergencia dada por cualquier miembro del equipo de remolcado.
2. La persona responsable del equipo de remolcado designara a dos personas para que observen que las punteras de las alas o las palas no golpeen con ningún obstáculo que se pueda encontrar en el camino de remolcado de la aeronave. Otra persona debe de encargarse de la cola del avión en el caso de que se realice el remolcado marcha atrás, o que el avión realice giros muy pronunciados.
3. Una persona cualificada debe ocupar el asiento del piloto del avión remolcado para observar y operar los frenos cuando se le requiera. Cuando sea necesario, otra persona cualificada se encargara de mantener el sistema hidráulico con la presión correcta.
4. La persona al cargo del funcionamiento del tractor de remolcado debe comprobar en el avión con rueda de morro direccional, que el sistema de bloqueo esta suelto.. El dispositivo de centrado se debe de bloquear una vez que la aeronave ha sido aparcada. El personal que este sentado en la cabina del piloto bajo ningún concepto debe de intentar accionar el sistema de dirección cuando la rueda esta conectada a la barra de remolcado.
5. Bajo ninguna circunstancia debe permitirse caminar entre el tractor de remolque y la aeronave, ni subirse en la barra de remolque cuando esta conectada a la aeronave. Por motivos de seguridad no esta permitido subir o bajar de una aeronave que este siendo remolcada cuando esta en movimiento.
6. La velocidad del tractor de remolque del avión no debe exceder, a la velocidad del personal que va caminando acompañando a la aeronave. Los motores de la aeronave no deben de estar funcionando cuando este en movimiento.
7. El sistema de freno de la aeronave debe de cargarse antes de cada operación de remolcado. La aeronave que tenga los frenos defectuosos, sólo debe remolcarse hasta la zona donde vallan a repararse estos, y el personal de tierra debe de estar preparado con los calzos para parar la aeronave en caso de emergencia. Los calzos deben estar inmediatamente disponibles en caso de una emergencia a lo largo de cualquier operación de remolcado.

8. Para evitar posibles lesiones al personal y causar daños en la aeronave durante la operación de remolcado, deben cerrarse las puertas de entrada, las escaleras de mano deben de estar plegadas, y los fiadores del tren de aterrizaje deben de estar instalados.
9. Antes de realizar el remolcado de la aeronave, comprobar que los neumáticos del tren de aterrizaje, están con la presión correcta.
10. Cuando se mueve la aeronave, no arrancar ni detenerse bruscamente. Para mayor seguridad, nunca hay que operar los frenos de la aeronave durante el remolcado, excepto en las emergencias, y solamente cuando se lo indique un miembro del equipo de remolcado.
11. La aeronave sólo debe estacionarse en las áreas especificadas. Generalmente, la distancia entre las filas de las aeronaves estacionadas debe ser bastante grande para permitir el acceso inmediato de vehículos de emergencia en caso de incendio, así como el movimiento libre de vehículos de equipamiento y apoyo en tierra.
12. Deben ponerse los calzos delante y detrás de las ruedas del tren de aterrizaje principal de la aeronave estacionada.
13. Los blocajes internos y externos de la aeronave, deben de estar colocados mientras ser este estacionando.
14. Antes de a cualquier movimiento de avión por pistas de aterrizaje o vías de carreteo, hay que avisar a la torre de control del aeropuerto en la frecuencia apropiada, y esperar la autorización de la misma.
15. Una aeronave, no debe estacionarse en un hangar sin conectarse con tierra estáticamente inmediatamente.

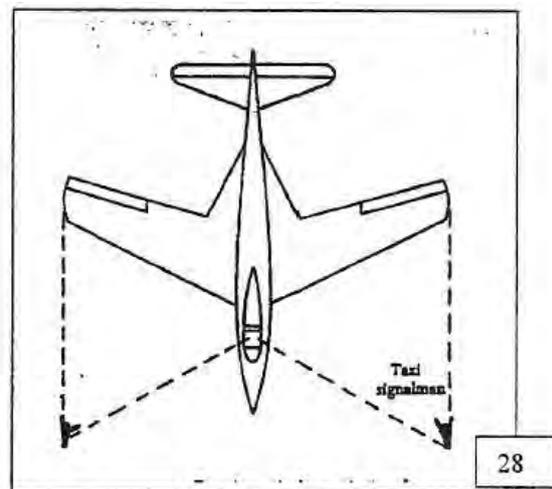
Carreteo de las Aeronaves.

Como una regla general, solamente los pilotos, y el personal de motores y célula cualificados (T.M.A.) están autorizados a arrancar, motorizar y carretear los aviones. Todas las operaciones de carreteo de las aeronaves, se deben de realizar de acuerdo a las regulaciones locales de cada país.

Señales para el carreteo

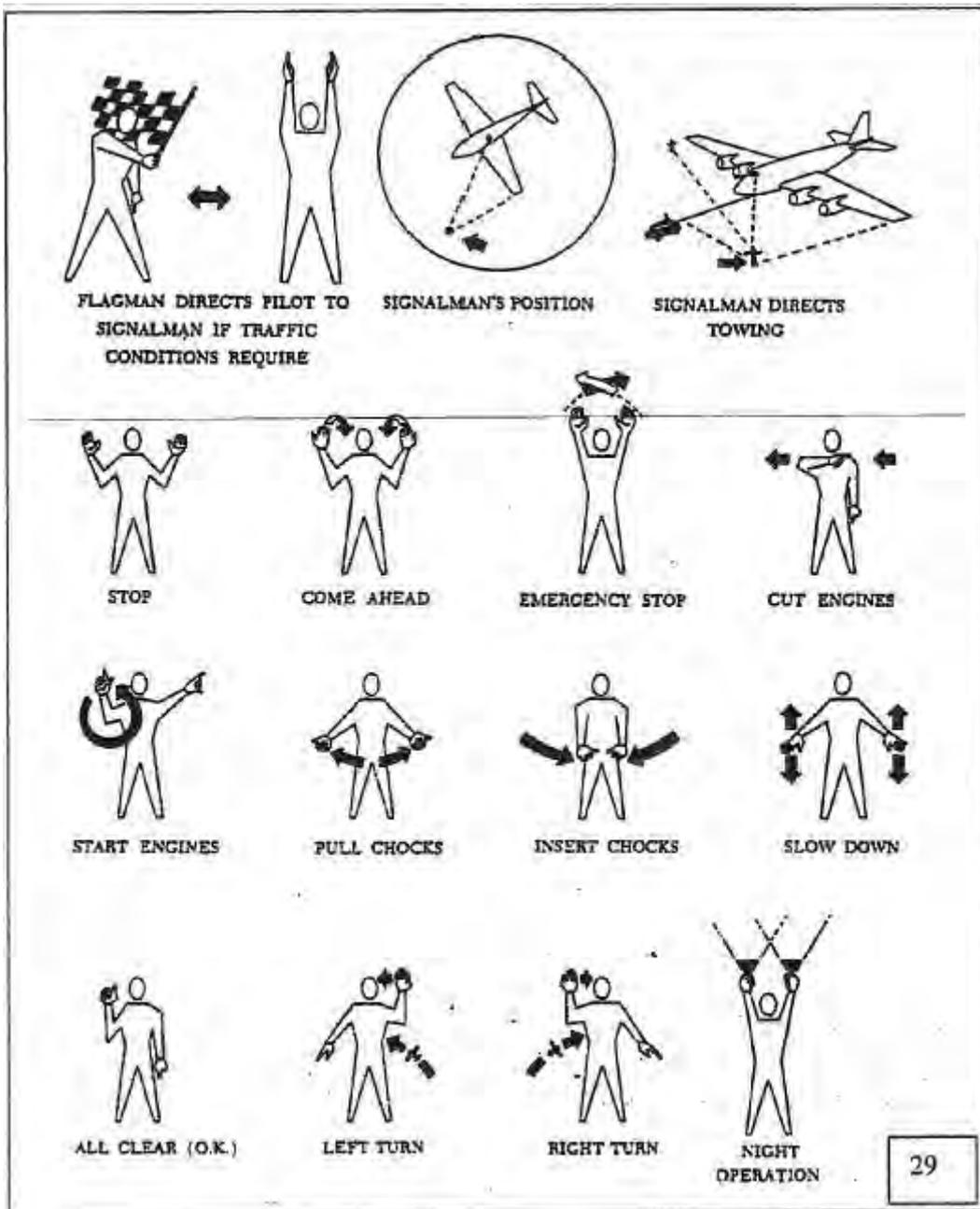
Muchos de los accidentes que ocurren en tierra son como resultado de una técnica inapropiada en el carreteo de la aeronave. Aunque el piloto es finalmente el responsable de la aeronave hasta que los motores están parados, un señalero le puede ayudar a dirigir la aeronave en tierra al lugar correcto. En algunas configuraciones del avión, la visión del piloto es bastante deficiente y no puede ver obstrucciones que se encuentren debajo de las alas o cerca del tren de aterrizaje y tiene poca idea de lo que está detrás de él. Por consiguiente, él depende del señalero para las direcciones que debe de seguir. Figura 27 muestras un señalero que indica su disposición para asumir la conducción del avión, extendiendo ambos brazos sobre su cabeza, con las palmas de las manos enfrentadas.

La posición normal para un señalero, es ligeramente delante de y en la línea con el borde de marginal izquierdo del avión. Como el señalero mira hacia la aeronave, la nariz del avión esta a su izquierda (figura 28) . Él debe quedarse bastante lejos delante del borde marginal del ala para que el piloto pueda verlo fácilmente. Él debe estar seguro de que el piloto entienda sus señales, Si el señalero puede ver los ojos del piloto, el piloto puede ver sus señales.



Los signos mostrados en figura 29 representan un número mínimo de los signos normalmente usados.

El señalero debe de ejecutar las señales de tal manera que el piloto no pueda confundir su significado. Debe recordarse que el piloto recibe las señales a cierta distancia y en algunos casos con un ángulo difícil. Así, las manos del señalero deben mantenerse bien separadas, y los signos deben ser exagerados, para evitar el riesgo de efectuar señales ininteligibles. Si hay cualquier duda sobre un signo, o si el piloto no parece estar siguiendo los signos, se debe de realizar la señal de parada "STOP" y comenzar de nuevo los signos.



Normalmente se hacen por la noche los signos de carreteo con la ayuda de linternas en las manos (figura 29). Los signos realizados por la noche son hecho las mismas señales que las que se realizan de día con la excepción del signo de la parada. El signo de la parada usado por la noche es la "parada de la emergencia". Esta señal consiste en cruzar las manos encima de la cabeza formando una "X".



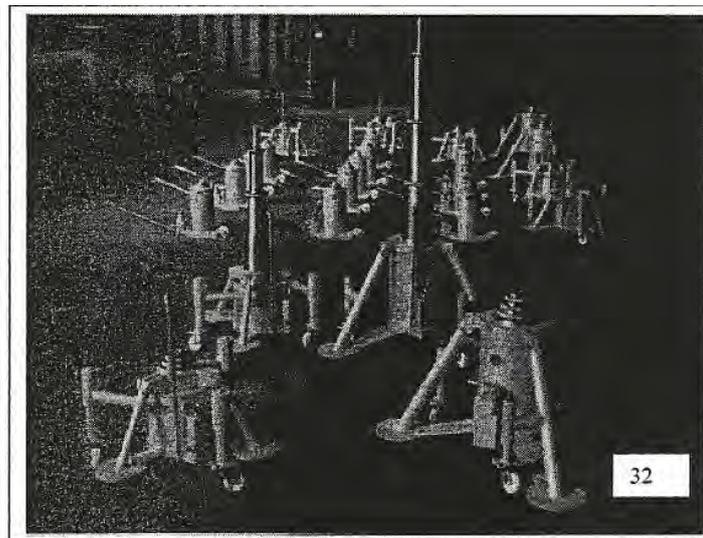
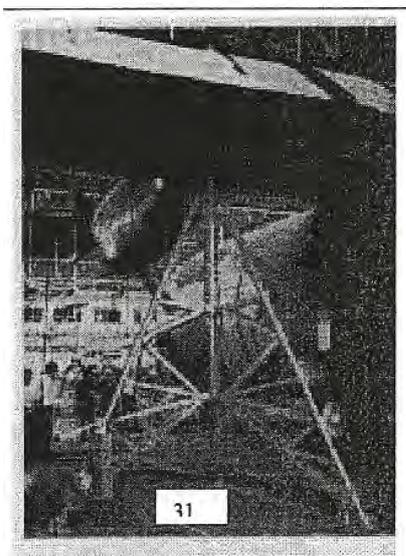
IZADO DE LAS AERONAVES

El técnico de la aviación debe estar familiarizado con los métodos de izado de las aeronaves para realizar el mantenimiento e inspección. Debido a que los procedimientos de izado y las medidas de seguridad varían para los diferentes tipos de avión, solamente se verán los

procedimientos generales para el izado. Consultar las instrucciones de mantenimiento del fabricante de la aeronave para utilizar los procedimientos específicos para cada aeronave.

Los daños que se producen en la aeronave, y las lesiones que se producen en el personal se producen como consecuencia de descuidos producidos por el personal, o por utilizar procedimientos de izado erróneos. Como una medida de seguridad mas, hay que comprobar los útiles de izado que se van a utilizar para determinar la capacidad del levantamiento específica, funcionando apropiado de los pestillos de seguridad, y el estado general. Antes de levantar un avión en los gatos, todas las plataformas de trabajo y otros equipos auxiliares de mantenimiento, deben quitarse de debajo y cerca del avión. Nadie debe permanecer dentro del avión mientras está levantándose o está bajándose, a menos que los procedimientos de los manuales de mantenimiento requieran tal práctica por observar los instrumentos de nivelación del avión.

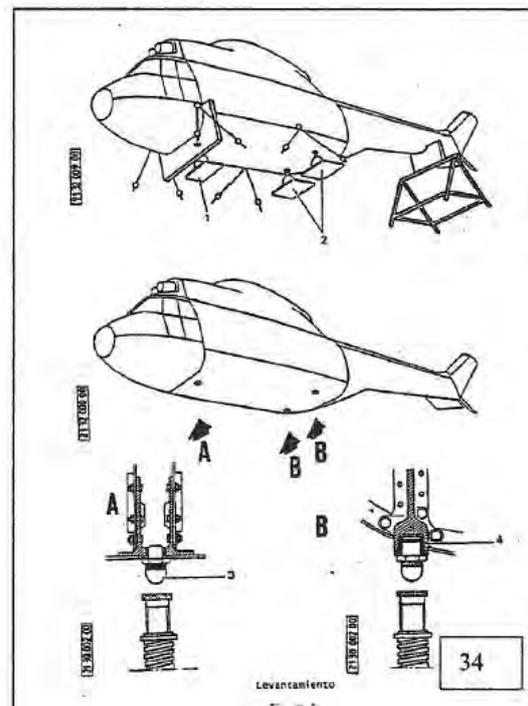
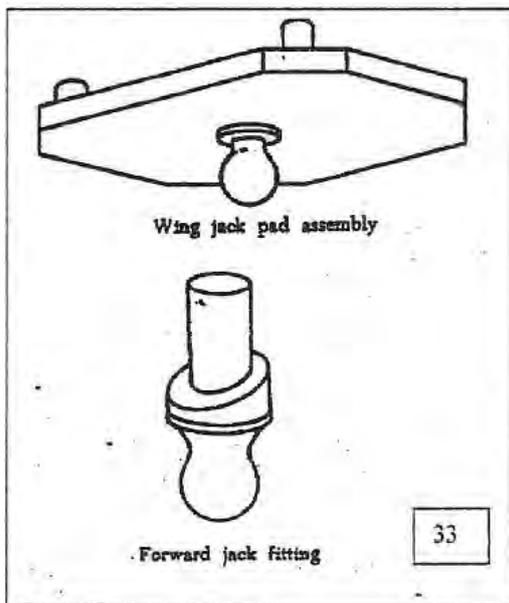
El avión a va a ser izado debe localizarse en un lugar nivelado, y bien protegido del viento, siempre que sea posible el izado de una aeronave se realizara en el interior de un hangar. En el manual de mantenimiento correspondiente a la aeronave que se va a levantar se indican donde están localizados los puntos de levantamiento. La localización de estos puntos está diseñada por el fabricante de la aeronave, de tal manera que se puede equilibrar (nivelar) está al levantarla sobre los gatos. En algunas aeronaves para conseguir el centrado hay que añadir peso en el morro o en la cola para conseguir su nivelado. Gatos de trípode similar al mostrado en las figuras 31 y 32 se utilizan para el izado completo de la aeronave.



Un gato como el representado en la figura 37 se emplea para elevar una rueda. Los gatos de izado deben de estar en perfecto estado de funcionamiento, cualquier gato que tenga una pérdida de liquido hidráulico, o no funcionen correctamente, nunca se deben de utilizar para el izado de la aeronave, hasta que no se reparen las deficiencias encontradas. Cada gato está diseñado para levantar un peso máximo, el cual nunca se debe de superar bajo ningún concepto.

LEVANTADO COMPLETO DE LA AERONAVE

Antes de alzar el avión, hay que realizar una comprobación general para determinar si se pueden producir daños tanto a la aeronave como a las personas. Hay que emplear los gatos de trípode apropiados para levantar la aeronave, colocándolos perfectamente centrados en los puntos de izado, para evitar que se puedan soltar cuando se está levantando esta. Comprobar la longitud de los gatos hidráulicos, para ver que ellos no interferirán con el funcionamiento de algún sistema después de que la aeronave esta levantada, como por ejemplo el replegado del tren de aterrizaje.

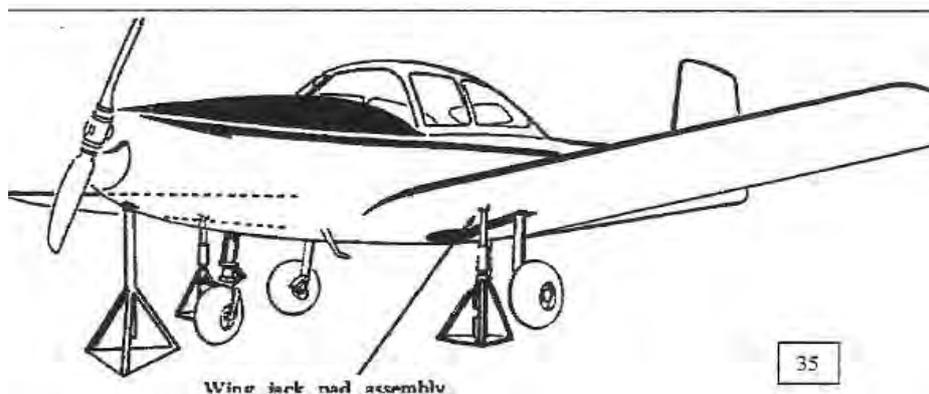


Por lo menos hay tres puntos de izado debajo de la aeronave, en algunas aeronaves hay un cuarto lugar el cual cumple la misión de estabilizar la aeronave mientras es izada por los otros tres puntos. Los dos lugares principales están en las alas, con uno más pequeño en el fuselaje cerca de la cola o la nariz, dependiendo del tren de aterrizaje que monte.

Muchas aeronaves tienen los adaptadores de izado (jack pad) acoplados en los puntos de izado. Otras tienen los adaptadores desmontables que se insertan en los puntos de izado roscándolos antes de que la aeronave sea izada. Un adaptador correcto se debe de emplear en todos los casos figuras 33 y 34.

Antes de colocar los gatos, determina si la configuración del avión permitirá el izado. Puede haber equipo o combustible que tienen que ser quitado para evitar un daño estructural serio durante el izado. Si cualquier otro trabajo está en marcha en el avión, determina si cualquier panel estructural se ha desmontado. En algún avión los paneles estructurales, y los registros deben de estar localizados en su lugar para evitar daños cuando el avión se levanta.,

Extender los gatos hasta que hagan contacto con los puntos de izado, comprobando que están perfectamente alineados. Realizar una comprobación final de un perfecto alineado antes del izado final debido a que la mayoría de los accidentes son consecuencia de una mala alineación. Cuando el avión está listo para ser levantado, una persona debe estacionarse en cada gato. Los gatos se deben operar simultáneamente para mantener el avión tan nivelado como sea posible y evitar cargar excesivamente cualquiera de los gatos. Esto se consigue poniendo una persona delante del morro del avión para dar las instrucciones a los operarios que accionan los gatos. Figura 35 muestra un avión alzándose.



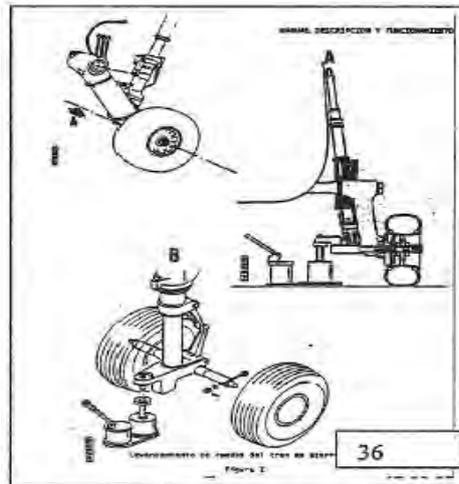
El área alrededor del avión debe de señalizar mientras el avión está en sobre gatos. Debe de evitarse lo más posible subirse al avión y en caso de que sea necesario el personal que este a bordo debe de evitar el realizar movimientos bruscos. Cualquiera cuna o los apoyos necesarios deben estar colocados debajo del fuselaje y las alas si el avión va a permanecer levantada durante mucho tiempo.

En los gatos hidráulicos equipados con anillo de seguridad, este debe de mantenerse roscado en el extremo superior mientras el gato se está levantando, y hay que roscarlo en la parte inferior del gato, cuando se ha finalizado de elevar, para evitar que el gato se repliegue por cualquier circunstancia.

Antes de soltar la presión del gato y bajar el avión, comprobar que todas las estanterías, plataformas de trabajo, equipo de apoyo en tierra y personal no estén colocadas debajo del avión, que el tren de aterrizaje está extraído y asegurado

Izado de la Aeronave de una rueda.

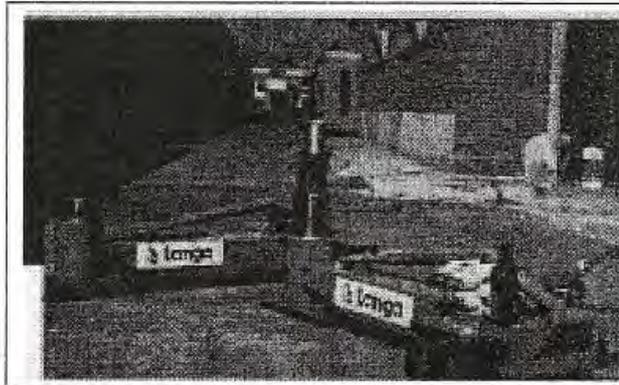
Cuando solamente hay que levantar una rueda de la aeronave, para cambiar el neumático, o engrasar los cojinetes, se utiliza un gato pequeño, como el de la figura 37. Antes de levantar la rueda, las ruedas restantes deben de calzarse por delante y por detrás, para evitar que la aeronave se mueva. Si el avión está provisto de una rueda de cola, esta se debe de fijarse. La rueda sólo debe de levantarse lo necesario para poder realizar el trabajo específico.



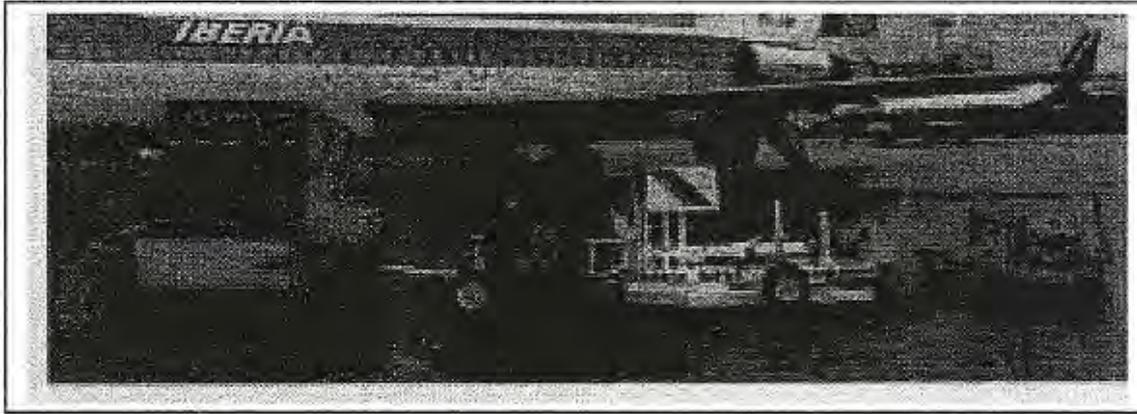
37



38 Gatos Rhino



39 Gatos Tipo Cocodrilo



40 Carro para cambio de frenos y ruedas

SUGERENCIAS PARA TIEMPO FRÍO

Cuando un avión va a estar expuesto a unas condiciones de frío extremas, y va a estar estacionado por un periodo de tiempo bastante largo, se deben' de tomar una serie de cuidados, para prepararlo para el invierno. Hay que colocar todas las fundas de motor, entradas del aire acondicionado, fundas del tubo pitot, de estático, y todas aquellas necesarias para evitar las acumulaciones de hielo y nieve. Todas las fundas, cubiertas y tapas deben de tener una cinta roja de señalización que debe de ser visible para evitar que el avión salga a volar con alguna tapa puesta.

En los aviones, los flaps y los spoiler se deben de retraer, en los aviones con los estabilizadores horizontales movibles, estos se deben de colocarse aproximadamente a cero. Todos los sistemas de agua potable y aguas residuales se deben de drenar, y se deben de rellenar con liquido anticongelante cuando sea posible.

Si un avión será estacionado para un periodo largo de tiempo, hay que dejar una ventana parcialmente abierta, esto permitirá circulación del aire dentro y evitara la congelación de las ventanas. La manera mejor de quitar la nieve es barrerla tanto como sea posible. Un cepillo o escoba pueden usarse en el ala y en las superficies de la cola. Hay que evitar dañar los generadores de vórtices en las aeronaves que los tienen.

Una cierta cantidad de nieve puede helarse en el avión aparece y que no puede cepillarse. Es importante que todas las superficies estén completamente libres del hielo, nieve, o escarcha antes del despegue.

Para quitar el hielo de las alas y el fuselaje se utilizan equipos de rociado de agua caliente y líquidos antihielo. El compuesto recomendado para él uso comercial es MIL-A-8243A. Está compuesto de alcohol metílico, y Glicol en una proporción aproximada de 3:1, con un inhibidor de corrosión, más un agente químico que reduce la tensión superficial y facilita la mezcla de los líquidos, y estabiliza la solución. Tiene baja toxicidad, no causa daño a los metales del avión, y no ataca a la mayoría de los plásticos, pintura, o caucho.

Si se usa el aire caliente para el deshielo de las superficies, en particular los gases de escape de una unidad auxiliar de potencia, las superficies de la piel no se deben de sobrecalentar. Un flujo grande de aire caliente es más eficaz que un chorro fuerte de aire caliente. Cualquier temperatura por debajo del punto de ebullición del agua es válida.

Comprobar que todas las válvulas de drenaje, sumidero del depósito de aceite, drenajes de aceite, filtros de combustible, líneas de ventilación, y bisagras y superficies de mando tanto principales como auxiliares, están limpias de hielo o nieve dura. Comprobar que todo el equipo de antihielo funciona correctamente.

El uso de un calentador externo para el aceite de los motores está permitido en temperaturas por debajo del 0° C. Si un calentador no está disponible para calentar el aceite, el aceite puede sacarse del sistema, calentarse, y luego introducirse de nuevo en el circuito.

Cuando se arranca un motor alternativo en condiciones de bajas temperaturas, hay que intentar arrancar al primer intento, para evitar la formación de hielo en las bujías, si el hielo se forma en las bujías, desmontar estas, calentarlas y después montar de nuevo.

En el tiempo muy helado, se puede formar en las hélices mientras el motor se está calentando.

Usando el antihielo de la hélice (si está montado) durante el calentamiento elimina la formación de hielo. En tiempo frío debe de ser más fácil arrancar un motor de turbina que arrancar un motor alternativo. Los motores de turbina no requieren la dilución del aceite, el cebado del combustible, ni un lento proceso de calentado del motor.

En los motores de turbina hay que comprobar que no se ha formado hielo en las ruedas del compresor, esto es especialmente importante en cuando el motor se para en condiciones de lluvia o nieve. Hay que tener especial cuidado cuando se arranca los motores si hay hielo en el suelo, los calzos de las ruedas se pueden soltar muy fácilmente, y una vez en movimiento la aeronave, es muy difícil de parar.

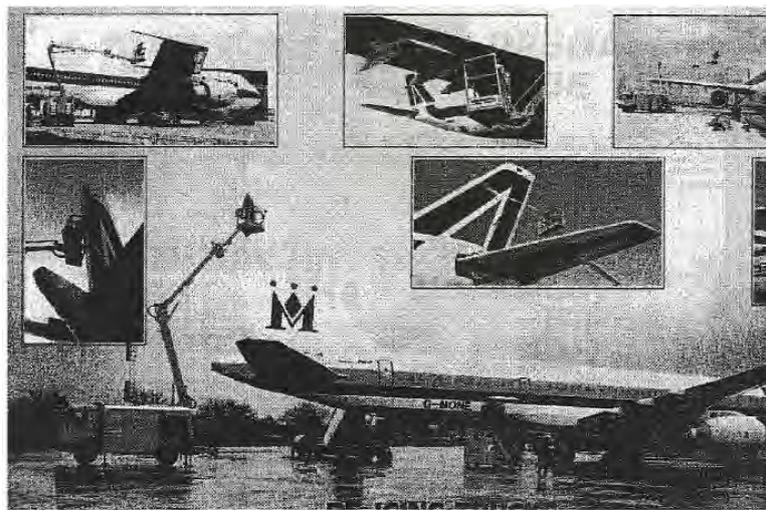
Después de un vuelo, el aceite del sistema de lubricación del motor, se debe de diluir antes de parar en los motores alternativos equipados con este sistema, si se sospecha que la temperatura ambiente está cerca o por debajo de los cero grados cuando se realice el próximo arranque.

Cuando sea necesario diluir el aceite, consulte las instrucciones del fabricante del motor. Estas instrucciones deben de seguirse estrictamente de otra manera el motor puede resultar dañado.

Cuando se reposten las aeronaves en condiciones de bajas temperaturas, los depósitos de combustible deben dejarse de un 3 a 5 por ciento aproximadamente por debajo de la capacidad máxima. Esto permite la expansión del combustible dentro de los depósitos en el caso de que el avión se introduzca dentro de un hangar antes del próximo vuelo. El combustible se expande aproximadamente 1 por ciento por cada 10° C. que aumente la temperatura. Si se llenan los depósitos de combustible a los niveles normales, a una temperatura de aproximadamente 0° C. a 10° C, y después se introduce la aeronave en el interior de un hangar caluroso (20° C), la expansión resultante del combustible inundará los depósitos de combustible rebosando el sobrante al exterior produciéndose un riesgo de incendio.

Los neumáticos del tren de aterrizaje se deben de inflar a la presión indicada por el fabricante, desechando una posible subida de presión por el aumento de la temperatura ambiente. Una rueda con una presión de inflado baja, puede causar un sobrecalentamiento del neumático, más que el que se produce por una sobrepresión producido por el aumento de las temperaturas. Si una rueda se congela en tierra, esta se debe de descongelar con aire o agua caliente, y movida del sitio, antes de que se vuelva a congelar.

La batería del avión no debe requerir una atención especial más que el servicio rutinario de la misma.



41

ELIMINACIÓN DE HIELO EN LAS AERONAVES.

Introducción

La operación del avión cuando existen condiciones meteorológicas adversas de intenso frío que dan lugar a nieve, hielo o escarcha, se traduce en una serie de inconvenientes, tanto desde el punto de vista de su manejo en tierra como la seguridad para el siguiente vuelo.

Básicamente los problemas son de tres tipos:

1. Los relacionados con el manejo del avión en tierra.
2. Los originados con un servicio que no origine daños en el avión.
3. Los relacionados con la seguridad del avión antes del próximo vuelo.

Todo ello puede dar lugar a retrasos e incluso cancelaciones de líneas, sin embargo un mantenimiento preventivo adecuado reducirá todo ello a un mínimo.

En esta sección solamente se dan instrucciones para suprimir el hielo de las distintas superficies, componentes y depósitos de combustible de la aeronave, así como, materiales y útiles recomendados en la operación de deshielo.

Equipos y Materiales.

Un depósito móvil para almacenar la mezcla de anticongelante, provisto de un calentador que permita alcanzar y mantener la mezcla a 85° C y de una bomba que permita rociar un gran volumen a una presión media. Las siguientes capacidades son indicativas: Desde 140 GPM y 120 psi a 60 GPM y 150 psi. Irá asimismo provisto de una plataforma móvil que permita la accesibilidad de todos los puntos del avión.

Cepillos de mango largo.

Para el deshielo del avión se pueden utilizar cualquier producto que cumpla la norma MIL-A-8243 A debiéndose utilizar preferentemente el siguiente líquido anticongelante:

"MEZCLA DE GLICOLES: INTA 157314"

A partir del líquido anticongelante, la mezcla anticongelante se formará de acuerdo a la siguiente tabla, añadiendo agua y calentando la mezcla a 85° C.

| Temperatura Ambiente °C | % de líquido anticongelante (en Volumen) | % de Agua (en volumen) | Punto de congelación Mezcla °C |
|----------------------------|--|------------------------|--------------------------------|
| -1° C y sup ^(*) | 20 | 80 | -9 |
| -6 | 30 | 70 | -20 |
| -12 | 40 | 60 | -23 |
| -18 | 45 | 55 | -29 |
| -23 | 50 | 50 | -34 |
| -29 | 55 | 45 | -43 |
| -34 | 60 | 40 | -48 |
| -29 | 55 | 45 | -43 |

Supresión del Hielo.

Cuando se produzcan condiciones de hielo o escarcha a nivel del suelo, se deben de inspeccionar el avión completamente para ver si hay superficies heladas, mecanismos y controles agarrotados, orificios taponados, componentes del tren helados o conductos de entrada y salida de aire tanto de avión como de motor obstruidos por la nieve y el hielo.

Todo el avión debe de encontrarse libre de hielo antes de despegar y especialmente las superficies de control, Tabs, cavidades de equilibrado, etc.

Supresión de Hielo en el Fuselaje.

El hielo acumulado en el fuselaje puede ser suprimido utilizando una fuente de aire caliente a presión.

1. Aplicar el chorro empezando por la parte superior del fuselaje, barriendo simultáneamente el agua para evitar que se acumule en la parte inferior y se hiele.
2. Pasar el chorro por todo el fuselaje evitando el dirigirlo cerca de las ventanas, ya que la alta temperatura podría agrietarlas y romperlas al estar estas frías.

No utilizar herramientas para quitar el hielo o la nieve dura, bien sea raspando, golpeando, etc. Ya que esto daría lugar a daños importantes en el revestimiento.
No utilizar alcohol isopropílico porque causaría grietas en las ventanas y desplazaría el líquido repelente de los parabrisas.

Supresión de Hielo sobre las Alas, Empenaje, y Tren de Aterrizaje.

Se puede utilizar una fuente de aire caliente a presión o bien una aplicación de mezcla anticongelante previamente calentada.

Cuando existan condiciones propicias a la formación de hielo, rociar una capa de líquido anticongelante sobre las ruedas, frenos, poleas, y cables del sistema de dirección del tren de morro expuestas a la intemperie, teniendo cuidado de que no penetre en los cojinetes. Esto retardará o impedirá la formación de hielo.

Aplicar también espray FREKOTE 33 ó MS-122 en los marcos de las puertas de carga del DC-10, excepto en la parte superior. En el Dc-10 situar el indicador de posición del estabilizador horizontal en la posición "0" Neutral.

Dirigir el chorro de aire a todas las zonas afectadas, cuidando de no dañar las zonas pintadas, gomas, tubos flexibles, paneles acrílicos o de fibra de vidrio y en la zona del tren, las líneas hidráulicas y partes lubricadas en las que podría tener resultados nocivos el excesivo calor.

En las cavidades de equilibrado de superficies de vuelo se aplicará el chorro hasta que desaparezca el agua de fusión.

Si se utiliza el rociador de mezcla anticongelante parar el APU y cerrar la puerta de salida de gases (Aviones que lleven APU).

Aplicar la mezcla anticongelante previamente calentada, rodándola sobre las partes heladas.

Evitar que se introduzca en las entradas de aire del APU, motores o aire acondicionado, o que se acumule sobre la puerta de salida de gases de los motores, ya que podría dar lugar a un incendio durante el arranque.

No aplicar cantidades excesivas de anticongelante.

Barrer el agua de fusión de la superficie a medida que se vaya formando, siempre hacia delante y los extremos laterales. Nunca hacia atrás.

Una vez descongeladas alas, empenaje, inspeccionar las cavidades de equilibrado y cerciorarse de que no queda hielo y que los orificios de drenaje están despejados. De no ser así, aplicar mezcla anticongelante hasta que desaparezca totalmente.

Colocar nuevamente el indicador del estabilizador horizontal del DC-10 en +2 grados de la banda verde.

Supresión de Hielo en los Depósitos.

Normalmente el combustible de los depósitos, tiene un pequeño porcentaje de agua que puede haberse introducido por diversos procedimientos. La solubilidad del agua en el combustible es menor a medida que desciende la temperatura, con lo cual si la temperatura es baja, tendremos casi todo el agua del depósito separada del combustible, y depositada en el fondo, debido a su mayor densidad. Esto hace que cuando se dan condiciones de hielo, se congele en los sumideros e impida el drenaje de los depósitos.

Drenar los depósitos si se aprecia falta total o parcial de flujo, aplicar aire caliente /a prueba de explosión) en la parte inferior del ala, donde se encuentran los sumideros.

El aire aplicado no podrá tener una temperatura superior a 90° C.

Seguir aplicando calor hasta que todo el hielo se haya fundido y el flujo sea normal. Analizar las muestras del fluido obtenido y seguir drenando hasta que se encuentre libre de agua.

Puesta en Servicio del Avión

Una vez completadas las acciones de mantenimiento descritas en los puntos anteriores y antes de despachar el avión, se deberá realizar las siguientes operaciones:

1. Después de quitado el hielo, mover a mano todas las superficies de mando a lo largo de su recorrido completo, incluidos las aletas (tabs) de control y equilibrado. Si se encontrara resistencia detener el movimiento y proceder a deshelar la parte afectada.
2. Realizar una prueba operacional de mandos de vuelo.
3. Quitar las tapas de los motores y comprobar si hay hielo o nieve en el interior. Si fuera así, dirigir el chorro de aire caliente para eliminarlo, hasta que todo el agua se haya evaporado.
4. Mover el rotor a mano en la dirección de rotación, y comprobar que gira libremente.
5. Limpiar todas las zonas de entrada y salida de motores y APU de restos de líquido anticongelante.
6. Comprobar que todos los orificios de drenaje están libres.

**TEMA XVIII
TÉCNICAS DE
DESMONTAJE,
INSPECCIÓN,
REPARACIÓN
Y
MONTAJE.**

TÉCNICAS DE DESMONTAJE, INSPECCIÓN, REPARACIÓN Y MONTAJE.

1.- DOCUMENTACIÓN A CONSULTAR.

Todas las tareas de mantenimiento deberá realizarlas personal cualificado, siguiendo los métodos, técnicas, normas e instrucciones especificados en los datos de mantenimiento mencionados en la Norma. Además, se realizará una inspección independiente después de cualquier tarea de mantenimiento sensible para la seguridad, a menos que se especifique otra cosa en la parte 145 o de su conformidad la autoridad competente.

Deberá realizarse (las tareas) utilizando las herramientas, equipos y materiales especificados en los datos de mantenimiento. Cuando sea necesario, las herramientas y equipos se deberán controlar y calibrar conforme a una norma reconocida oficialmente.

La zona en la que se llevan a cabo las tareas de mantenimiento estará bien organizada y limpia de suciedad y contaminación.

Deberán realizarse (las tareas) respetando las limitaciones ambientales especificadas en los datos de mantenimiento (NORMA).

En caso de inclemencias meteorológicas o de trabajos de mantenimiento de larga duración, se utilizaran instalaciones apropiadas.

Después de completarse todas las tareas de mantenimiento, debe realizarse una verificación general para garantizar que en la aeronave o componente no haya herramientas, equipos u otros componentes o material ajeno, y que se hayan vuelto a instalar todos los paneles de acceso que se hubieran quitado.

En el momento de finalizar todas las tareas requeridas de mantenimiento de un elemento, de acuerdo con la Norma, se expedirá un certificado de aptitud para el servicio de acuerdo (formulario EASA 1), con la excepción descrita en la Norma 2042/2003.

2.- INVESTIGACIÓN DE AVERIAS.

Como consecuencia de la experiencia adquirida con el paso del tiempo, y de las pruebas a que son sometidas las aeronaves debido a su uso y empleo, lo cual, lleva implícito un mantenimiento de éstas (aeronaves), tanto preventivo como correctivo, por ello como parte integrante del mantenimiento, debemos llevar a cabo una serie de investigación de averías (troubleshooting) para mejora de éste.

Existen manuales específicos (TM 55-1520-240-T), o bien, se tratan estos síntomas o averías, en cada ATA o capítulo específico de los conjuntos principales (XMSN, CABEZA R/P, TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO AL R/C) o bien en subconjuntos de estos (Eje de Potencia, Drive Tfair System).

Vamos a centrarnos sobre un manual específico de averías para ver la estructura de una

INVESTIGACIÓN DE AVERIAS.

3.- CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA.

Durante el proceso de realizar cualquier tarea de mantenimiento deberemos tener en cuenta una serie de aclaraciones y advertencias, como:

-WARNING: Un procedimiento que si no es seguido correctamente, puede provocar daños o pérdidas de vida.

-CAUTION: Un procedimiento que si no es observado estrictamente, acarreará daños o Destrucción del material.

-NOTE: Aclaraciones de procedimientos a tener en cuenta.

-CARGAS ESTÁTICAS: Conectar las tomas de masa de la aeronave cuando se este repostando, drenando combustible y cuando este aparcado.

-VOLTAJE (P) EN LA SALIDA DE LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS: Tener cuidado cuando se esté trabajando en circuitos de 150-300 v ce. o en el generador de corriente alterna 115-200 v.

-VOLTAJE (PELIGRO EXCESIVO) POSIBLE EN LOS TERMINALES POR LAS ANTENAS: Tener cuidado cuando se esté trabajando en los terminales de las antenas o en estas, ya que puede existir alto voltaje por radiofrecuencia, si están funcionando las transmisiones. Puede causar serias quemaduras.

-HUMOS TÓXICOS DE MONOXIDO DE CARBONO: Pueden estar presentes en el interior de la aeronave, debido al funcionamiento del a.p.u. o del motor.

-ELECTROLITO CORROSIVO DE LA BATERIA/A (HIDROXIDO POTASIO): Llevar e.p.i. (guantes, gafas, etc.) al manejar baterías con fugas. Si el hidróxido potasio cae sobre la ropa o las personas, lavar inmediatamente con agua limpia. Continuar lavando hasta que llegue la asistencia médica.

-ÁCIDOS Y ALCALINOS: No añadir agua a los ácidos. Resultara una acción violenta. Los ácidos se añadirán al agua en pequeñas cantidades. Evitar el contacto con la piel. Llevar e.p.i. lavar con agua.

-DISOLVENTES Y SOLUCIONES DE LIMPIEZA: Estos productos son normalmente tóxicos (tolueno, benceno, xylene, metil-etil-cetona, napttha) e inflamables. Trabajar en un área ventilada y libre de llamas. Evitar inhalar los gases y evitar el contacto prolongado con la piel. Llevar puesto el e.p.i. (lavar con agua).

-REPELENTE PARABRISAS: No exponer al calor de una llama, puede generarse gases mortales de fluorado de hidrogeno. Lavar las manos con agua y jabón después de usar el repelente.

-COMPONENTES ANTISEIZE: Algunos son irritantes, evitar respirar los gases y el contacto con la piel. Llevar e.p.i. (ropa). Lavarse después de usarlo.

-RESINAS EPOXI, ENDURECEDORES, PEGAMENTOS: Estos materiales pueden contener sustancias toxicas o irritantes y algunas inflamables. Trabajar en un área ventilada y libre de llamas. Llevar e.p.i. evitar el contacto con la piel. Lavar después de usar.

-RIESGO DE RADIACIÓN: Algunos instrumentos contienen material radioactivo. No intentar abrir estos instrumentos. No hay riesgo de radiación si no se rompe el sello. Si se sospecha que el sello está roto no quitar el instrumento de la aeronave, medir la radioactividad para determinar si ésta está presente (radio).

-RUIDO: Durante el funcionamiento normal de la aeronave, se excede los niveles de ruido definidos en un T.B. MED 21 (boletín técnico). Utilizar medios de protección auditiva (insonorizadores).

-FOD: Asegurarse que la zona donde se trabaja quede limpia de objetos, cerrando carenados, paneles, chapas cortafuegos. Si no está limpia, se puede dañar los componentes o sistemas o incluso a las personas.

-PRESIÓN HIDRÁULICO: Usando una presión alta de hidráulico, al realizar las pruebas de sus componentes, puede producir un fallo o la rotura de éstos. Sólo personal cualificado y que está familiarizado con los equipos de prueba los operará y los mantendrá. Llevar protecciones (gafas) de plástico resistente, 1/4 pulgada o más de espesor, cuando se esté aplicando una presión superior a 250 psi, para prevenirnos de daños.

-AIRE COMPRIMIDO: No usar presión de aire comprimido por encima de 30 psi para limpieza, pueden saltarnos esquirlas, trozos de material (llevar gafas de protección). Siempre usar presiones inferiores.

4.- PREPARACIÓN DE UNA TAREA DE MANTENIMIENTO (Procedimientos para aislar el fallo).

Cada procedimiento del "TROUBLESHOOTING" comienza con una información inicial "SETUP". Leerlo cuidadosamente antes de comenzar. Nos explica lo que debemos conocer y lo que necesitamos antes de comenzar el trabajo.

1. CONFIGURACIÓN APLICABLES

Nos dice a qué configuraciones (aeronaves) o la efectividad a la que es aplicable cada tarea.

2. TOOLS (ÚTILES ESPECIALES)

Si son necesarios útiles especiales para realizar las tareas, vienen especificados por una referencia (TXX) y por su nombre (equipos de prueba, contenedores, útiles fijación para manejo en tierra. Encontraremos estas referencias o bien, en un capítulo o ATA específico del Manual de mantenimiento (TM 55-1520-240-23); o bien, en un Manual Específico de útiles Especiales.

3. MATERIALES

Productos especiales (consumibles). Estos están identificados por un número (C/EXX) el cual está listado en el Manual de Mantenimiento.

4. PIEZAS

Nos indica las piezas nuevas que se requieren, tales como juntas packings, arandelas. Si no se necesitan, no vendrán indicadas en el encabezamiento.

5. PERSONAL REQUERIDO

Viene indicado entre paréntesis, si es más de uno el que debe de realizar la tarea.

6. REFERENCIAS.

Nos proporciona la localización de la información necesaria para reemplazar una pieza ó parte de un componente (tales cómo TM 55-1520-240-23)

7. CONDICIONES DE LOS EQUIPOS.

Los pasos ó procedimientos que deben ser hechos antes de empezar la tarea están listados y vienen dados, ó por TAREAS, ó por REFERENCIAS de Manuales Técnicos

8. INSTRUCCIONES GENERALES DE SEGURIDAD.

Son precauciones de seguridad que debemos de tener en cuenta a la hora de realizar la tarea. Los WARNING, incluyen instrucciones básicas de primeros auxilios.

9. LOCALIZADOR DE FIGURAS.

Nos muestra, sobre la aeronave, la zona dónde se realizará la tarea, con los componentes que vamos a trabajar, fuera de éste.

5.- REALIZACIÓN DE LA TAREA.

1.- La Comprobación Visual, es realizada para determinar si la causa del fallo del sistema se aprecia visualmente.

2.- La Comprobación Funcional del Sistema, la realizamos paso a paso para determinar su fallo. Continuaremos con estos pasos hasta que el síntoma sea confirmado en la columna

(RESULT)

3.- Los Procedimientos para aislar el fallo, son realizados para encontrar el problema específico en el sistema. Comenzamos con el primer bloque. Leerlo y contestar la pregunta.

Las respuestas siempre tienen como respuesta SI ó NO. Según lo que se conteste, seguir la dirección de la flecha hasta el siguiente bloque. Así, hasta identificar la CAUSA DEL FALLO

4.- Usar el esquema integrado durante el "TROUBLESHOOTING" para tener una vista de la conexión entre componentes y sistemas relacionados.

5.- Usar el diagrama eléctrico, cuando las instrucciones del "TROUBLESHOOTING" requiera pruebas eléctricas para aislar la causa del síntoma.

6.- Antes de empezar, leer la tarea entera, de tal forma que nos familiaricemos con el proceso completo.

7.- Prestar especial atención con los "WARNINGS", "CAUTION" y "NOTES".

8.- Cuando aparezca la palabra "INSPECT", un Responsable de Calidad (Inspector Técnico, Ingeniero) deberá realizar ó supervisar el paso.

9.- Tener en cuenta las abreviaturas, palabras especiales y términos usados en el Manual, vienen en un Glosario; y nos expresa su significado.

10.- Cuando utilizamos utillaje, tanto común, cómo especial; de una forma inusual, éste nos vendrá explicado (Tanto en figura cómo en texto)

11.- Cuando sea necesario utilizar Documentación Técnica adicional, vendrá reflejado en algún punto (Manual Prácticas Standard, Reparaciones, etc.)

12.- Cuadrícula con el Voltaje especificado, son valores nominales a menos que el rango venga dado. Estos valores nominales y su rango aceptable son los siguientes:

| <u>VOLTAJE NOMINAL</u> | <u>RANGO</u> |
|------------------------|--------------|
| 28V.D.C. | 24 a 30 |
| 26V.A.C. | 24 a 28 |
| 24 V. D.C. (BATERÍA) | 20 a 24 |
| 5 V. A.C. | 4 a 6 |
| 115V.A.C. | 110 a 120 |

13.- En caso de necesidad de añadir ó reemplazar cableado eléctrico, y los colores de los cables recibidos sean diferentes que el original; Etiquetaremos e identificaremos, con NUMERACIÓN, los cables antes de desconectarlo ó reemplazarlo.

6.- INSPECCIÓN VISUAL

6.1.- FUNDAMENTOS

La Inspección Visual, es un método de END (Ensayos No Destructivos) que permite detectar discontinuidades en la superficie de la pieza, para lo cuál, se ilumina adecuadamente el objeto a examinar, y se efectúa una observación detallada que permita discernir cualquier discontinuidad ó anomalía.

Es el Ensayo No Destructivo más utilizado, y lo es aún por personas no familiarizadas con los END. Las razones fundamentales son su sencillez, facilidad de utilización, rapidez de ejecución y la economía de su aplicación; y que siempre, deberemos emplear incluso si vamos a emplear cualquier tipo de END.

El principio básico en la Inspección Visual, consiste en iluminar el elemento a inspeccionar con luz (generalmente visible) inspeccionándolo a continuación, bien por visión ocular directa, bien por visión ocular utilizando medios auxiliares (lupas, microscopios, fibra óptica, etc.) ó por medios artificiales de visión (células ó captadores fotoeléctricos).

Las superficies a inspeccionar deben de estar iluminadas adecuadamente y sometidas previamente a un proceso de limpieza (desengrasado con acetona ó disolvente, hasta un chorreado con abrasivo).

6.2.-EL OJO HUMANO

El ojo humano presenta una notable falta de precisión, la visión que es variable en distintas circunstancias para una misma persona, y una diferencia más acusada de una a otra persona; debidas tanto al ojo en sí como al cerebro y al sistema nervioso.

Aunque podemos considerar que el ojo humano tiene una percepción visual excelente, es de fundamental importancia que la iluminación sea la adecuada a cada caso.

6.3.- MEDIOS AUXILIARES PARA LA INSPECCIÓN VISUAL.

Los medios auxiliares ópticos tales como espejos, lupas, microscopios, telescopios, etc. Proporcionan un medio para remediar las limitaciones de la agudeza visual del ojo humano, aumentando el tamaño de las discontinuidades objeto del examen; los proyectores de perfiles,

Permiten mejorar las condiciones de observación de piezas pequeñas; los endoscopios, permiten la inspección visual directa del interior de tubos, cavidades y superficies internas en general; los sistemas fotoeléctricos ó en general, los sensibles a la luz, permiten reemplazar la inspección visual directa, compensando posibles errores debido a la fatiga del inspector.

Es difícil decir cuál de estos medios es el que proporciona una ayuda más valiosa, ya que dependerá en cada caso de tipo de pieza o elemento a inspeccionar, así como las condiciones en que se realice el ensayo. A continuación haremos una descripción esquemática de los más importantes:

6.3.1.- LUPAS

Es la forma más simple del microscopio, sus aumentos suelen variar entre 1.5x y 10x, en su forma más sencilla, es una lente única generalmente biconvexa. Ala hora de elegir una lupa es importante tener en cuenta los factores:

- Aumentos.
- Distancia de Trabajo.
- Campo de visión
- Corrección cromática
- Visión monocular ó binocular.

Una lupa de muchos aumentos tiene una distancia de trabajo muy corta y campo de visión pequeño, lo que invalida para observación binocular.

6.3.2.- MICROSCOPIOS

Cuando es necesaria la observación de una superficie a más de 10 aumentos, se utilizan los microscopios.

Se utilizan para detectar y estudiar discontinuidades de muy pequeño tamaño (fisuras de fatiga). Podremos detectar y determinar cómo afecta a la estructura del material. Está limitado por el poder de resolución de las lentes, la utilización del microscopio electrónico permite mejorar notablemente este parámetro.

6.3.3- ENDOSCOPIOS

Son instrumentos especialmente concebidos para inspeccionar el interior de tubos de pequeño diámetro. Son de dos tipos:

6.3.3.1.- ENDOSCOPIOS RIGIDOS.

Son aparatos ópticos de precisión, que constan de un sistema complejo de lentes y prismas, a través del cuál, la luz se dirige al observador con gran eficacia. La fuente luminosa, se sitúa en la parte anterior del objetivo. Las imágenes más nítidas se obtienen con endoscopios de mayor diámetro y menos longitud (pérdidas de luz por transmisión)

6.3.3.2.- ENDOSCOPIOS FLEXIBLES.

Los grupos de prismas y lentes situados entre el objetivo y el ocular, son reemplazados por un haz de fibras ópticas. Su principal característica es la "flexibilidad".

En los dos tipos se suele utilizar como fuente luminosa, la luz de una lámpara de tipo "frío" transmitida a través de un haz de fibras ópticas.

Existen accesorios que permiten conectar a los oculares una pequeña cámara de televisión, lo que posibilita el registro magnético de la inspección.

6.3.4.-OTROS MEDIOS

Hay un número considerable de medios auxiliares para la Inspección Visual, como pueden ser los espejos, proyectores de perfiles, galgas de forma o dimensionales, cámaras de televisión en miniatura, células fotoeléctricas, elementos fotoemisivos.

Con la Inspección Visual debemos de ser escrupulosos a la hora de llevarla a cabo, nos dará un informe veraz sobre el estado de la pieza, aumentando su calidad y fiabilidad.

6.4.- DEFECTOLOGIA. DEFECTOS

6.4.1. INTRODUCCIÓN.

La Defectología, es una forma racional y científica de denominar los defectos que conllevan las piezas. Las clasificaciones, tipos y grados de defectos, permiten establecer criterios de distinción entre ellos. La asignación de los mismos, faculta al "interpretador" ó "inspector de calidad", la viabilidad de decidir sobre la funcionalidad o serviciabilidad del producto ó de la pieza para lo cual ha sido diseñada.

La Defectología tiende a discernir entre "DEFECTO" y "NO CONFORMIDAD", cuya diferencia estriba entre la falta de cumplimiento de los requisitos de utilización previstos y los especificados. Según éstos, hay dos categorías básicas de defectos:

- Defectos Estructurales.
- Defectos Funcionales.

6.4.2.- NOCIONES SOBRE DEFECTOS.

6.4.2.2.1.- NO CONFORMIDAD. La definiremos como la falta de cumplimiento de los requisitos especificados, comprendiendo las desviaciones o la ausencia de una o de varias de las características de calidad respecto a los requisitos especificados.

6.4.2.2.2.- DEFECTO. Lo definiremos como la falta de cumplimiento de los requisitos de utilización previstos, comprendiendo las desviaciones ó la ausencia de una ó de varias de las características de calidad respecto a los requisitos de utilización previstos.

La diferencia esencial entre "NO CONFORMIDAD" y "DEFECTO", consiste en que los requisitos especificados pueden ser distintos de los requeridos para la utilización prevista.

6.4.2.2.3.- ESPECIFICACIÓN. Lo definiremos como el documento que establece los requisitos con los que un producto o servicio, debe de estar conforme. Dicho documento debe de indicar igualmente los medios y criterios según los cuáles puede comprobarse la conformidad.

6.4.2.2.4.- INSPECCIÓN. Determinaremos como "inspección", la acción de medir, examinar, ensayar ó verificar una o varias características de un producto o servicio y de compararla con los requisitos especificados con el fin de establecer su conformidad. **6.4.2.2.5.- DEFECTO CRÍTICO.** Precisaremos como defecto critico, a las desviaciones o ausencia de una o varias características de calidad especificada que afecta de forma directa a la integridad o seguridad de personas o materiales. (GRIETA)

6.4.2.2.6.- DEFECTO NO CRÍTICO. Concretaremos como defecto no crítico, a las desviaciones o ausencia de una o varias características de calidad especificada que afecta al funcionamiento del producto y no implica necesariamente su inservibilidad absoluta.

Los productos con defectos críticos "NO" pueden ser utilizados. Durante el proceso de Inspección, serán rechazados.

Los productos con defectos no críticos podrán ser aceptados con limitaciones, o bien reparados, o con limitaciones; en función de los requerimientos establecidos en la especificación.

Los criterios de aceptación y rechazo, están perfectamente definidos en la especificación. Los productos que se deseen reparar estarán supeditados a los costes económicos de la reparación.

6.4.3.- CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS

Se agrupan principalmente en Estructurales y Funcionales.

6.4.3.3.1.- DEFECTOS ESTRUCTURALES. Son aquellos que afectan a la estructura y composición de los materiales. Están ligados a la "Composición Química" de los materiales y a sus estados cristalinos, debido a los "tratamientos" fisico-químicos que afectan a la resistencia mecánica de los mismos a través, de estructuras moleculares.

Todo material metálico tiene unida a su composición las características de: RESISTENCIA MECÁNICA, MEDIO-AMBIENTAL y RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.

Un tratamiento inadecuado surte el efecto contrario para las características mecánicas o químicas. El estado final del material puede comprobarse por medio de "Ensayos Destructivos", Comprobación de dureza, Torsión, Tracción, Resistencia al Choque.

Una o varias carencias de las características de los materiales permitirán desarrollarse como defecto evidente. Estos son susceptibles de ser detectados por "Ensayos No Destructivos" tales como ultrasonidos, corrientes inducidas

6.4.3.3.2.- DEFECTOS FUNCIONALES. Son aquellos que afectan a la utilización funcional de conjuntos en los que los materiales defectuosos van montados. Estos pueden ser intrínsecos y son divididos en: INHERENTES, DE PROCESO, DE SERVICIO.

6.4.3.3.2.1.- DEFECTOS INHERENTES. Son aquellos que se generan al obtener la materia prima durante los diferentes procesos a que son sometidos. Son habitualmente producidos durante los procesos de fusión y solidificación en la producción (manipulación del metal fundido).

GRIETAS.- Producidas por las tensiones internas en la solidificación del material y son debidas a las desigualdades de las velocidades de enfriamiento. Se localizan tanto en la superficie como en el interior.

6.4.3.3.2.2.- DEFECTOS DE PROCESO. Son aquellos que se producen durante la transformación de la materia prima en productos semielaborados y/o terminados. Se dividen en:

6.4.3.3.2.2.1.- PRIMARIOS. Se desarrollan durante la aplicación de procesos de fundición, Forja, etc. Tienen su origen en los defectos inherentes que son modificados en su contenido y forma. Otros, como consecuencia de operaciones inadecuadas de utillaje, maquinaria y forma de ejecución.

6.4.3.3.2.2.2.- DE ACABADO. Se producen en el mecanizado de las piezas con herramientas de corte, operaciones de rectificado, soldadura, tratamientos térmicos, tratamientos químicos superficiales.

6.4.3.3.2.3.- DEFECTOS DE SERVICIO. También llamados como "defectos de montaje ó servicio". Son generados durante el ensamblaje de componentes y/o en su funcionamiento. Son los propiamente denominados "defectos funcionales". El principal defecto "Grieta de Fatiga", es generado por una inadecuada distribución de los esfuerzos, propia debilidad del material, vibraciones y corrosiones, tanto intergranulares como bajo tensiones. Se inician en la superficie, progresando hacia el interior; se presenta como:

- Grieta de fatiga dinámica.
- Grietas de sobrecarga
- Picaduras de corrosión
- Exfoliaciones por corrosión bajo tensión
- Corrosión intergranular.

GRIETA, llamada también fisura. Es la fractura ó rotura, habitualmente en forma de "V" y relativamente estrecha y profunda.

CORROSIÓN, es el deterioro de los materiales metálicos, con eliminación o arranque de material, por ataque químico o electroquímico.

6.5.- PROGRAMA DE CONTROL DE ENVEJECIMIENTO, FATIGA, CORROSIÓN Y SU CONTROL.

6.5.1.- INTRODUCCIÓN

Los efectos destructivos de la corrosión son conocidos, tienen una notable y negativa influencia en la Seguridad en vuelo y en la Economía del servicio. Dentro del mantenimiento, y dado el carácter irreversible de los efectos de la corrosión, debe centrarse fundamentalmente en una serie de medidas preventivas que eviten la aparición del fenómeno y en unos trabajos de retoque que eliminen los pequeños focos, protegiendo las zonas afectadas de forma adecuada.

Las medidas preventivas consistirán en una limpieza de las piezas, para reducir ó eliminar todas las sustancias o contaminaciones que favorezcan el fenómeno corrosivo (humedad, depósitos salinos, polvo, suciedad de cualquier tipo, etc.) y en la inspección y mantenimiento en perfecto estado de los recubrimientos y demás medidas tomadas para la protección anticorrosiva.

Los trabajos de retoque consistirán en la eliminación de la corrosión iniciada y en el tratamiento selectivo que recupere o sustituya el recubrimiento anticorrosivo afectado.

6.5.2.- PLAN GENERAL DEL CONTROL DE CORROSIÓN

6.5.2.1.- _PROCEDIMIENTOS GENERALES DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN

Constituyen las dos primeras etapas a cubrir en todo proceso de control de corrosión:

A) Con la limpieza conseguimos:

- 1º) Eliminar las sustancias o contaminaciones que favorecen la corrosión.
- 2º) Dejar las superficies en mejores condiciones para las inspecciones de éstas.

B) Con la inspección se comprueba el estado de las medidas de protección y se detectan posibles focos de corrosión.

6.5.2.1.1.- PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA

Consiste en un lavado seguido del correspondiente secado utilizando el producto más adecuado, empleo de abundante agua en el enjuague y el profundo y completo secado de las piezas, zonas o elementos lavados. La limpieza se realiza en tres fases: PREPARACIÓN, LIMPIEZA PROPIAMENTE DICHA y COMPROBACIÓN

6.5.2.1.2.- PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Hay que establecer un procedimiento de inspección por corrosión que debe ser aplicado con la máxima meticulosidad en los tiempos programados y siempre que circunstancias especiales lo requieran o aconsejen.

6.5.2.2.- ELIMINACIÓN DE LOS FOCOS DE CORROSIÓN Y TRATAMIENTO SELECTIVO DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA.

Los focos de corrosión que a pesar de la protección anticorrosiva aparecen, interesa eliminarlos lo antes posible para evitar el desarrollo de los mismos hasta límites de peligrosidad ó inutilidad

de las piezas ó elementos afectados; para lo que, nada más detectar éstos, procederemos a la eliminación de la corrosión y a la restauración de la protección anticorrosiva.

- 1°.- Limpieza de la zona
- 2°.- Eliminación de la corrosión
- 3°.- Activado superficial
- 4°.- Conversión superficial (Pasivazo crómico ó Alodiado)
- 5°.- Imprimación Base (Wash Primer)
- 6°.- Imprimación Propia
- 7°.- Capa Superior "pintura". (Paso Alternativo)
- 8°.- Protección Temporal.

6.5.2.3.- PRESERVACIÓN.

Debido a los largos períodos de inactividad que muchas veces conlleva a las aeronaves y a sus piezas, esto hace que pierdan la protección propia para lo cuál, y compensar esta pérdida de protección.

- a) Desarrollaremos un programa de inspección y rodaje.
- b) Preservando el elemento inactivo de acuerdo con el período de inactividad

6.5.2.4.- ESTABLECIMIENTO ó FIJACIÓN DE PROGRAMAS.

Las operaciones de control de corrosión deben programarse de tal forma que se reduzca al tiempo mínimo el estado de fuera de servicio de la aeronave o componente. Se establecerá periódicamente (mensual, bimestral, trimestral) un plan de control de corrosión en base a los factores influyentes de cada zona.

6.5.2.5.- CONTROL Y VIGILANCIA DEL PLAN GENERAL DE CONTROL DE CORROSIÓN.

Las circunstancias que concurren en el control de la corrosión exigen un control y vigilancia especial de carácter técnico que debe materializarse en una comprobación periódica del estado del material.

6.6.- INSPECCIÓN POR CORROSIÓN

6.6.1.- OBJETO.

Fijar los procedimientos de inspección para detectar los posibles focos de corrosión y valorar el grado alcanzado por los mismos.

6.6.2.- PREPARACIÓN.

Tomar las medidas de seguridad necesarias y efectuar las operaciones previstas para que los procesos se realicen en las mejores condiciones de seguridad y eficacia.

6.6.2.1.- MEDEAS DE SEGURIDAD

De entre todas aquellas que garantizan la seguridad del personal como del material, destacamos:

- 1.- Sistema de extinción de incendios.
- 2.- Poner la aeronave a tierra.
- 3.- Desconectar la batería.
- 4.- Llevar puesto el equipo de protección individual, (gafas, guantes)
- 5.- No marcar las superficies metálicas con un lápiz de grafito ni con instrumentos puntiagudos (el grafito, es catódico para todos los metales estructurales, se sienta las bases para la corrosión galvánica. Los instrumentos puntiagudos rayan la superficie, deteriorando ó eliminando los recubrimientos protectores.

6.6.2.2.- PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Tiene por finalidad definir y preparar el material y equipo necesario para la realización de los distintos procesos.

- 1º) Decapante de pintura. Ataca a los materiales plásticos debiendo seguir las instrucciones de los fabricantes.
- 2º) Material abrasivo: Papel de lija en sus diferentes tamaños de granos. Para el repaso final se utilizará el de 600.
- 3º) Equipo Auxiliar: Lupa de 5 a 10 aumentos, brochas, trapos, cintas de enmascaramiento, raspador, etc..
- 4º) Fuentes de Potencia: De aire comprimido

6.6.3.- PREPARACIÓN DEL TRABAJO

El proceso de Inspección por Corrosión se divide en:

- 1º) Localización de los focos de corrosión. 2º) Eliminación de la corrosión, mediante:
 - a) Métodos mecánicos: Raspar, Frotar, Repaso final con lija de 600
 - b) Métodos químicos: Aquellas piezas con dimensiones críticas en las que por su funcionamiento no se permite arranque de material.
- 3º) Valoración del grado o extensión de la corrosión.

6.6.4.- VALORACIÓN DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR LA CORROSIÓN.

En relación con los daños producidos, la corrosión se clasifica en:

- A) Corrosión Moderada. Cuando puede eliminarse por procedimientos mecánicos y/o químicos, sin que sean necesarias reparaciones
 - B) Corrosión Grave. Cuando se requiere la sustitución de las piezas o elementos afectados o la reparación estructural de las mismas, después de haberse eliminado la corrosión.
- Dependerá de la extensión y profundidad de la corrosión y de la funcionalidad de las piezas o elementos afectados.

6.7.- ELIMINACIÓN DE LOS FOCOS DE CORROSIÓN

6.7.1.-OBJETO.

Fijar los procedimientos más adecuados para la eliminación de los focos de corrosión y la restauración de la protección anticorrosivo de las piezas o elementos afectados, limitando la actuación a la operación de retoque.

6.7.2.- PREPARACIÓN DEL MATERIAL.

Tiene por finalidad preparar el material y equipo necesario para la realización de los distintos procesos:

A) Productos de limpieza previa:

Disolvente de limpieza en seco PD-680 Tipo II

Producto alcalino de base acuosa (MIL-C-24769) diluida en agua en proporción 1/10 para contaminaciones ligeras; y en la proporción $\frac{1}{4}$ para contaminaciones fuertes.

B) Material Abrasivo: Papel de lija. En el repaso final, lija de 600

C) Producto activador: Tolueno

D) Producto para la conversión superficial (pasivado crómico) para el aluminio y sus aleaciones Para el magnesio y sus aleaciones

E) Imprimación base (Wash Primer). Compuesto formado por resina y ácido (4 partes de resina y una de ácido) Echando el ácido sobre la resina.

F) Imprimación propia (TT-P-1757 ó MIL-P-23377) Cromato de cinc para superficies metálicas con conversión crómica y/o imprimación base; el compuesto MIL-P-23377 es una imprimación epoxídica

G) Imprimación y capa final (paso alternativo), siguiendo para su preparación, las instrucciones de los Manuales aplicables y recomendaciones de los fabricantes.

H) Productos de protección temporal. Estos son aplicables a las superficies metálicas sin recubrimiento orgánico ("pintura").Ej: MIL-C-16173: Para protección de piezas o elementos por tiempo superior a 24 horas.

TEMA XIX

HECHOS ANORMALES

TEMA XIX.I

INSPECCIONES ESPECIALES REALIZADAS EN HELICÓPTEROS

1.- INTRODUCCIÓN.

1.1.- PRINCIPIOS GENERALES.

Antes de efectuar cualquier inspección, deberemos consultar el libro de la aeronave y tener en cuenta las observaciones formuladas por el piloto (posibles anomalías, incidentes, etc.

Los intervalos entre inspecciones (overhaul, inspecciones especiales y condicionales) son los máximos permitidos y no deberían ser sobrepasados. Cuando existan condiciones inusuales, tales como condiciones climáticas, etc.; serán éstas las que determinarán, y bajo la responsabilidad del operador (cliente), el incremento en el ámbito y la frecuencia como sea necesario, siempre que se garantice la seguridad.

NOTA:

NUNCA la asignación de un período de tiempo para efectuar un overhaul de un componente, no constituirá una garantía de cualquier clase. La única garantía aplicable a la aeronave o a cualquiera de sus componentes, es la incluida en el Contrato de Adquisición de éstos.

Los tiempos entre overhaul, y los períodos entre inspecciones están basados en la experiencia, pruebas, y el criterio de los ingenieros; y solamente puede ser objeto de cambio por el FABRICANTE ó por el Organismo Competente (Dirección General de Aviación Civil)

Las inspecciones por calendario y por horas, se realizarán visualmente, y con los medios necesarios, para determinar la aeronavegabilidad de la aeronave y de sus componentes. Estas serán realizadas por personal técnico cualificado, utilizando los Manuales de Mantenimiento apropiados, y siguiendo los criterios de calidad dados por el fabricante.

NOTA:

Los componentes que lo requieran, tendrán su propio registro o fonnato; el cuál, habrá que mantener al día, una vez efectuadas las operaciones de mantenimiento requeridas. Esto será responsabilidad de los operarios.

Los requerimientos de las inspecciones no incluyen las inspecciones específicas (Ej.:La calibración de la brújula, prueba del sistema estático Pitot; etc.) Requeridas por la FAA ó por otras autoridades reguladoras. Las inspecciones específicas serán llevadas a cabo por el organismo competente.

1.2.- DAÑOS POR ATERRIZAJE BRUSCO.

Debido a las posibles combinaciones resultantes de un posible aterrizaje violento, no se incluye en las Inspecciones Especiales, al requerir inspecciones específicas como consecuencia de ese hecho. Los daños serán evaluados en función de los daños producidos; y para repararlos, se seguirán las instrucciones dadas en los Manuales específicos, o sino, deberemos ponernos en contacto con el fabricante.

NOTA:

Los Límites de vida, Overhaul e Inspecciones Especiales, los encontraremos en los ATA,s ó Manuales de Mantenimiento.

2.- DEFINICIONES.

Salvo excepciones precisadas en el texto, las verificaciones descritas se efectúan visualmente (Ej.: estado de un dispositivo) o al tacto (Ej.: ausencia de holgura). A continuación se definen ciertos términos repetidos frecuentemente en las distintas verificaciones para evitar errores de interpretación.

NOTA: Las palabras CHECK e INSPECT, son usadas sinónimamente en este capítulo.

2.1.- INSPECCIÓN (INSPECT). Determinar la condición relativa de algo establecido como estándar.

2.2.- CONDICIÓN. (CONDITIQN). El estado de algo (componente ó pieza) que va a determinar si está ÚTIL ó INÚTIL.

2.3.- ESTÁNDAR (STANDARD). Una regla o medida establecida que va a determinar la condición.

2.4.- DAÑO (DAMAGE). Deterioro físico de algo considerado cómo estándar, el cuál, determinaremos si es aceptable o no para su uso.

2.5.- ESTADO. El examen visual se refiere al aspecto general exterior del dispositivo (deformaciones, roturas, grietas, rayados, corrosión, rastros de calentamiento y de desgaste, etc.) que modifiquen el estado de origen.

2.6.- DIRECTIVA PERMANENTE RELATIVA AL ESTADO. En todos los elementos del helicóptero, se han de examinar los defectos de superficie, protección, pintura para luego tratarlos sin tardar, de conformidad con las directivas vigentes. MANUAL DE PRACTICAS ESTÁNDAR.

2.7.- FIJACIÓN. El examen visual se refiere a los puntos de fijación del dispositivo y al estado de los frenados. Puede estar acompañado por un examen "al tacto" (esfuerzo eventual en el acoplamiento). Si es necesario, verificar el par de apriete especificado en los Manuales de Mantenimiento.

2.8.- ESTANQUEIDAD. El examen visual tiene por objeto descubrir cualquier inicio de fuga o cualquier fuga de líquido (aceite, hidráulico, combustible).

2.9.- AUSENCIA DE JUEGO ANORMAL. Salvo consignas particulares, no es necesario medir un juego; pero en ciertos casos, puede descubrirse un juego "anormal" mediante una sollicitación manual alterna ejercida sobre el órgano a verificar.

2.10- LIMPIEZA. Por limpieza se entiende: la ausencia de cuerpos extraños, salpicaduras de líquidos, de zonas "engrasadas" susceptibles de ocultar un defecto de aspecto.

2.11.-TUBERIAS. La verificación de las tuberías consiste en asegurarse de su estado (desgaste por frotamiento, desgarros) y en particular del engarce de las uniones a nivel de los racores así como el recorrido en los peines de sujeción.

2.12.-MANTENIMIENTOQ. (MAINTENANCE). Todas las acciones que comprenden desde la Inspección, Overhaul, Reparación, Preservación y la Sustitución de Componentes; pero, excluyendo el Mantenimiento Preventivo.

2.13.-MANTENIMIENTO PREVENTIVO.(PREVENTIVE MAINTENANCE) Comprende todas las acciones encaminadas a preservar las condiciones estándar de piezas y conjuntos.

2.14.- TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO. (OPERATING TIME). El tiempo requerido y anotado en los formatos correspondientes ó en el libro del helicóptero. El tiempo de funcionamiento a anotar, puede identificarse cómo:

a) **TIEMPO EN SERVICIO (TIME IN SERVICE).** El tiempo desde que el helicóptero despega hasta que aterriza. El tiempo durante el cuál están girando el rotor y la turbina con el helicóptero en tierra, no se tendrá en cuenta.

b) **TIEMPO POR CALENDARIO (CALENDAR TIME).** Se ha cumplido el tiempo desde que la inspección se ha realizado ó desde que el componente se ha instalado, o el rotor ha girado por primera vez. El calendario se llevará a cabo sin interrupciones. El desmontaje del componente ó el almacenaje del helicóptero, etc. no detendrán el tiempo por calendario.

2.15.- CASO PLANIFICADO (PLANNED EVENT). Consiste en realizar una acción específica, por intervalos, en los casos de Mantenimiento Preventivo, (Listado de Overhaul ó la Sustitución de Componentes, de acuerdo, con el Listado de Componentes con Límite de Vida.

3.- INSPECCIÓN.

Uno de los requerimientos del mantenimiento, es incluir en sus respectivos Manuales, un Listado de Inspecciones, Listado de Inspecciones Especiales, Listado de Inspecciones Condicionales, y Listado de Componentes que tengan Overhaul ó/y Límites de Vida,,

3.1.- Listado de Inspecciones periódicas. Comprende todas las acciones que se repiten, designadas por horas de funcionamiento o por intervalos de tiempo, todas ellas encaminadas a asegurar la aeronavegabilidad del helicóptero.



3.2.- Inspecciones Especiales.

Son acciones de índole temporal ó de un intervalo especial que no corresponde con el Listado de Inspecciones Mayores.

3.3.- inspecciones Condicionales.

Son acciones que no se repiten, basadas en hechos inusuales conocidos o sospechados; defectos o malfuncionamiento conocido ó sospechado.

3.4.- Listado de componentes con Overhaul.

Comprende los componentes que debido a un determinado tiempo de funcionamiento, deben de ser quitados, despiezados, inspeccionados por condición y overhauledos (Revisión General)

3-5-- Limitaciones Aeronavegabilidad. Comprende la sustitución de componentes de acuerdo al listado de Límites de Vida

NOTA:

Para las Inspecciones Condicionales o Especiales de la Turbina, y Listado de Componentes con Overhaul; referirse a los Manuales de Mantenimiento y Overhaul del fabricante de ésta.

3.6.- SERVICING. La lubricación y los requerimientos para el Servicio del helicóptero son tratados en un Capítulo (1) de los Manuales Técnicos ó ATA 12

3-7- INSPECCIONES KITS AUXILIARES. Los requerimientos para las Inspecciones detalladas para los kits auxiliares instalados, están incluidos en las apropiadas Instrucciones de Servicio.

3.8.- LISTADO DE INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO(Eiemplo)

- A. DIARIA. A realizar diariamente antes del primer vuelo.
- B. 100 HORAS. A realizar cada 100 horas de funcionamiento.
- C. 1000 HORAS. A realizar cada 1000 horas de funcionamiento.
- D. LISTADO DE COMPONENTES CON OVERHAUL. Hacer revisión general a los componentes según el Listado de Overhaul.
- E. INSPECCIONES ESPECIALES. Requeridas para ciertos sistemas ó componentes diferentes a los intervalos normales.
- F. INSPECCIONES CONDICIONALES. Requeridas para ciertos sistemas y/ó componentes después de un suceso poco corriente. Ej.: Toma dura, para repentina del motor, etc.

4.- INSPECCIONES PERIÓDICAS. REALIZACIÓN DE UNA INSPECCIÓN.

4.1.-MEDIOS NECESARIOS. Documentos a consultar:

- a) Libro de la aeronave.
- b) Programa Recomendado de Mantenimiento.
- c) Manual de Mantenimiento.

4.2.- PREÁMBULO. Una vez que hayamos una inspección, y, según sea la entidad de ésta; le proporcionará un potencial de horas de funcionamiento determinado; y ésta, será llevada a cabo en talleres especializados.

4.3.- PREPARACIÓN DE LA INSPECCIÓN. Esta, será llevada a efecto atendiendo a los criterios facilitados por el fabricante en sus Manuales de Mantenimiento.

4.4.- ESTABLECER LA LISTA. Para llevar a cabo estas inspecciones, necesitaremos de una preparación de la inspección; en la cual, estableceremos la lista de:

- a) De las anomalías señaladas en la documentación de control (libro del helicóptero y formatos correspondientes).
- b) De los conjuntos y equipos que alcanzan el fin de potencial ó límite de vida en el siguiente período. (Ver PRE **Programa Recomendado de Mantenimiento**)
- c) De las comprobaciones o verificaciones por calendario (Ver PRE)
- d) De las modificaciones a efectuar (Boletines de Servicio)
- e) De los conjuntos a despiezar (Ver PRE)
- f) De los equipos que deben ser verificados (Ver PRE)

4.5.- EFECTUAR VUELO DE PRUEBAS. Durante el vuelo, efectuar:

Verificación de la potencia de las turbinas (antes de parar, y en tierra, cortar alimentación bombas de cebado, las turbinas no se deben parar).

Pruebas eléctricas.

Pruebas de todos o de los sistemas correspondientes, según el tipo de inspección a realizar.

4.6.- RELACIONAR LAS ANOMALÍAS SEÑALADAS EN EL LIBRO DEL HELICÓPTERO Y DURANTE EL VUELO DE PRUEBAS.

4.6.1.- OPERACIONES PRELIMINARES. Desmontar o abrir los medios de acceso: puertas, capós, carenados, etc. Verificar que los elementos desmontados especialmente en las inmediaciones de los puntos de fijación.

4.6.2.- INSPECCIÓN. Efectuar las operaciones indicadas en el PRE, según el intervalo marcado para su vencimiento.

Proceder a la verificación de la fijación de los instrumentos y de los conectores eléctricos al tablero de los instrumentos.

4.6.3- FIN DE LA INSPECCIÓN.

- A. Comprobar el libre movimiento de los mandos de vuelo.
- B. Comprobar que las anomalías han sido reparadas satisfactoriamente.
- C. Relacionar las anomalías cuya reparación es diferida.

D. Efectuar o completar el llenado de combustible. Realizar trasvase. Comprobar indicadores respecto a la cantidad suministrada.

E. Poner carenados y capos.

F. Actualizar la documentación.

G. Efectuar la inspección "antes del primer vuelo". H. Efectuar pruebas en tierra y vuelo de pruebas.

5.- INSPECCIONES CONSECUENCIA DE UN INCIDENTE.

5.1.- INSTRUCCIONES PREVIAS.

ATENCIÓN PELIGRO

EN TODOS LOS CASOS, Y, PARA EVITAR CUALQUIER INCIDENTE, APLICAR EstrictAMENTE LAS CONSIGNAS DE SEGURIDAD Y DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

Antes de efectuar cualquier operación del levantamiento del helicóptero, se efectuará:

- FOTOGRAFÍAS del helicóptero ó de las zonas afectadas por el INCIDENTE.
- INFORME DETALLADO del Incidente, explicando las circunstancias, las roturas y su zona. Todos estos datos serán comunicados al constructor. Como resultado de un incidente; es obligatorio, analizar las consecuencias y deducir de ello, las verificaciones a efectuar en el conjunto de elementos que constituyen la totalidad del sistema ó sistemas cuyo estado podría ser modificado eventualmente; para ello, seguiremos las instrucciones marcadas para ello en los ATA,s ó Capítulos correspondientes de los Manuales de Mantenimiento. Entre las Inspecciones consecuencia de un incidente, podemos encontrar:
 - Aterrizaje brusco.
 - Choque de las palas del Rotor Principal.
 - Aparato afectado por un rayo.
 - Inspección por Sobre torque.
 - Inspección por Compresor Stall.
 - Inspección por Sobrevelocidad del Rotor Principal.
 - Inspección por parada repentina del rotor.
 - Inspección por toma dura.

TEMA XIX.II

-INSPECCIONES ESPECIALES REALIZADAS EN AVIONES

COMPROBACIONES DE MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO.

1.- GENERALIDADES.

Esta sección contiene los requerimientos de inspección que se deben de efectuar después de una situación específica anormal y la verificación de la funcionalidad del avión en vuelo, después de una determinada circunstancia.

Estas comprobaciones se dividen en:

Comprobación en tierra. - Vuelo de prueba. (Ambas comprobaciones las podremos encontrar dentro del ATA 05, de los manuales de mantenimiento de cada modelo de aeronave).

1.1.- COMPROBACIÓN EN TIERRA

1.1.1.- GENERALIDADES.

Esta sección contiene los requerimientos de inspección que deben efectuarse después de presentarse una situación específica o extraordinaria.

Los requerimientos condicionales, cuándo es debido, pueden exigir su ejecución lo más pronto posible después del hecho o antes de efectuar el siguiente vuelo.

NOTA:

Durante la ejecución de los requerimientos de mantenimiento de esta sección, se supone que el personal de mantenimiento inspecciona tanto el equipo especificado en el texto como los componentes de las zonas adyacentes en cuanto a defectos o irregularidades aparentes. Los defectos hallados, tanto en los equipos relacionados como en los no relacionados, deben ser registrados, notificados y reparados.

1.1.1.1.- Comprobación después de un aterrizaje violento.

1.1.1.2.- Aterrizaje con sobrepeso.

1.1.1.3.- Descarga eléctrica en las hélices.

1.1.1.4.- Atmósfera turbulenta.

1.1.1.5.- Impacto de un ave en el fuselaje.

1.1.1.6.- Impacto de un ave en bordes de ataque.

1.1.1.7.- Impacto de un ave en parabrisas.

1.1.1.8.- Entrada de objeto extraño.

1.1.1.9.- Aviones operando en ambientes adversos de agua salada o arena.

1.1.1.10.- Si se ha producido un derrame de materias nocivas a bordo del avión.

1.1.1.11.- Cuando las ruedas han sufrido la acción nociva y prolongada del agua.

1.1.1.12.- Después de la sustitución de parabrisas.

1.1.1.13.- Contaminación por radioactividad.

1.1.1.14.- Después de incendio de motor.

1.1.1.15.- Después del montaje de una superficie de mando de vuelo o de alguno de sus componentes importantes.

1.1.1.16.- Después de la incorporación de modificaciones/alteraciones/reparaciones, o después de un informe del piloto sobre características no satisfactorias de los mandos de vuelo.

1.1.1.17.- Tareas de mantenimiento para periodos de inactividad prolongada.

1.1.1.18.- Cuando alguna batería ha sufrido un estado de sobret temperatura durante la operación del avión.

1.1.1.19.- Inspecciones en caso de que el avión haya sobrepasado la aceleración "g", permitida.

1.1.1.20.- Inspección por exceder la velocidad con flaps fuera.

1.1.1.1.- COMPROBACIÓN DESPUÉS DE UN ATERRIZAJE VIOLENTO.

NOTA:

Se considera como aterrizaje violento cuando la lectura en el acelerómetro sobrepasa el valor de 2,5 G.

Efectuar la inspección estructural del avión en las tres etapas que se detallan a continuación. Si una etapa de inspección no revela ninguna señal de daño, no es necesario pasar a la etapa siguiente.

ETAPA I:

A.- Inspeccionar los neumáticos en cuánto a desgaste excesivo, deformación permanente y daños en general.

B.- Inspeccionar las ruedas en cuanto a grietas o roturas.

C.- Inspeccionar los amortiguadores y acoplamientos de torsión de las partes del tren de aterrizaje y el actuador del sistema de dirección del tren auxiliar, en cuánto a fugas, grietas, roturas o deformación.

D.- Inspeccionar el revestimiento de ala exterior, en cuánto a señales de fugas de combustible.

E.- Inspeccionar el revestimiento exterior del plano medio en las zonas entre el fuselaje y las góndolas, en cuánto a deformaciones y estado general.

F.- Después de la extensión de los flaps, inspeccionar el revestimiento de los flaps y de los alerones, en cuánto a arrugas y estado general.

G.- Inspeccionar los soportes y guías de los flaps, en cuanto a señales de daños en las zonas de las uniones estructurales de las barras.

H.- Inspeccionar el revestimiento del fuselaje central, desde la cuaderna 21 a la cuaderna 24, en cuánto a señales de arrugas, grietas o roturas y remaches flojos o saltados.

J.- Inspeccionar los capos de las góndolas, en cuánto a grietas o roturas en los puntos de unión.

K.- Inspeccionar los tubos de estructura del motor, en cuánto a grietas o deformaciones.

L.- Inspeccionar el fuselaje posterior, en cuánto a arrugas en el revestimiento y elementos de unión flojos.

M.- Inspeccionar las zonas contiguas a los marcos de las ventanas, en cuánto a señales de deformaciones o daños.

ETAPA II:

A.- Elevar el avión sobre gatos.

B.- Abrir las compuertas del tren de aterrizaje auxiliar y las puertas del tren principal, e inspeccionar todos los herrajes de unión y sus zonas adyacentes, en cuánto a arrugas, grietas ó roturas y estado de los remaches.

C.- Comprobar que el juego anular de cada uno de los componentes del tren de aterrizaje, medido en el sentido de su eje vertical, se mantiene dentro de los límites permitidos.

D.- Inspeccionar los largueros y cuadernas del fuselaje posterior, especialmente en la zona desde la cuaderna 30 a la cuaderna 46, en cuánto a grietas o roturas, arrugas, fracturas y estado de los remaches.

E.- Inspección exterior de las superficies fijas y móviles, e inspección interior, a través de paneles de acceso, de arrugas, grietas, roturas, fracturas y estado de los remaches.

F.- Si ésta etapa de inspección revela la posibilidad de daño interior, efectuar una detección de grietas por procedimiento magnético en materiales férricos, y por procedimientos de líquido penetrante fluorescente, en materiales de aleación de aluminio.

ETAPA III:

A.- Inspeccionar los marcos y juntas de ventana entre el parabrisas y la estructura, en cuánto a grietas o roturas, deformación y estado de los remaches.

B.- Inspeccionar los herrajes de unión de ala exterior al plano medio, en cuánto a grietas, deformación, amigas y estado de los remaches.

C.- Desmontar los paneles de tapicería interior. Inspeccionar las cuadernas desde la 21 a la 24, en las zonas cercanas a los herrajes de unión de fuselaje al plano medio, en cuánto a grietas o roturas, aplastamiento, arrugas, y estado de los remaches del revestimiento.

Inspeccionar las cuadernas desde la 21 a la 24, en las zonas de los herrajes de unión del fuselaje al tren principal en cuánto a deformación, grietas o roturas, arrugas y estado de los remaches.

D.- Inspeccionar las zonas de los largueros anterior y posterior del plano medio, entre el fuselaje y las góndolas, a través de los paneles de acceso.

E.- Levantar la tapa de inspección del morro, e inspeccionar los mamparos en la cuaderna 1 de la sección de morro.

F.- Inspeccionar los largueros y las cuadernas 46, 48 y 50 en el fuselaje, a través de los paneles de acceso disponibles, en cuánto al estado de los estabilizadores horizontales y vertical y en su unión con los herrajes del fuselaje de cola y de la estructura adyacente, en cuánto a grietas o roturas, arrugas, deformación y estado de los remaches y de los herrajes de unión.

G.- Comprobar la alineación geométrica del avión.

1.1.1.2.-ATERRIAJE CON SOBREPESO.

Cuando ha tenido lugar un aterrizaje con sobrepeso, y se ha registrado en la hoja de vuelo, deben efectuarse las comprobaciones requeridas para ATERRIAJE VIOLENTO.

1.1.1.3.-DESCARGA ELÉCTRICA EN LAS HÉLICES.

La mayoría de las descargas dejan una señal en el punto de entrada o de salida de la descarga en las puntas de las palas. En algunos casos, esta zona es de color oscuro y se aprecian efectos de erosión. Generalmente, el material circundante de la zona está afectado. Otra zona dañada es el cojinete de empuje de la pala.

A veces se presentan efectos de arco eléctrico, que son visibles en las pistas y en las bolas del cojinete. En todos estos casos, todas las piezas de acero quedan imantadas debido al paso de la comente.

Acción recomendada: Las palas que presenten señales de descarga eléctrica deben someterse a pruebas de dureza, alrededor del punto de entrada o de salida. Además, las zonas, tanto exterior como interior del fuste deben revisarse en cuanto a efectos de arco eléctrico.

Las palas de baja dureza debe desecharse, lo mismo que las palas que muestren señales de arco eléctrico en el fuste.

En todos los casos, debe sustituirse el cojinete de empuje y deben desmagnetizarse todas las piezas de acero.

1.1.1.4.-ATMOSFERA TURBULENTA.

Efectuar la inspección estructural del avión en las tres etapas que se detallan a continuación. Si una etapa de inspección no revela ninguna señal de daño, no es necesario pasar a la etapa siguiente.

ETAPA I:

A.-Inspeccionar completa y detenidamente los sistemas de mandos de vuelo, comprobando las tensiones de los cables de mando, sus puntos de roce, etc.

B.-Inspección exterior del revestimiento de las alas exteriores, en cuánto a fugas de combustible.

C.-Inspección exterior del revestimiento del plano medio, en las zonas entre el fuselaje y la góndola, en cuánto a arrugas y estado general.

D.-Después de extender los flaps, inspeccionar el revestimiento de los flaps y de los alerones, en cuánto a arrugas y estado general.

E.-Inspeccionar los soportes y las guías de los flaps, en cuánto a señales de daños.

F.-Inspección exterior del revestimiento del fuselaje central, desde la cuaderna 21 a la cuaderna 24, en cuánto a señales de arrugas, grietas o roturas y remaches flojos o saltados.

G.-Inspeccionar visualmente la zona de la bancada de cada motor, en cuánto al estado de las barras de montaje y de la pared cortafuegos, así como la superficie anterior de las costillas entre las STA 3100 y la STA 3900 de ala.

ETAPA II:

A.- Elevar el avión sobre gatos.

B.- Comprobar la alineación geométrica del avión.

C- Inspeccionar el revestimiento exterior del intradós del plano medio y ala exterior en las inmediaciones de las STA 1100, STA 4250 y STA 8110.

D.- Efectuar una inspección visual de los largueros anterior y posterior, y de los larguerillos de la superficie del extradós en cuánto a pandeo. Esta inspección se efectúa a través de los paneles de acceso al plano medio y los largueros posteriores.

E.- Inspeccionar las zonas contiguas a los marcos de las ventanas, en cuánto a señales de deformaciones o daños.

F.- Inspeccionar el larguero, los remaches, el revestimiento y la cuaderna del fuselaje posterior, especialmente, en la zona desde las compuertas de carga y las cuadernas desde la 28 a la 46, en cuánto a grietas o roturas, arrugas, fracturas y estado de los remaches.

G.- Inspección interior de las superficies fijas y móviles, e inspección interior, a través de paneles de acceso, de arrugas, grietas, roturas, fracturas y estado de los remaches.

ETAPA III:

A.- Inspeccionar los herrajes de unión entre ala exterior y plano medio, en cuánto a grietas o roturas, deformación y estado de los bulones.

B.- Desmontar los paneles de tapicería interior. Inspeccionar las cuadernas desde la 21 a la 24, en las zonas cercanas a los herrajes de unión entre fuselaje y plano medio, en cuánto a grietas o roturas, aplastamiento, arrugas, y estado de los remaches del revestimiento. Inspeccionar las cuadernas desde la 21 a la 24, en las zonas de los herrajes de unión del fuselaje al tren de

aterrizaje principal, en cuánto a deformación, grietas o roturas, arrugas y estado de los remaches.

C- Inspeccionar los largueros y las cuadernas 46, 48 y 50 en el fuselaje, a través de los paneles de acceso disponibles, en cuánto al estado de los estabilizadores horizontales y vertical en su unión con los herrajes de unión del fuselaje de cola, y de la estructura adyacente, en cuánto a grietas o roturas, arrugas, deformación y estado de los remaches y de los herrajes de unión.

1.1.1.5.- IMPACTO DE UN AVE EN EL FUSELAJE.

Después del impacto de un ave en el fuselaje, efectuar una inspección visual en cuánto a grietas o roturas, abolladuras u otros daños.

1.1.1.6.- IMPACTO DE UN AVE EN BORDES DE ATAQUE.

Si el impacto del ave se produce contra un borde de ataque, puede haberse dañado la zapata antihielo. Inspeccionar detenidamente la zona afectada. Toda zapata antihielo con grietas o roturas inaceptables deben sustituirse. Comprobar la estructura del borde de ataque en cuánto abolladuras, grietas u otros daños.

1.1.1.7.- IMPACTO DE UN AVE EN PARABRISAS.

Las dos lunas anteriores poseen las características adecuadas, en lo que se refiere a la resistencia e impactos. No obstante, cuándo se produce un impacto de ave, después de aterrizar, hay que revisar la luna afectada en cuánto a grietas o roturas. Efectuar la prueba funcional del sistema antihielo del parabrisas. Si es necesario, sustituir la luna, siguiendo las instrucciones dadas para ello en los Manuales de Mantenimiento.

1.1.1.8.- ENTRADA DE OBJETO EXTRAÑO

Inspeccionar visualmente el conducto de entrada de aire y las zonas adyacentes, en cuánto a abolladuras, mellas, fracturas, grietas u otros daños. Si hay algún daño, reparar lo que sea necesario.

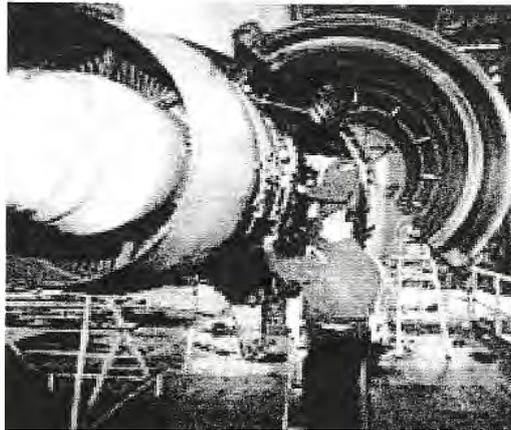
Inspeccionar visualmente, a través de la entrada de aire, en cuánto a alabes deformados, abolladuras, mellas, fracturas, grietas y estado general, empleando una luz potente y un espejo. Si hay grietas visibles a simple vista, hay que desmontar el motor para enviarlo al taller de reparaciones correspondiente. Los límites referentes a deformación de alabes que no requieren reparación aparecen en el Manual de Mantenimiento del Motor.

Los alabes deformados pueden repararse de conformidad con el Manual de Mantenimiento del Motor.

1.1.1.9.- AVIONES OPERANDO EN AMBIENTES ADVERSOS.

1.- Descripción General.

El Programa de Mantenimiento Recomendado, ya incluye dentro del programa de inspecciones estructurales, un Programa de Prevención y Control de Corrosión que está basado en un ambiente de operación medio.



Aunque el programa incorpora una serie de directrices para modificar el mismo en caso de que se encuentren niveles de corrosión por encima del nivel "1" (definido por la corrosión superficial y su tratamiento); se debe tener en cuenta desde el comienzo de las operaciones en ciertos ambientes esta circunstancia, para adecuar desde el primer momento el Programa de Inspecciones.

En particular, los aviones que operan frecuentemente en zonas cercanas al mar o arenosas se ven seriamente afectados por corrosión, principalmente debida a la presencia de:

- Atmósfera salina.
- Abrasión por arena.
- Condensación debido a temperaturas extremas día/noche.
- Atmósfera marina.

En estas áreas, y con el fin de prevenir la corrosión del avión, se recomienda incorporar al programa de mantenimiento del operador una serie de acciones de mantenimiento específicas (lavados, limpiezas, etc.).

Como regla general el avión deberá ser minuciosamente inspeccionado por signos de corrosión en cada inspección programada.

Una minuciosa limpieza, un programa de inspecciones específico y el cuidado de las protecciones, son el medio más efectivo para minimizar los daños por corrosión evidenciando los ataques corrosivos durante sus etapas iniciales.

Por lo tanto, cuando se encuentren evidencias de corrosión o daños, éstos deben ser inmediatamente eliminados y la zona afectada protegida de acuerdo con las instrucciones del Manual de Control de Corrosión. Una acción rápida y correcta reduce ó elimina los efectos de corrosión, evitando costosas reparaciones.

2.- Recomendaciones:

Lavar el motor de acuerdo con las recomendaciones incluidas en el Manual de Mantenimiento.

Lavar y limpiar el avión con una frecuencia que viene dada por la localización de la base operativa y el tipo de operación que se realiza y que se establece en la Tabla (A). Los

procedimientos de lavado y limpieza están descritos en el Manual de Control de Corrosión correspondiente.

Lubricar todos los elementos externos indicados en el Manual de Mantenimiento Capítulo 12, cada tres lavados, ó cuándo en el lavado se observen pérdidas de lubricante.

| PERIODO DE ALMACENAMIENTO (meses) | | | | TAREA REF. | INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO |
|-----------------------------------|-------|--------|---------|------------|---|
| 0 a 1 | 1 a 6 | 6 a 12 | 12 a 24 | | |
| | X | X | X | 14.1 | Montar "kits" de primeros auxilios y chalecos salvavidas. |
| | | | | 15 | <u>HELICES</u> |
| | X | X | X | 15.1 | Limpiar e inspeccionar las hélices desmontando el cono. |

TABLA A.

1.1.1.10.- CUANDO ALGUNA BATERÍA HA SUFRIDO UN ESTADO DE SOBRETENPERATURA DURANTE LA OPERACIÓN DEL AVIÓN.

Efectuar la comprobación general de la batería, de conformidad con las instrucciones del fabricante.

1.1.1.19.- INSPECCIONES EN CASO DE QUE EL AVIÓN HAYA SOBREPASADO LA ACELERACIÓN "2" PERMITIDA.

A.- Inspeccionar completa y detenidamente los sistemas de mandos de vuelo, comprobando las tensiones de los cables de mando, sus punas de roce, etc.

B.- Inspección exterior del revestimiento del extradós de ala en cuánto a posible distorsión de la chapa por alabeo y compresión.

C- Inspeccionar visualmente las costillas y largueros del extradós en cuánto a alabeo. Esta inspección se efectúa a través de los paneles de acceso del ala.

D.- Inspeccionar el revestimiento exterior del intradós del plano medio, en las inmediaciones de la STA 1400 de ala. Quitar la pintura de la zona y efectuar una inspección aplicando procedimientos de pruebas no destructivas, en cuánto a presencia de grietas alrededor de los orificios de los remaches, y de remaches flojos o saltados.

E.- Inspeccionar visualmente la zona de bancada, en cuánto al estado de las barras de montaje y la pared cortafuegos, así como las superficies anteriores de las costillas entre las STA 3100 y STA 3900 de ala.

F.- Inspeccionar visualmente el estado de los remaches entre las cuadernas 21 y 24 de fuselaje.

G.- Inspeccionar los largueros y los herrajes de unión entre plano medio y fuselaje, en cuánto a deformación y estado general.

H.- Inspeccionar los herrajes de unión entre estabilizadores horizontales y fuselaje, y el larguero contiguo a los herrajes de unión, en cuánto a daños y estado general.

J.- Si alguno de los anteriores puntos, resultase positivo, comprobar la alineación geométrica del avión.

1.1.1.20.- INSPECCIÓN POR EXCEDER LA VELOCIDAD CON FLAPS FUERA.

Cuando se haya excedido el límite de velocidad con flaps extendidos realizar las siguientes operaciones:

A.- Comprobar que ninguna de las señales de aviso de fallo de los flaps permanece encendida.

B.- Inspeccionar las superficies en cuanto a remaches saltados, delaminaciones y estado general.

C.- Inspeccionar carenas, soportes y guías de los flaps, por evidencia de daños.

D.- Desmontar las tapas de acceso a los ejes de transmisión e inspeccionarlos por evidencia de roces en la zona de los semianillos, deformaciones y holguras o grietas en los remaches.

E.- Efectuar comprobación del funcionamiento de los flaps en todas sus posiciones.

1.2.- VUELO DE PRUEBA.

1.2.1.- Generalidades.

Esta sección indica las circunstancias que requieren una verificación de mantenimiento a efectuar mediante la realización de un vuelo de prueba, con el fin de garantizar la aeronavegabilidad del avión y su capacidad para el cumplimiento de su misión.

1.2.2.- Circunstancias que requieren un vuelo de prueba.

Las acciones de mantenimiento que requieren un vuelo de prueba son:

A.- Sustitución de una ó ambas alas exteriores.

B.- Sustitución del timón de dirección, motor de trim o mecanismo del Smart Tab. Si bien en el supuesto de sustitución de alguno de los motores de trim, no será necesario el vuelo de pruebas, cuando se midan las deflexiones máximas de la superficie con el motor a reemplazar y se ajusten las correspondientes al nuevo motor a esos valores.

C- Sustitución de alguno de los timones de profundidad de alguno de los motores de trim o del mecanismo del Servo Tab. Si bien en el supuesto de sustitución de alguno de los motores de trim, no será necesario el vuelo de pruebas, cuando se midan las deflexiones máximas de la superficie con el motor a reemplazar ó se ajusten las correspondientes al nuevo motor a esos valores.

D.- Instrucciones de un Boletín de Servicio.

TEMA XX

PROCEDIMIENTOS DE

MANTENIMIENTO

TEMA XX.I

INSPECCIONES ESPECIALES REALIZADAS EN HELICÓPTEROS

1 - INTRODUCCION.

1.1.- PRINCIPIOS GENERALES.

Antes de efectuar cualquier inspección, deberemos consultar el libro de la aeronave y tener en cuenta las observaciones formuladas por el piloto (posibles anomalías, incidentes, etc.

Los intervalos entre inspecciones (overhaul, inspecciones especiales y condicionales) son los máximos permitidos y no deberían ser sobrepasados. Cuando existan condiciones inusuales, tales como condiciones climáticas, etc.; serán éstas las que determinarán, y bajo la responsabilidad del operador (cliente), el incremento en el ámbito y la frecuencia como sea necesario, siempre que se garantice la seguridad.

NOTA:

NUNCA la asignación de un período de tiempo para efectuar un overhaul de un componente, no constituirá una garantía de cualquier clase. La única garantía aplicable a la aeronave o a cualquiera de sus componentes, es la incluida en el Contrato de Adquisición de éstos.

Los tiempos entre overhaul, y los períodos entre inspecciones están basados en la experiencia, pruebas, y el criterio de los ingenieros; y solamente puede ser objeto de cambio por el **FABRICANTE** ó por el Organismo Competente (Dirección General de Aviación Civil)

Las inspecciones por calendario y por horas, se realizarán visualmente, y con los medios necesarios, para determinar la aeronavegabilidad de la aeronave y de sus componentes. Estas serán realizadas por personal técnico cualificado, utilizando los Manuales de Mantenimiento apropiados, y siguiendo los criterios de calidad dados por el fabricante.

NOTA:

Los componentes que lo requieran, tendrán su propio registro o formato; el cuál, habrá que mantener al día, una vez efectuadas las operaciones de mantenimiento requeridas. Esto será responsabilidad de los operarios.

Los requerimientos de las inspecciones no incluyen las inspecciones específicas (Ej.: La calibración de la brújula, prueba del sistema estático Pitot; etc.) Requeridas por la FAA ó por otras autoridades reguladoras. Las inspecciones específicas serán llevadas a cabo por el organismo competente.

1.2.- DAÑOS POR ATERRIZAJE BRUSCO.

Debido a las posibles combinaciones resultantes de un posible aterrizaje violento, no se incluye en las Inspecciones Especiales, al requerir inspecciones específicas como consecuencia de ese hecho. Los daños serán evaluados en función de los daños producidos; y para repararlos, se seguirán las instrucciones dadas en los Manuales específicos, o si no, deberemos ponemos en contacto con el fabricante.

NOTA:

Los Límites de vida, Overhaul e Inspecciones Especiales, los encontraremos en los ATA,s ó Manuales de Mantenimiento.

2.- DEFINICIONES.

Salvo excepciones precisadas en el texto, las verificaciones descritas se efectúan visualmente (Ej.: estado de un dispositivo) o al tacto (Ej.: ausencia de holgura). A continuación se definen ciertos términos repetidos frecuentemente en las distintas verificaciones para evitar errores de interpretación. **NOTA:** Las palabras CHECK e INSPECT, son usadas sinónimamente en este capítulo.

2.1.- INSPECCIÓN (INSPECT). Determinar la condición relativa de algo establecido como estándar.

2.2.- CONDICIÓN. (CONDITION). El estado de algo (componente ó pieza) que va a determinar si está ÚTIL ó INÚTIL.

2.3.- ESTÁNDAR (STANDARD). Una regla o medida establecida que va a determinar la condición.

2.4.- DAÑO (DAMAGE). Deterioro físico de algo considerado cómo estándar, el cuál, determinaremos si es aceptable o no para su uso.

2.5.- ESTADO. El examen visual se refiere al aspecto general exterior del dispositivo (deformaciones, roturas, grietas, rayados, corrosión, rastros de calentamiento y de desgaste, etc.) que modifiquen el estado de origen.

2.6.- DIRECTIVA PERMANENTE RELATIVA AL ESTADO. En todos los elementos del helicóptero, se han de examinar los defectos de superficie, protección, pintura para luego tratarlos sin tardar, de conformidad con las directivas vigentes.

MANUAL DE PRACTICAS ESTÁNDAR.

2.7.- FIJACIÓN. El examen visual se refiere a los puntos de fijación del dispositivo y al estado de los frenados. Puede estar acompañado por un examen "al tacto" (esfuerzo eventual en el acoplamiento). Si es necesario, verificar el par de apriete especificado en los

Manuales de Mantenimiento.

2.8.- ESTANQUEIDAD. El examen visual tiene por objeto descubrir cualquier inicio de fuga o cualquier fuga de líquido (aceite, hidráulico, combustible).

2.9.- AUSENCIA DE JUEGO ANORMAL. Salvo consignas particulares, no es necesario medir un juego; pero en ciertos casos, puede descubrirse un juego "anormal" mediante una sollicitación manual alterna ejercida sobre el órgano a verificar.

2.10- LIMPIEZA. Por limpieza se entiende: la ausencia de cuerpos extraños, salpicaduras de líquidos, de zonas "engrasadas" susceptibles de ocultar un defecto de aspecto.

2.11.-TUBERIAS. La verificación de las tuberías consiste en asegurarse de su estado (desgaste por frotamiento, desgarros) y en particular del engarce de las uniones a nivel de los racores así como el recorrido en los peines de sujeción.

2.12.-MANTENIMIENTO. (MAINTENANCE). Todas las acciones que comprenden desde la Inspección, Overhaul, Reparación, Preservación y la Sustitución de Componentes; pero, excluyendo el Mantenimiento Preventivo.

2.13.-MANTENIMIENTO PREVENTIVO.(PREVENTIVE MAINTENANCE) Comprende todas las acciones encaminadas a preservar las condiciones estándar de piezas y conjuntos.

2.14.- TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO. (OPERATING TIME). El tiempo requerido y anotado en los formatos correspondientes ó en el libro del helicóptero. El tiempo de funcionamiento a anotar, puede identificarse cómo:

a) **TIEMPO EN SERVICIO** (TIME IN SERVICE). El tiempo desde que el helicóptero despega hasta que aterriza. El tiempo durante el cual están girando el rotor y la turbina con el helicóptero en tierra, no se tendrá en cuenta.

b) **TIEMPO POR CALENDARIO** (CALENDAR TIME). Se ha cumplido el tiempo desde que la inspección se ha realizado ó desde que el componente se ha instalado, o el rotor ha girado por primera vez. El calendario se llevará a cabo sin interrupciones. El desmontaje del componente ó el almacenaje del helicóptero, etc. no detendrán el tiempo por calendario.

2.15.- CASO PLANIFICADO (PLANNED EVENT). Consiste en realizar una acción específica, por intervalos, en los casos de Mantenimiento Preventivo, (Listado de Overhaul ó la Sustitución de Componentes, de acuerdo, con el Listado de Componentes con Límite de Vida.

3.- INSPECCIÓN.

Uno de los requerimientos del mantenimiento, es incluir en sus respectivos Manuales, un Listado de Inspecciones, Listado de Inspecciones Especiales, Listado de Inspecciones Condicionales, y Listado de Componentes que tengan Overhaul ó/y Límites de Vida..

3.1.- Listado de Inspecciones periódicas. Comprende todas las acciones que se repiten, designadas por horas de funcionamiento o por intervalos de tiempo, todas ellas encaminadas a asegurar la aeronavegabilidad del helicóptero.

3.2.- Inspecciones Especiales.

Son acciones de índole temporal ó de un intervalo especial que no corresponde con el Listado de Inspecciones Mayores.

3.3.- Inspecciones Condicionales. Son acciones que no se repiten, basadas en hechos inusuales conocidos o sospechados; defectos o malfuncionamiento conocido ó sospechado.

3.4.- Listado de componentes con Overhaul. Comprende los componentes que debido a un determinado tiempo de funcionamiento, deben de ser quitados, despiezados, inspeccionados por condición y overhauledos (Revisión General)

3.5.- Limitaciones Aeronavegabilidad. Comprende la sustitución de componentes de acuerdo al listado de Límites de Vida

NOTA:

Para las Inspecciones Condicionales o Especiales de la Turbina, y Listado de Componentes con Overhaul; referirse a los Manuales de Mantenimiento y Overhaul del fabricante de ésta.

3.6.- SERVICING. La lubricación y los requerimientos para el Servicio del helicóptero son tratados en un Capítulo (1) de los Manuales Técnicos ó ATA 12.

3.7.- INSPECCIONES KITS AUXILIARES. Los requerimientos para las Inspecciones detalladas para los kits auxiliares instalados, están incluidos en las apropiadas Instrucciones de Servicio.



3.8.- LISTADO DE INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO.

- A. DIARIA. A realizar diariamente antes del primer vuelo.
- B. 100 HORAS. A realizar cada 100 horas de funcionamiento.
- C. 1000 HORAS. A realizar cada 1000 horas de funcionamiento.
- D. LISTADO DE COMPONENTES CON OVERHAUL. Hacer revisión general a los componentes según el Listado de Overhaul.
- E. INSPECCIONES ESPECIALES. Requeridas para ciertos sistemas ó componentes diferentes a los intervalos normales.
- F. INSPECCIONES CONDICIONALES. Requeridas para ciertos sistemas y/ó componentes después de un suceso poco corriente. Ej.: Toma dura, para repentina del motor, etc.

4.- INSPECCIONES PERIÓDICAS. REALIZACIÓN DE UNA INSPECCIÓN.

4.1.- MEDIOS NECESARIOS. Documentos a consultar:

- a) Libro de la aeronave.
- b) Programa Recomendado de Mantenimiento.
- c) Manual de Mantenimiento.

4.2.- PREÁMBULO. Una vez que hayamos una inspección, y, según sea la entidad de ésta; le proporcionará un potencial de horas de funcionamiento determinado; y ésta, será llevada a cabo en talleres especializados.

4.3.- PREPARACIÓN DE LA INSPECCIÓN. Esta, será llevada a efecto atendiendo a los criterios facilitados por el fabricante en sus Manuales de Mantenimiento.

4.4.- ESTABLECER LA LISTA. Para llevar a cabo estas inspecciones, necesitaremos de una preparación de la inspección; en la cual, estableceremos la lista de:

- a) De las anomalías señaladas en la documentación de control (libro del helicóptero y formatos correspondientes).
- b) De los conjuntos y equipos que alcanzan el fin de potencial ó límite de vida en el siguiente período. (Ver PRE **Programa Recomendado de Mantenimiento**)
- c) De las comprobaciones o verificaciones por calendario (Ver PRE)
- d) De las modificaciones a efectuar (Boletines de Servicio)
- e) De los conjuntos a despiezar (Ver PRE)
- f) De los equipos que deben ser verificados (Ver PRE)

4.5.- EFECTUAR VUELO DE PRUEBAS. Durante el vuelo, efectuar:

Verificación de la potencia de las turbinas (antes de parar, y en tierra, cortar alimentación bombas de cebado, las turbinas no se deben parar).

Pruebas eléctricas.

Pruebas de todos o de los sistemas correspondientes, según el tipo de inspección a realizar.

4.6.- RELACIONAR LAS ANOMALÍAS SEÑALADAS EN EL LIBRO DEL HELICÓPTERO Y DURANTE EL VUELO DE PRUEBAS.

4.6.1.- OPERACIONES PRELIMINARES. Desmontar o abrir los medios de acceso: puertas, capós, carenados, etc. Verificar que los elementos desmontados especialmente en las inmediaciones de los puntos de fijación.

4.6.2.- INSPECCIÓN. Efectuar las operaciones indicadas en el PRE, según el intervalo marcado para su vencimiento.

Proceder a la verificación de la fijación de los instrumentos y de los conectores eléctricos al tablero de los instrumentos.

4.6.3- FIN DE LA INSPECCIÓN.

- A. Comprobar el libre movimiento de los mandos de vuelo.
- B. Comprobar que las anomalías han sido reparadas satisfactoriamente.
- C. Relacionar las anomalías cuya reparación es diferida.
- D. Efectuar o completar el llenado de combustible. Realizar trasvase. Comprobar indicadores respecto a la cantidad suministrada.
- E. Poner carenados y capos.

F. Actualizar la documentación.

G. Efectuar la inspección "antes del primer vuelo". H. Efectuar pruebas en tierra y vuelo de pruebas.

5.- INSPECCIONES CONSECUENCIA DE UN INCIDENTE.

5.1.- INSTRUCCIONES PREVIAS.

ATENCIÓN PELIGRO

EN TODOS LOS CASOS, Y, PARA EVITAR CUALQUIER INCIDENTE, APLICAR ESTRICTAMENTE LAS CONSIGNAS DE SEGURIDAD Y DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

Antes de efectuar cualquier operación del levantamiento del helicóptero, se efectuará:

- FOTOGRAFÍAS del helicóptero ó de las zonas afectadas por el INCIDENTE.
- INFORME DETALLADO del Incidente, explicando las circunstancias, las roturas y su zona. Todos estos datos serán comunicados al constructor. Como resultado de un incidente; es obligatorio, analizar las consecuencias y deducir de ello, las verificaciones a efectuar en el conjunto de elementos que constituyen la totalidad del sistema ó sistemas cuyo estado podría ser modificado eventualmente; para ello, seguiremos las instrucciones marcadas para ello en los ATA,s ó Capítulos correspondientes de los Manuales de Mantenimiento. Entre las Inspecciones consecuencia de un incidente, podemos encontrar:
- Aterrizaje brusco.
- Choque de las palas del Rotor Principal.
- Aparato afectado por un rayo.
- Inspección por Sobretorque.
- Inspección por Compresor Stall.
- Inspección por Sobrevelocidad del Rotor Principal.
- Inspección por parada repentina del rotor.
- Inspección por toma dura.

5.2.-INSPECCIONES AVIONES

5.2.1.-COMPROBACIONES DE MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO.

5.2.1.1.- GENERALIDADES.

Esta sección contiene los requerimientos de inspección que se deben de efectuar después de una situación específica anormal y la verificación de la funcionalidad del avión en vuelo, después de una determinada circunstancia.

Estas comprobaciones se dividen en :

- Comprobación en tierra.
- Vuelo de prueba. (Ambas comprobaciones las podremos encontrar dentro del ATA 05, de los manuales de mantenimiento de cada modelo de aeronave).

5.2.2.- COMPROBACIÓN EN TIERRA 5.2.2.1.- GENERALIDADES.

Esta sección contiene los requerimientos de inspección que deben efectuarse después de presentarse una situación específica o extraordinaria.

Los requerimientos condicionales, cuándo es debido, pueden exigir su ejecución lo más pronto posible después del hecho o antes de efectuar el siguiente vuelo.

NOTA:

Durante la ejecución de los requerimientos de mantenimiento de esta sección, se supone que el personal de mantenimiento inspecciona tanto el equipo especificado en el texto como los componentes de las zonas adyacentes en cuanto a defectos o irregularidades aparentes. Los defectos hallados, tanto en los equipos relacionados como en los no relacionados, deben ser registrados, notificados y reparados.

- Comprobación después de un aterrizaje violento.
- Aterrizaje con sobrepeso.
- Descarga eléctrica en las hélices.
- Atmósfera turbulenta.
- Impacto de un ave en el fuselaje.
- Impacto de un ave en bordes de ataque.
- Impacto de un ave en parabrisas.
- Entrada de objeto extraño.
- Aviones operando en ambientes adversos de agua salada o arena.
- Si se ha producido un derrame de materias nocivas a bordo del avión.
- Cuando las ruedas han sufrido la acción nociva y prolongada del agua.
- Después de la sustitución de parabrisas.
- Contaminación por radioactividad.
- Después de incendio de motor.
- Después del montaje de una superficie de mando de vuelo o de alguno de sus componentes importantes. .
- Después de la incorporación de modificaciones/alteraciones/reparaciones, o después de un informe del piloto sobre características no satisfactorias de los mandos de vuelo. - Tareas de

mantenimiento para periodos de inactividad prolongada. .- Cuando alguna batería ha sufrido un estado de sobret temperatura durante la operación del avión. .

- Inspecciones en caso de que el avión haya sobrepasado la aceleración "g", permitida. .- Inspección por exceder la velocidad con flaps fuera.

5.2.2.1.1.- COMPROBACIÓN DESPUÉS DE UN ATERRIZAJE VIOLENTO. NOTA:

Se considera como aterrizaje violento cuando la lectura en el acelerómetro sobrepasa el valor de 2,5 G.

Efectuar la inspección estructural del avión en las tres etapas que se detallan a continuación. Si una etapa de inspección no revela ninguna señal de daño, no es necesario pasar a la etapa siguiente.

ETAPA I:

A.- Inspeccionar los neumáticos en cuanto a desgaste excesivo, deformación permanente y daños en general.

B.- Inspeccionar las ruedas en cuanto a grietas o roturas.

C- Inspeccionar los amortiguadores y acoplamientos de torsión de las partes del tren de aterrizaje y el actuador del sistema de dirección del tren auxiliar, en cuanto a fugas, grietas, roturas o deformación.

D.- Inspeccionar el revestimiento de ala exterior, en cuanto a señales de fugas de combustible.

E. Inspeccionar el revestimiento exterior del plano medio en las zonas entre el fuselaje y las góndolas, en cuanto a deformaciones y estado general.

F.- Después de la extensión de los flaps, inspeccionar el revestimiento de los flaps y de los alerones, en cuanto a arrugas y estado general.

G.- Inspeccionar los soportes y guías de los flaps, en cuanto a señales de daños en las zonas de las uniones estructurales de las barras.

H.- Inspeccionar el revestimiento del fuselaje central, desde la cuaderna 21 a la cuaderna 24, en cuanto a señales de arrugas, grietas o roturas y remaches flojos o saltados.

J.- Inspeccionar los capos de las góndolas, en cuanto a grietas o roturas en los puntos de unión.

K.- Inspeccionar los tubos de estructura del motor, en cuanto a grietas o deformaciones.

L.- Inspeccionar el fuselaje posterior, en cuanto a arrugas en el revestimiento y elementos de unión flojos.

M.- Inspeccionar las zonas contiguas a los marcos de las ventanas, en cuanto a señales de deformaciones o daños.

ETAPA II:

A.- Elevar el avión sobre gatos.

B.- Abrir las compuertas del tren de aterrizaje auxiliar y las puertas del tren principal, e inspeccionar todos los herrajes de unión y sus zonas adyacentes, en cuánto a arrugas, grietas ó roturas y estado de los remaches.

C.- Comprobar que el juego anular de cada uno de los componentes del tren de aterrizaje, medido en el sentido de su eje vertical, se mantiene dentro de los límites permitidos.

D.- Inspeccionar los largueros y cuadernas del fuselaje posterior, especialmente en la zona desde la cuaderna 30 a la cuaderna 46, en cuánto a grietas o roturas, arrugas, fracturas y estado de los remaches.

E.- Inspección exterior de las superficies fijas y móviles, e inspección interior, a través de paneles de acceso, de arrugas, grietas, roturas, fracturas y estado de los remaches.

F.- Si ésta etapa de inspección revela la posibilidad de daño interior, efectuar una detección de grietas por procedimiento magnético en materiales férricos, y por procedimientos de líquido penetrante fluorescente, en materiales de aleación de aluminio.

ETAPA III:

A.- Inspeccionar los marcos y juntas de ventana entre el parabrisas y la estructura, en cuánto a grietas o roturas, deformación y estado de los remaches.

B.- Inspeccionar los herrajes de unión de ala exterior al plano medio, en cuánto a grietas, deformación, arrugas y estado de los remaches.

C.- Desmontar los paneles de tapicería interior. Inspeccionar las cuadernas desde la 21 a la 24, en las zonas cercanas a los herrajes de unión de fuselaje al plano medio, en cuánto a grietas o roturas, aplastamiento, arrugas, y estado de los remaches del revestimiento. Inspeccionar las cuadernas desde la 21 a la 24, en las zonas de los herrajes de unión del fuselaje al tren principal en cuánto a deformación, grietas o roturas, arrugas y estado de los remaches.

D.- Inspeccionar las zonas de los largueros anterior y posterior del plano medio, entre el fuselaje y las góndolas, a través de los paneles de acceso.

E.- Levantar la tapa de inspección del morro, e inspeccionar los mamparos en la cuaderna 1 de la sección de morro.

F.- Inspeccionar los largueros y las cuadernas 46, 48 y 50 en el fuselaje, a través de los paneles de acceso disponibles, en cuánto al estado de los estabilizadores horizontales y vertical y en su unión con los herrajes del fuselaje de cola y de la estructura adyacente, en cuánto a grietas o roturas, arrugas, deformación y estado de los remaches y de los herrajes de unión.

G.- Comprobar la alineación geométrica del avión.

5.2.2.1.2.-ATERRIZAJE CON SOBREPESO.

Cuando ha tenido lugar un aterrizaje con sobrepeso, y se ha registrado en la hoja de vuelo, deben efectuarse las comprobaciones requeridas para ATERRIZAJE VIOLENTO.

5.2.2.1.3.-DESCARGA ELÉCTRICA EN LAS HÉLICES.

La mayoría de las descargas dejan una señal en el punto de entrada o de salida de la descarga en las puntas de las palas. En algunos casos, esta zona es de color oscuro y se aprecian efectos de erosión. Generalmente, el material circundante de la zona está afectado. Otra zona dañada es el cojinete de empuje de la pala.

A veces se presentan efectos de arco eléctrico, que son visibles en las pistas y en las bolas del cojinete. En todos estos casos, todas las piezas de acero quedan imantadas debido al paso de la comente.

Acción recomendada: Las palas que presenten señales de descarga eléctrica deben someterse a pruebas de dureza, alrededor del punto de entrada o de salida. Además, las zonas, tanto exterior como interior del fuste deben revisarse en cuanto a efectos de arco eléctrico.

Las palas de baja dureza debe desecharse, lo mismo que las palas que muestren señales de arco eléctrico en el fuste.

En todos los casos, debe sustituirse el cojinete de empuje y deben desmagnetizarse todas las piezas de acero.

5.2.2.1.4.-ATMOSFERA TURBULENTA.

Efectuar la inspección estructural del avión en las tres etapas que se detallan a continuación. Si una etapa de inspección no revela ninguna señal de daño, no es necesario pasar a la etapa siguiente.

ETAPA I:

A.-Inspeccionar completa y detenidamente los sistemas de mandos de vuelo, comprobando las tensiones de los cables de mando, sus puntos de roce, etc.

B.-Inspección exterior del revestimiento de las alas exteriores, en cuánto a fugas de combustible.

C.-Inspección exterior del revestimiento del plano medio, en las zonas entre el fuselaje y la góndola, en cuánto a arrugas y estado general.

D.-Después de extender los flaps, inspeccionar el revestimiento de los fiaps y de los alerones, en cuánto a arrugas y estado general.

E.-Inspeccionar los soportes y las guías de los flaps, en cuánto a señales de daños.

F.-Inspección exterior del revestimiento del fuselaje central, desde la cuaderna 21 a la cuaderna 24, en cuánto a señales de arrugas, grietas o roturas y remaches flojos o saltados.

G.-Inspeccionar visualmente la zona de la bancada de cada motor, en cuánto al estado de las barras de montaje y de la pared cortafuegos, así como la superficie anterior de las costillas entre las STA 3100 y la STA 3900 de ala.

ETAPA II:

A.- Elevar el avión sobre gatos.

B.- Comprobar la alineación geométrica del avión.

C.- Inspeccionar el revestimiento exterior del intradós del plano medio y ala exterior en las inmediaciones de las STA 1100, STA 4250 y STA 8110.

D.- Efectuar una inspección visual de los largueros anterior y posterior, y de los larguerillos de la superficie del extradós en cuánto a pandeo. Esta inspección se efectúa a través de los paneles de acceso al plano medio y los largueros posteriores.

E.- Inspeccionar las zonas contiguas a los marcos de las ventanas, en cuánto a señales de deformaciones o daños.

F.- Inspeccionar el larguero, los remaches, el revestimiento y la cuaderna del fuselaje posterior, especialmente, en la zona desde las compuertas de carga y las cuadernas desde la 28 a la 46, en cuánto a grietas o roturas, arrugas, fracturas y estado de los remaches. G.- Inspección interior de las superficies fijas y móviles, e inspección interior, a través de paneles de acceso, de arrugas, grietas, roturas, fracturas y estado de los remaches.

ETAPA III:

A.- Inspeccionar los herrajes de unión entre ala exterior y plano medio, en cuánto a grietas o roturas, deformación y estado de los bulones.

B.- Desmontar los paneles de tapicería interior. Inspeccionar las cuadernas desde la 21 a la 24, en las zonas cercanas a los herrajes de unión entre fuselaje y plano medio, en cuánto a grietas o roturas, aplastamiento, arrugas, y estado de los remaches del revestimiento. Inspeccionar las cuadernas desde la 21 a la 24, en las zonas de los herrajes de unión del fuselaje al tren de aterrizaje principal, en cuánto a deformación, grietas o roturas, arrugas y estado de los remaches.

C.- Inspeccionar los largueros y las cuadernas 46, 48 y 50 en el fuselaje, a través de los paneles de acceso disponibles, en cuánto al estado de los estabilizadores horizontales y vertical en su unión con los herrajes de unión del fuselaje de cola, y de la estructura adyacente, en cuánto a grietas o roturas, arrugas, deformación y estado de los remaches y de los herrajes de unión.

5.2.2.1.5.- IMPACTO DE UN AVE EN EL FUSELAJE.

Después del impacto de un ave en el fuselaje, efectuar una inspección visual en cuánto a grietas o roturas, abolladuras u otros daños.

5.2.2.1.6.- IMPACTO DE UN AVE EN BORDES DE ATAQUE.

Si el impacto del ave se produce contra un borde de ataque, puede haberse dañado la zapata antihielo. Inspeccionar detenidamente la zona afectada. Toda zapata antihielo con grietas o roturas inaceptables deben sustituirse. Comprobar la estructura del borde de ataque en cuánto abolladuras, grietas u otros daños.

5.2.2.1.7.- IMPACTO DE UN AVE EN PARABRISAS.

Las dos lunas anteriores poseen las características adecuadas, en lo que se refiere a la resistencia e impactos. No obstante, cuándo se produce un impacto de ave, después de aterrizar, hay que revisar la luna afectada en cuánto a grietas o roturas. Efectuar la prueba funcional del sistema antihielo del parabrisas. Si es necesario, sustituir la luna, siguiendo las instrucciones dadas para ello en los Manuales de Mantenimiento.

5.2.2.1.8.- ENTRADA DE OBJETO EXTRAÑO

Inspeccionar visualmente el conducto de entrada de aire y las zonas adyacentes, en cuánto a abolladuras, mellas, fracturas, grietas u otros daños. Si hay algún daño, reparar lo que sea necesario.

Inspeccionar visualmente, a través de la entrada de aire, en cuánto a alabes deformados, abolladuras, mellas, fracturas, grietas y estado general, empleando una luz potente y un espejo. Si hay grietas visibles a simple vista, hay que desmontar el motor para enviarlo al taller de reparaciones correspondiente. Los límites referentes a deformación de alabes que no requieren reparación aparecen en el Manual de Mantenimiento del Motor.

Los alabes defonnados pueden repararse de conformidad con el Manual de Mantenimiento del Motor.

5.2.2.1.9.- AVIONES OPERANDO EN AMBIENTES ADVERSOS.

1.- Descripción General.

El Programa de Mantenimiento Recomendado, ya incluye dentro del programa de inspecciones estructurales, un Programa de Prevención y Control de Corrosión que está basado en un ambiente de operación medio.

Aunque el programa incorpora una serie de directrices para modificar el mismo en caso de que se encuentren niveles de corrosión por encima del nivel "1" (definido por la corrosión superficial y su tratamiento); se debe tener en cuenta desde el comienzo de las operaciones en ciertos ambientes esta circunstancia, para adecuar desde el primer momento el Programa de Inspecciones.

En particular, los aviones que operan frecuentemente en zonas cercanas al mar o arenosas se ven seriamente afectados por corrosión, principalmente debida a la presencia de:

Atmósfera salina.

Abrasión por arena.

Condensación debido a temperaturas extremas día/noche.

Atmósfera marina.

En estas áreas, y con el fin de prevenir la corrosión del avión, se recomienda incorporar al programa de mantenimiento del operador una serie de acciones de mantenimiento específicas (lavados, limpiezas, etc.).

Como regla general el avión deberá ser minuciosamente inspeccionado por signos de corrosión en cada inspección programada.

Una minuciosa limpieza, un programa de inspecciones específico y el cuidado de las protecciones, son el medio más efectivo para minimizar los daños por corrosión evidenciando los ataques corrosivos durante sus etapas iniciales.

Por lo tanto, cuando se encuentren evidencias de corrosión o daños, éstos deben ser inmediatamente eliminados y la zona afectada protegida de acuerdo con las instrucciones del

Manual de Control de Corrosión. Una acción rápida y correcta reduce ó elimina los efectos de corrosión, evitando costosas reparaciones.

2.- Recomendaciones:

Lavar el motor de acuerdo con las recomendaciones incluidas en el Manual de Mantenimiento.

Lavar y limpiar el avión con una frecuencia que viene dada por la localización de la base operativa y el tipo de operación que se realiza y que se establece en la Tabla (A). Los procedimientos de lavado y limpieza están descritos en el Manual de Control de Corrosión correspondiente.

Lubricar todos los elementos externos indicados en el Manual de Mantenimiento Capítulo 12, cada tres lavados, ó cuándo en el lavado se observen pérdidas de lubricante.

| PERIODO DE ALMACENAMIENTO (meses) | | | | TAREA REF. | INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO |
|-----------------------------------|-------|--------|---------|------------|---|
| 0 a 1 | 1 a 6 | 6 a 12 | 12 a 24 | | |
| | X | X | X | 14.1 | Montar "kits" de primeros auxilios y chalecos salvavidas. |
| | | | | 15 | <u>HELICES</u> |
| | X | X | X | 15.1 | Limpiar e inspeccionar las hélices desmontando el cono. |

TABLA A.

5.2.2.1.10.- CUANDO ALGUNA BATERÍA HA SUFRIDO UN ESTADO DE SOBRETENPERATURA DURANTE LA OPERACIÓN DEL AVIÓN.

Efectuar la comprobación general de la batería, de conformidad con las instrucciones del fabricante.

5.2.2.1.11.- INSPECCIONES EN CASO DE QUE EL AVIÓN HAYA SOBREPASADO LA ACELERACIÓN "g" PERMITIDA.

A.- inspeccionar completa y detenidamente los sistemas de mandos de vuelo, comprobando las tensiones de los cables de mando, sus punas de roce, etc.

B.- Inspección exterior del revestimiento del extradós de ala en cuánto a posible distorsión de la chapa por alabeo y compresión.

C- Inspeccionar visualmente las costillas y largueros del extradós en cuánto a alabeo. Esta inspección se efectúa a través de los paneles de acceso del ala.



D.- Inspeccionar el revestimiento exterior del intradós del plano medio, en las inmediaciones de la STA 1400 de ala. Quitar la pintura de la zona y efectuar una inspección aplicando procedimientos de pruebas no destructivas, en cuánto a presencia de grietas alrededor de los orificios de los remaches, y de remaches flojos o saltados. E.- Inspeccionar visualmente la zona de bancada, en cuánto al estado de las barras de montaje y la pared cortafuegos, así como las superficies anteriores de las costillas entre las STA 3100 y STA 3900 de ala.

F.- Inspeccionar visualmente el estado de los remaches entre las cuadernas 21 y 24 de fuselaje.

G.- Inspeccionar los largueros y los herrajes de unión entre plano medio y fuselaje, en cuánto a deformación y estado general.

H.- Inspeccionar los herrajes de unión entre estabilizadores horizontales y fuselaje, y el larguero contiguo a los herrajes de unión, en cuánto a daños y estado general.

J.- Si alguno de los anteriores puntos, resultase positivo, comprobar la alineación geométrica del avión.

5.2.2.1.12.- INSPECCIÓN POR EXCEDER LA VELOCIDAD CON FLAPS FUERA.

Cuando se haya excedido el límite de velocidad con flaps extendidos realizar las siguientes operaciones:

A.- Comprobar que ninguna de las señales de aviso de fallo de los flaps permanece encendida.

B.- Inspeccionar las superficies en cuánto a remaches saltados, delaminaciones y estado general.

C.- Inspeccionar carenas, soportes y guías de los flaps, por evidencia de daños.

D.- Desmontar las tapas de acceso a los ejes de transmisión e inspeccionarlos por evidencia de roces en la zona de los semianillos, deformaciones y holguras o grietas en los remaches.

E.- Efectuar comprobación del funcionamiento de los flaps en todas sus posiciones.

5.3.- VUELO DE PRUEBA.

5.3.1.- Generalidades.

Esta sección indica las circunstancias que requieren una verificación de mantenimiento a efectuar mediante la realización de un vuelo de prueba, con el fin de garantizar la aeronavegabilidad del avión y su capacidad para el cumplimiento de su misión.

5.3.2.- Circunstancias que requieren un vuelo de prueba.

Las acciones de mantenimiento que requieren un vuelo de prueba son:

A.- Sustitución de una ó ambas alas exteriores.

B.- Sustitución del timón de dirección, motor de trim o mecanismo del Smart Tab. Si bien en el supuesto de sustitución de alguno de los motores de trim, no será necesario el vuelo de pruebas, cuando se midan las deflexiones máximas de la superficie con el motor a reemplazar y se ajusten las correspondientes al nuevo motor a esos valores.

C- Sustitución de alguno de los timones de profundidad de alguno de los motores de trim o del mecanismo del Servo Tab. Si bien en el supuesto de sustitución de alguno de los motores de trim, no será necesario el vuelo de pruebas, cuando se midan las deflexiones máximas de la superficie con el motor a reemplazar ó se ajusten las correspondientes al nuevo motor a esos valores.

D.- Instrucciones de un Boletín de Servicio.

5.4. INSPECCIONES HELICÓPTEROS.

Los requerimientos de las inspecciones a realizar, los encontraremos en los distintos ATA,s (05) ó Capítulos, de los distintos Manuales de Mantenimiento. Todos estos requerimientos constituyen un programa de inspección aprobado por el fabricante, y en conveniencia del Operador (cliente), puede emplear los distintos Listados de Inspecciones, proporcionados a tal efecto. Para ello, y tomando como ejemplo, el programa de Augusta Helicopter:

Listados Inspecciones Parte A, consta de la Inspección Diaria, 100 horas/12 meses, 1000 horas y una de 3000 horas/5 años. Listado Inspecciones Parte B, consta de una inspección de 25 horas/15 días, 300 horas/180 días, 600 horas/12 meses, y una de 3000/5años. Podemos llevar a cabo el mantenimiento programado, acogiéndonos a una parte o a otra (A ó B). De tal forma que una vez incluido un helicóptero en un programa u otro, deberá seguir el mismo, con las siguientes excepciones:

- Si un helicóptero comienza su mantenimiento en el programa A, y deseamos cambiarlo al B, deberemos completar una inspección de 1000 horas. Entonces se podrá cambiar al programa B, comenzando el programa con una inspección de 25 horas/15 días (lo que primero ocurra. Si un helicóptero comienza su mantenimiento en el programa B, y deseamos cambiarlo al B, deberemos completar una inspección de 600 horas. Entonces se podrá cambiar al programa A, comenzando el programa con una inspección diaria. Por aplicación obligatoria de Boletines de Servicio. Antes de llevar a cabo la inspección, abrir ó quitar lo necesario, carenados, chapas cortafuegos, registros y paneles. Los requerimientos para puesta en servicio y engrase, no están añadidos en programas. Tendremos que remitirnos a la carta de engrase y al

diagrama de puesta en servicio, dispuestas en los ATA,s ó Capítulos correspondientes de los Manuales de Mantenimiento.

RESPONSABILIDAD.

La cumplimentación de estos requerimientos de inspección nos asegura que los posibles defectos latentes sean descubiertos y corregidos antes de que ocurra un mal funcionamiento ó un serio problema.

Si el helicóptero opera bajo condiciones locales adversas, estos intervalos de tiempo pueden ser reducidos por el Responsable del Mantenimiento para asegurar la Seguridad de Vuelo.

PREVIO A LLEVAR A CABO CUALQUIER INSPECCIÓN.

- 1.- Comprobar las posibles discrepancias anotadas en los diferentes registros. (Libro de Helicóptero, etc.). Cualquier defecto ó daño deben ser eliminados antes del vuelo.
- 2.- Asegurarse que todas las Inspecciones Especiales requeridas y las aplicables, y los Boletines de Servicio se tengan que cumplimentar.
- 3.- Engrasar el helicóptero de acuerdo con la Carta de Engrase.
- 4.- Quitar y abrir sólo lo necesario para llevar a cabo la inspección: carenados, chapas cortafuegos, registros y paneles.
- 5.- Para llevar a cabo la Inspección de la Turbina/s, seguiremos los procedimientos marcados en los Manuales de Mantenimiento del fabricante de la/s misma/s.
- 6.- Inspección para controlar la Corrosión. Seguiremos los procedimientos marcados en el Programa de Control de la Corrosión, establecido por el fabricante.
- 7.- Reemplazar todos los componentes que hayan cumplido su Límite de Vida. Podemos encontrar el listado de estos componentes en el ATA 05.
- 8.- Realizar el overhaul a todos los componentes que hayan completado su tiempo entre overhaul.

5.5. INSPECCIONES PERIÓDICAS.

5.5.1.- PROGRAMA A. Entre las que encontramos:

- 1.- Inspección Diaria: La completaremos diariamente antes de cada vuelo. Cualquier defecto ó daño encontrado debe ser subsanado antes del vuelo.
- 2.- Inspección de 100 horas /12 meses: La completaremos cada 100 horas de funcionamiento ó después de 12 meses, lo que primero ocurra.

PREVIO:

- Comprobar todas las discrepancias anotadas en los registros de Mantenimiento.
- Comprobar puntos de Inspección para la Turbina/s.

Anotar todos los trabajos realizados en los Formatos Correspondientes.

Realizar una Inspección Diaria

. 3.- Inspección 1000 horas: La completaremos cada 1000 horas de funcionamiento

PREVIO: - Todos los trabajos se registrarán en los Formatos Correspondientes.

Realizar puntos de Inspección correspondiente a 100 horas/12 meses

Engrasar el Helicóptero según la Carta de Engrase. 4.- Inspección de 3000 horas/5 años: La completaremos cada 3000 horas de funcionamiento o cada 60 meses, lo que ocurra primero.

PREVIO: - Todos los trabajos se registrarán en los Formatos Correspondientes.

Realizar una inspección completa de 1000 horas.

- Engrasar el Helicóptero según la Carta de Engrase.

5.5.2.-PROGRAMA B.

1.- Inspección de 25 horas/15 días: La completaremos cada 25 horas de funcionamiento ó después de 15 días, lo que ocurra primero.

5.6.1- INSPECCIONES ESPECIALES.

Las Inspecciones Especiales son realizadas en el Helicóptero según los intervalos que pueden diferir entre horas de funcionamiento/intervalos de inspección por calendario.

Son el resultado de operaciones anormales, sustitución prematura de componentes ó funcionamiento en condiciones medioambientales corrosivas. Entre algunas Inspecciones, encontramos:

- Diariamente.
- Diariamente ó Cada 10 horas de funcionamiento, lo que ocurra primero hasta las 250 horas.
- Entre 5 y 10 horas de funcionamiento, después de instalar un componente (Retorquear la tuerca del mástil del rotor principal)
- Entre 15 y 30 horas de funcionamiento, después de instalar un componente.

Cada 25 horas de funcionamiento

Cada 7 días en ambiente corrosivo y cada 30 días en ambiente no

corrosivo (Lavar las palas R/P, inspeccionar su superficie, y aplicar aceite preservación)

Cada 100 horas de funcionamiento

- Cada 400 horas ó 1600 ciclos (Arranque/Parada), lo que ocurra primero.
- Cada 24 meses.

Cada 10000 horas total de la Estructura y cada 300 horas ó la Inspección de 12 meses, lo que ocurra primero y después de las horas totales (Inspección del Main Beam Cap).

- Después de que el Helicóptero ha volado sobre agua salada ó se ha mojado con ésta. (Lavar el helicóptero entero con agua fresca, particularmente la entrada y carenados del/los motor/motores. Lavar todos los componentes expuestos al agua salad. Realizar una inspección detallada por corrosión. Aplicar C.P.C. a todos los componentes sin pintar, anodizados ó conjuntos cadmiados. Limpiar el compresor y el conjunto motor (Manual de Motor)

5.6.2.- INSPECCIONES CONDICIONALES.

Realizaremos las Inspecciones Condicionales según ocurra: Después de una Toma Dura, Parada Repentina -con potencia o sin ella, Sobre velocidad, Sobre torque, Compresor Stall ó Surge

5.6.2.1.- INSPECCIÓN DESPUÉS DE UNA TOMA DURA.

La Toma Dura, es definida como un accidente o incidente en el que el helicóptero impacta con el suelo, teniendo como resultado la rotura de las horquillas de los montantes de la transmisión, rotura de los soportes estructurales del fuselaje del pylon, rotura del tren de aterrizaje ó la fijación estructural del puro de cola.

La evaluación de los componentes quitados de un helicóptero que haya tenido una toma dura, la haremos como un grupo interrelacionado. Anotaremos registros en los Formatos de Mantenimiento de cada componente quitado para cruzar referencias, part numbers y serial numbers de los componentes del sistema de transmisión de movimiento para su evaluación.

1.- Si se sospecha de que haya habido una toma dura, realizar los siguientes puntos:

A) Inspeccionar las palas del rotor principal y de cola por evidencia de daños producidos por el impacto. Si hay evidencia de daños, realizar la Inspección por Parada Repentina.

B) Inspeccionar visualmente la parte inferior del fuselaje y del puro de cola, por evidencia de contacto con el suelo.

C) Realizar la comprobación de desviación del tren de aterrizaje.

D) Inspeccionar el mástil por evidencia de contacto del rotor principal, por deformación de éste.

E) Inspeccionar el área alrededor de los montantes de la transmisión por evidencia de remaches flojos u otros daños.

F) Si no hay daños que hayan podido cizallar los travesanos del tren de aterrizaje, no hay evidencia de que se haya producido una toma dura.

2.- Si hay una toma dura, realizar los siguientes pasos:

A) Quitar y realizar una Inspección-Evaluación por Overhaul de los siguientes componentes:

1.-Conjunto del mástil. (Si existe deformación en el mástil, entre la zona de contacto de los topes estáticos de la cabeza del rotor principal y el mástil, éste es inservible y no reparable) 2.- Transmisión. 3.- Eje de Potencia.

B) Realizar una Inspección Visual de los siguientes componentes, los cuáles los mantendremos en servicio si no hay daños ó discrepancias obvios. Reemplazar los componentes dañados:

1.- Palas y Cabeza del Rotor Principal

3.- Palas y Cabeza del Rotor de Cola.

4.- Caja Intermedia y del Rotor de Cola

5.- Ejes de Transmisión al Rotor de Cola.

6.- Hangers del Rotor de Cola.

7.- Conjunto Plato Oscilante y Soporte.

8.- Conjunto Tijeras y Manga de Colectivo.

9.- Conjunto Barra Estabilizadora.

10.- Componentes que soporten directamente la Estructura del Helicóptero

C) Comprobar todos los carenados y puertas por correcto ajuste y alineación. Inspeccionar todas sus fijaciones.

D) Usar una lupa de 10 aumentos, e inspeccionar toda la estructura soporte del pylon por remaches cortados, abrazaderas agrietadas, ángulos agrietados, y soldaduras. Prestar especial atención a los puntos de fijación de los montantes del pylon.

E) Inspeccionar el lift link, fijaciones del lift link y soporte de éste por grietas o evidencia de otros daños. Quitar el lift link y reemplazarlo, si está dañado.

F) Quitar los amortiguadores del pylon, despiezar y comprobar por cizallamiento. Si no hay evidencia de daño, montar y ponerlo en servicio.

G) Comprobar las fijaciones y tornillos de los montantes del motor por daños y flojos. H) Inspeccionar los mamparos cortafuegos por evidencias de daños.

I) Inspeccionar todo el fuselaje del puro de cola, sus fijaciones, largueros, travesaños, cuadernas. Comprobar el torque de los tornillos de fijación para determinar, si se han cizallado.

J) Inspeccionar todo el Sistema de Controles de Vuelo, desde los controles de Piloto, hasta la Cabeza de rotor principal. Prestar especial atención a los controles en zonas cercanas a la estructura.

K) Presurizar el Sistema Hidráulico y comprobar fugas, interferencias, agarrotamiento y funcionamiento correcto.

L) Inspeccionar los sistemas de combustible, aceite, neumático por daños. Efectuar una prueba en tierra y comprobar fugas de estos sistemas.

3.- Inspeccionar el Motor según el Manual de Mantenimiento.

4.- Si no se encuentran daños significantes, no es necesario una inspección mayor.

5.6.2.2.- INSPECCIÓN POR PARADA REPENTINA (CON POTENCIA O SIN ELLA)

La parada repentina se define como una rápida deceleración del sistema de transmisión causada dentro de la transmisión o por el contacto de las palas del rotor principal con la tierra, agua, nieve, vegetación densa, o por otro objeto con la suficiente inercia para causar una rápida deceleración. Si consideramos parada repentina, y se produce daño en las palas del rotor principal, cuando este causada por el golpeteo con un objeto lo suficientemente considerable, deberemos reemplazar las palas.

La evaluación de los componentes quitados de un helicóptero que haya tenido una parada repentina, la haremos como un grupo interrelacionado. Anotaremos registros en los Formatos de Mantenimiento de cada componente quitado para cruzar referencias, part numbers y serial numbers de los componentes del sistema de transmisión de movimiento para su evaluación 1.- Realizar una Inspección por Parada Repentina como sigue:

- A).- Palas y Cabeza del Rotor Principal
- B).- Componentes de control del Pylon.
- C).- Reemplazar todos los tornillos de los controles giratorios. Desechar los tornillos quitados.
- D).- Conjunto Mástil y Transmisión. Si éstos son quitados para inspeccionar por parada repentina, ambos componentes serán evaluados como un conjunto.
- E).- Hangers del sistema de transmisión al rotor de cola. Si estos presentan daños, se considerarán a éstos, inservibles y no reparables.
- F).- Ejes de transmisión al rotor de cola. Inspeccionaremos por estado.
- G).- Conjunto de Cabeza y Palas del rotor de cola. Si la parada es originada en el Rotor de Cola, éste se considerará inútil y no reparable.
- H).- Caja Intermedia y Caja del Rotor de Cola. Comprobar por grietas y evidencia de deformación.
- I).- Sumidero de la Transmisión. Desmontaremos el quill de salida de movimiento al Rotor de Cola. Inspeccionaremos la huella del Engranaje y Realizaremos una evaluación por Overhaul.
- J).- Consultaremos el Manual de Mantenimiento de la Turbina para realizar la Inspección correspondiente.

5.6.2.3.- INSPECCIÓN POR SOBRE VELOCIDAD.

La Inspección por Sobrevelocidad la definimos como un incidente en el cuál se sobrepasan las RPM del rotor principal por encima del 110%.

La evaluación de los componentes quitados de un helicóptero que haya tenido una sobrevelocidad, la haremos como un grupo interrelacionado. Anotaremos registros en los Formatos de Mantenimiento de cada componente quitado para cruzar referencias, part numbers y serial numbers de los componentes del sistema de transmisión de movimiento para su evaluación. 1.- Realizar la Inspección por Sobrevelocidad como sigue:

A).- Consultar los Manuales de Mantenimiento del Motor para los requerimientos de Inspección por sobrevelocidad.

B).- Cabeza y Palas del Rotor Principal. Efectuar un Overhaul condicional de la cabeza e inspeccionar las palas por delaminación y deformación.

C).- Palas y cabeza del Rotor de Cola. Anotar un registro en los formatos de Mantenimiento, indicando la razón del desmontaje que sea por sobrevelocidad.

5.6.2.4.- INSPECCIÓN POR SOBRETORQUE.

La definimos como un incidente en el cual existen cargas de torsión en exceso de los límites establecidos en el sistema dinámico del helicóptero.

La evaluación de los componentes quitados de un helicóptero que haya tenido un sobretorque, la haremos como un grupo interrelacionado. Anotaremos registros en los Formatos de Mantenimiento de cada componente quitado para cruzar referencias, part numbers y serial numbers de los componentes del sistema de transmisión de movimiento para su evaluación.

1.- Consultaremos el Manual de Mantenimiento del Motor para comprobar los límites por Sobretorque.

2.- Cuando el sobretorque no exceda del 108%, realizaremos una inspección de los siguientes componentes. Si la inspección no revela discrepancia alguna o que exista daño obvio en los componentes, éstos son considerados útiles.

A).- Palas y Cabeza del Rotor de Cola.

B).- Cabeza del Rotor Principal.

C).- Caja Intermedia. Comprobar por seguridad y retorquear los tornillos.

D).- Caja de Rotor de Cola. Comprobar por seguridad y retorquear los tornillos.

E).- Ejes y Hangers de la Transmisión al Rotor de cola.

F).- Barra Estabilizadora, Plato Oscilante, Tijeras y Manga de Colectivo, Eje de

Potencia, Mástil, Transmisión. 3.- Cuando el sobretorque excede del 108%, pero no del 112%:

A).- Inspeccionaremos visualmente los componentes anteriores.

B).- Inspeccionar los chip detector(s) de la transmisión.

C).- Inspeccionar el filtro principal y el filtro de rejilla de la bomba.

D).- Quitar los tornillos del quinto montante e inspeccionar éstos y el soporte del quinto montante. 4.- Cuando el sobretorque excede del 112%

A).- Realizaremos el Overhaul a los siguientes componentes: Transmisión, Eje de Potencia, Cabeza Rotor Principal, Mástil. 5.6.2.5.- INSPECCIÓN POR COMPRESOR STALL

Deberemos determinar la Indicación de NI (PRODUCTORA DE GAS) a la que ha ocurrido el compresor stall. Se caracteriza por un gran estruendo ó por una serie de cortos y bajos

estruendos, fuertes vibraciones de turbina y un rápido incremento en la Temperatura entre Turbinas (ITT), en función de la severidad del reflujó.

La evaluación de los componentes quitados de un helicóptero que haya tenido un compresor stall, la haremos como un grupo interrelacionado. Anotaremos registros en los Formatos de Mantenimiento de cada componente quitado para cruzar referencias, part numbers y serial numbers de los componentes del sistema de transmisión de movimiento para su evaluación.

Para llevar a cabo los requerimientos de la Inspección por Compresor Stall. inspeccionaremos los siguientes conjuntos principales:

1.- Planta de Potencia. Seguiremos los puntos de Inspección marcados a tal efecto en el Manual de Mantenimiento del Motor.

2.- Sistema de Transmisión de Potencia. Según las Indicaciones registradas al ocurrir el Compresor Stall, seguiremos las instrucciones dadas en los Manuales de

Mantenimiento.

3.- Estructura. Comprobaremos todos los remaches, paneles, vigas, largueros, etc. Del Puro de Cola por cualquier daño. Realizar Inspección Visual a las fijaciones de los Montantes del Motor y a los del Pylon.

TEMA XX.II

MANTENIMIENTO PROGRAMADO Y NO PROGRAMADO



CONCEPTOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

1.1.- INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de cualquier material y en especial del aeronáutico, se basa en una serie de trabajos tales como inspecciones, desmontajes, reparaciones, etc.

De manera clara en dos factores: el económico, en cuanto a horas-hombre invertidas y material empleado, y el operativo en cuanto a tiempo de inmovilización del material a mantener.

En algunas ocasiones se ha pensado, que la entrada de un avión o componente para una operación de mantenimiento, implicaba dejarlo como nuevo, como salido de fábrica. El coste cada vez más elevado de la mano de obra especializada, así como el material a emplear (repuestos, productos, etc.) y su gestión, aconsejan que se haga lo realmente imprescindible en las operaciones de mantenimiento; siempre que no se vaya en detrimento de la calidad y fiabilidad del producto terminado.

Teniendo en cuenta lo anterior, será posible realizar un mayor número de intervenciones en un mismo tiempo, con una mayor amortización de las instalaciones y equipos del Centro de Mantenimiento, una mayor disponibilidad del material y por consiguiente menor necesidad de stocks en los almacenes.

Por otro lado, no solo es necesario tomar la decisión de los trabajos a realizar: es importante también, que ésta sea tomada con rapidez, ya que la Sección de Control de Producción se basará en ella para su planificación y programación, y para pedir el material necesario de Abastecimiento. Un retraso en dicha decisión repercutiría en el tiempo de inmovilización del material.

A pesar de que un sistema sea funcional al comienzo de su vida operativa, todo usuario es consciente de que, independientemente de la perfección del diseño de un sistema, de la tecnología de producción o de los materiales usados en su fabricación, a lo largo de su operación se producirán ciertos cambios, en muchos casos irreversibles. Estos cambios son resultado de procesos tales como corrosión, abrasión, acumulación de deformaciones, distorsión, sobrecalentamientos, fatiga, operaciones incorrectas, etc.. Estos cambios producen

una variación en las características de actuación del sistema: la desviación de estas características respecto a los valores especificados es lo que se considera fallo del sistema.

Por consiguiente, el fallo del sistema puede ser definido como un suceso cuya realización provoca la pérdida de capacidad para realizar las funciones requeridas o para satisfacer los requisitos especificados. Independientemente de las razones de su aparición, un fallo causará la transición del sistema desde su estado satisfactorio a un nuevo estado insatisfactorio o estado de fallo. Para recuperar nuevamente la capacidad de realizar una función o para mantener esa capacidad independientemente de la aparición del fallo son necesarias unas tareas especificadas, o tareas de mantenimiento.

Es extremadamente importante que el usuario del sistema en consideración, tenga al principio de su vida operativa información sobre la funcionabilidad, dado que un sistema es útil cuando, y sólo cuando, realiza la función exigida. Hay que hacer énfasis en la proporción de tiempo durante el cual el sistema estará disponible. En esta funcionabilidad del sistema influyen los siguientes factores:

- a) Las características inherentes de un sistema, como fiabilidad, mantenibilidad y soportabilidad, que determinan directamente la frecuencia de presencia de fallos, la complejidad de las tareas de recuperación y la facilidad del apoyo a las tareas exigidas.
- b) La logística y el mantenimiento, cuyo objetivo es gestionar el suministro de los recursos necesarios para la conclusión de las tareas operativas y de mantenimiento y cuidar la ejecución de las tareas.

Por consiguiente, la cantidad de tiempo en que el sistema está operativo depende de la interacción entre características de diseño (fiabilidad, mantenibilidad, soportabilidad) y de la gestión y ejecución de las funciones logísticas y de mantenimiento.

1.1.- MISIONES DEL MANTENIMIENTO.-

Comprenden todas las acciones encaminadas a CONSERVAR el material (aeronaves y equipos) en condiciones de servicio (MANTENIMIENTO PREVENTIVO); RESTITUIR éstas, cuando el material se deteriore (MANTENIMIENTO CORRECTIVO), y DESEMBARAZAR a las compañías del material averiado o inútil, y en recoger el inservible, para su aprovechamiento o destrucción.

1.2. FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.-ENTRETENIMIENTO

- Clasificación del material en lo referente a condiciones de servicio.
- Revisiones periódicas.
- Pruebas de funcionamiento.
- Operaciones o tareas a que todas ellas (pruebas) dieran lugar.

REPARACIÓN

- Corrección de defectos y averías mediante:
- Sustitución de piezas

- Sustitución de conjuntos
- Reconstrucción

EVACUACIÓN

- Transporte de material averiado o inútil a los órganos encargados de su
- Clasificación y eventual reparación.

RECUPERACIÓN

Recoger el material inservible para su aprovechamiento o destrucción. **ABASTECIMIENTO.**

Son todas aquellas operaciones de entrega y recepción, tanto de repuesto ó componentes.

1.2.- DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede definirse como el "conjunto de actividades u operaciones precisas que atienden a la conservación y puesta a punto del material que se desgasta, estropea o deteriora por el uso, o bien por efecto de otros elementos, para que se encuentre en todo momento en perfecto estado de eficacia".

Se puede expresar también como, "conjunto de acciones llevadas a cabo para mantener el material en condición de servicio o para devolverle a esa condición. Todo ello se debe realizar con un tiempo mínimo de inmovilización, con un gasto mínimo de recursos y cumpliendo las exigencias de los requisitos de la misión y calidad de trabajo.

A nivel general, al analizar los objetivos de las tareas de mantenimiento es posible enumerarlos de la siguiente forma:

- 1) Reducción del cambio de condición, con /o que se consigue un alargamiento de la vida operativa del sistema.
- 2) Garantía de la fiabilidad y seguridad exigidas, lo que reduce la probabilidad de presencia de fallos.
- 3) Consecución de una tasa óptima de consumo de ciertos elementos, lo que contribuye al coste-eficacia del proceso.
- 4) Recuperación de la funcionalidad del sistema, una vez que se ha producido el fallo.

Para la consecución de estos objetivos necesitamos unos recursos de mantenimiento, que se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- a) Abastecimiento
- b) Equipos de prueba y apoyo
- c) Personal
- d) Instalaciones
- e) Datos técnicas

f) Recursos informáticos

Asimismo, los procesos de mantenimiento, como tantos otros, tienen sus propias restricciones. Las más frecuentes son las siguientes:

1. Presupuesto.
2. Programación: tiempo disponible
3. Reglamentaciones de seguridad
4. Entorno, Clima
5. Idioma
6. Cultura, costumbres tradicionales

Es importante conseguir un control óptimo sobre las operaciones de mantenimiento para conseguir los objetivos de calidad, seguridad, costes y tiempos. Para ello existen herramientas como:

- a) Planificación y control del mantenimiento.
- b) Control de producción
- c) Gestión de la calidad
- d) Control de la configuración
- e) Control de recursos, que nos permiten una perfecta trazabilidad del estado del proceso en cuanto a los parámetros medidos.

a) *Planificación y Control del Mantenimiento.* La utilización de herramientas y metodologías de planificación del mantenimiento permite un aprovechamiento óptimo de los recursos humanos, equipos e infraestructura rescatando los tiempos muertos y reduciendo los tiempos de las tareas. Igualmente estas herramientas y metodologías nos permiten un seguimiento exhaustivo del avance de los trabajos y por ello una posible replanificación de éstos. Así mismo, la planificación nos permite prever con tiempo nuestras necesidades de todo tipo de recursos.

b) *Gestión de Calidad.* La gestión de calidad nos permite medir si los trabajos se hacen según los requisitos preestablecidos. Por otra parte, el análisis de desviaciones permite mejoras significativas del proceso de producción. Hay que resaltar que el control de calidad ha evolucionado hacia el concepto actual de Calidad Total, y ésta incluye la implicación de todo el personal dentro de los procesos de calidad y mejora de la producción, incluyendo mejoras de las tareas de mantenimiento o cambios de diseño.

c) *Control de la Producción.* La producción, es decir, la realización de las tareas de mantenimiento para devolver al sistema al estado de funcionamiento depende de las metodologías de control y se basan entre otros en:

- La preparación del trabajo
- Análisis de tiempos

- Análisis de costes
- Análisis de Calidad

Estos análisis y controles nos permiten una mejora y simplificación de las tareas de mantenimiento.

d) *Control de la Configuración*: Es necesaria la clara identificación de los elementos que componen el sistema de cara a obtener el conocimiento detallado y actualizado del mismo. Si el control de configuración es correcto nos permite saber antes de empezar a trabajar con un sistema determinado cuales son las tareas exactas que hay que hacer. Igualmente, si las tareas producen un cambio en su configuración, éste debe quedar reflejado.

e) *Control de los recursos*: El control sobre los recursos tanto humanos como materiales nos permite su mejor aprovechamiento. Este control no se refiere sólo a su rendimiento, sino también a su grado real de capacitación a las distintas tareas.

Del uso adecuado de estos recursos y de la idoneidad del Sistema orgánico adoptado, dependerá en gran medida el rendimiento del material. Dentro de la aeronáutica, hoy en día el énfasis del mantenimiento debe dirigirse hacia una buena **GESTIÓN DE CALIDAD y FIABILIDAD**, es decir, hacia un mantenimiento en el que los fallos no tengan cabida. La complejidad del material, la variedad de medios necesarios, su elevado coste, la cualificación técnica del personal y las exigencias en cuanto a **SEGURIDAD**, hacen que la importancia del mantenimiento crezca a tenor de ellas, puesto que de su éxito o fracaso dependerá la mayor o menor eficacia de la Empresa.

Al mantenimiento del material le deben ser aplicables métodos de la empresa moderna, orientados a una mayor productividad y basados fundamentalmente en el Planeamiento, la Producción y el Control. Por ello, cualquier sistema que pretenda ser eficaz, estará fundamentado en los métodos anteriormente citados para alcanzar una mayor productividad, dirigida a obtener la máxima cantidad y calidad, es decir al logro de unos niveles óptimos de aviones en vuelo operativos, objetivo final del mantenimiento de las aeronaves.

1.3.- PRINCIPIOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento como todas las actividades que se desarrollan dentro de una organización debe estar basado en unos Principios en los que se apoyen los procedimientos y sistemas que permitan alcanzar los objetivos propuestos. Entre ellos cabe destacar:

- Responsabilidad**: En todos los niveles, el Jefe es el responsable de todo el mantenimiento realizado por el personal a sus órdenes, sobre el material y equipo asignado.
- El mantenimiento preventivo** es esencial. Debe existir una constante Inspección del material, para que corrigiendo pequeños defectos, se puedan evitar averías más graves.
- El mantenimiento no debe restar movilidad**. El material utilizado por las unidades aéreas para el mantenimiento no debe constituir un lastre que le prive de la movilidad necesaria para el cumplimiento de su misión.
- Flexibilidad**. Debe poseer capacidad de adaptación a cualquier cambio de material o situación táctica.

e) **Coordinación con los Planes Operativos o de Instrucción.** Imprescindible para poder preparar el programa de actividades de mantenimiento que haya de desarrollar la unidad.

f) **Apoyo recíproco entre Mantenimiento y Abastecimiento.** La carencia de abastecimiento dificulta el mantenimiento, ya su vez, un mantenimiento defectuoso acarrea un incremento del consumo de abastecimiento.

g) **Máximo mantenimiento en el elemento orgánico más bajo** posible. Reparaciones rápidas y de alta calidad al nivel de Base, así como la cumplimentación de órdenes técnicas.

Existen una serie de factores que deberán tenerse en cuenta a la hora de organizar o adaptar un determinado sistema de mantenimiento. Como más importantes se pueden indicar los siguientes:

- ◆ Misión de la Empresa
- ◆ Características del material
- ◆◆ Estructura física del Taller de Mantenimiento
- ◆ Condiciones climatológicas y meteorológicas ◆◆ Experiencia y capacitación técnica del personal

1.4.- CICLO DE MANTENIMIENTO

Cuando se produce el fallo de un equipo, el trabajo necesario para repararlo se realiza a través de una serie de tiempos de reparación individuales asociados a cada una de las tareas. A la secuencia de realización de estas tareas se le denomina "Ciclo de Mantenimiento", que podemos dividir en las siguientes funciones básicas:

- ◆ Detección del fallo en funcionamiento
- ◆ Diagnóstico del problema y determinación de las acciones necesarias para corregirlo
- ◆ Preparación del trabajo real de reparación y realización del mismo
- ◆ Ajuste y comprobación del equipo y puesta en servicio

Todo ello nos va a llevar a unos tiempos de reparación que será necesario tener en cuenta a la hora de realizar la planificación del mantenimiento, Estos tiempos son los siguientes:

- > Intervalo de tiempo hasta conocer el problema

Es el período de tiempo comprendido entre el momento en que se produce el fallo de funcionamiento y el momento en que se conoce dicho fallo. Si el equipo estuviera supervisado continuamente, la detección sería inmediata, pero en el caso de un sistema que opere en régimen de no atendido el periodo de tiempo transcurrido hasta conocer el mal funcionamiento, puede ser considerablemente grande. En cualquier caso, se puede reducir el tiempo incorporando dispositivos de alarma y detección de fallos.

- > Notificación al servicio técnico

El tiempo considerado comprende el tiempo requerido por el operador para notificar la existencia del problema, más el transcurrido hasta que el técnico este en condiciones de comenzar la preparación del trabajo de mantenimiento, este tiempo depende fundamentalmente del tipo de organización, del sistema de comunicación utilizado, disponibilidad de personal, etc, y, en consecuencia no puede reducirse mediante el adecuado diseño del equipo.

> Recolección de herramientas y equipo de pruebas

Se refiere al tiempo que necesita el técnico para disponer de las herramientas y equipo de prueba necesario para realizar el trabajo de mantenimiento, y por otra parte el tiempo necesario para adquirir equipo adicional.

> Localización

Tiempo que necesita el técnico para determinar cual es la unidad que provoca el fallo, utilizando los propios elementos y controles del equipo. Este tiempo se puede reducir mediante la incorporación al diseño de ciertos dispositivos para la localización automática de los fallos.

> Desmontaje

Tiempo que se necesita para abrir el equipo y acceder al elemento que va a reemplazarse así, como para realizar el trabajo de mantenimiento necesario. Es función del diseño del equipo y puede reducirse incorporando elementos adecuados que faciliten una rápida apertura y desmontaje y proporcionen la máxima facilidad de acceso.

> Aislamiento

Tiempo que se necesita para realizar las tareas de mantenimiento necesarias para aislar las causas del mal funcionamiento. Suele ser el elemento que requiere más tiempo dentro del ciclo de mantenimiento como consecuencia de la necesidad del técnico de proceder paso a paso utilizando las técnicas de aislamiento y aplicando el razonamiento lógico basado en sus conocimientos teóricos y prácticos y, en algunos casos, métodos de localización de errores mediante pruebas externas. El factor humano es fundamental. Se puede mejorar la mantenibilidad dotando al diseño de las adecuadas características de aislamiento e incorporando dispositivos de comprobación y control que reduzcan al máximo la influencia del factor humano.

> Obtención de repuestos

El tiempo que necesita el técnico para obtener los repuestos depende del tipo de organización de transporte, la ubicación de los repuestos y la forma de almacenamiento. Este tiempo no es, normalmente, un factor integrado en el diseño de la mantenibilidad de un equipo. No obstante, existen algunas consideraciones de la mantenibilidad en el diseño

que afectan indirectamente a la disponibilidad de los repuestos y en este caso, el tiempo necesario de obtención puede ser parcialmente controlable en el diseño. Tal es el caso de la normalización de piezas y componentes y la utilización de subconjuntos reemplazables.

> Intercambio

Es el requerido para la separación del elemento o subconjunto reparable que ha fallado y para la instalación de uno nuevo. El método de montaje de los elementos susceptibles de un mal

funcionamiento tiene una influencia fundamental en el tiempo de intercambio y puede reducirse mediante un estudio de los procesos de montaje incluidos en el diseño del equipo.

> Ajuste

El tiempo de ajuste es el requerido para la recalibración, puesta a punto, etc., Este tiempo de ajuste puede eliminarse en lo posible diseñando conjuntos cuya necesidad de ajuste no sea crítica siendo posible eliminar esta operación y disponiendo de repuestos que hayan sido fabricados con tolerancias y características lo más idénticas que sea posible a los elementos originales.

> Montaje

Tiempo necesario para el reemplazamiento de los elementos que han sido eliminados durante el desmontaje y el tiempo para cerrar el equipo dejándolo preparado para su entrada en servicio. En general, los elementos de diseño que reducen el tiempo de desmontaje son efectivos en la reducción del tiempo de montaje.

> Comprobación

El último elemento de tiempo en el ciclo de mantenimiento es el tiempo que necesita el técnico para determinar si el equipo funciona satisfactoriamente y está dispuesto para iniciar el servicio. Muchos de los dispositivos incluidos en el diseño del equipo para facilitar la localización sirven para reducir el tiempo de comprobación, en ciertos casos es conveniente incluir dispositivos especiales para la operación de comprobación.

1.5.- TIPOS DE MANTENIMIENTO

Los tipos de mantenimiento que generalmente se consideran son los siguientes:

1.5.1.-MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Comprende todas las acciones que hay que realizar sobre el material o equipo cuando éste pierde su condición de útil debido a un fallo brusco o anomalía. Consta básicamente de las siguientes actividades:

- Detección del Fallo
- Localización del Fallo
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje
- Pruebas
- Verificación

Dado que no se puede predecir la aparición de fallos e imprevistos, la planificación de las tareas a realizar es prácticamente inviable. Esta problemática junto al elevado tiempo que consume la identificación y diagnóstico de problemas, hace que los costes asociados sean muy elevados.

Por tanto, cabe pensar en la búsqueda de soluciones que ayuden a mejorar y evitar este tipo de acciones correctivas; Surge el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento correctivo ó no programado vendrá impuesto por:

- Anomalías o fallos encontrados al realizar cualquier tarea de Mantenimiento Programado.
- Fallos de algún sistema durante el funcionamiento.
- Incidentes o accidentes.
- Teles.
- Boletines Técnicos.
- Ordenes de modificación.

1.5.1.1.- CLASES DE MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO O CORRECTIVO.

El mantenimiento correctivo puede ser:

- Investigación de averías.
- Reparaciones.
- Revisiones especiales.

GENERALIDADES.

Las inspecciones y revisiones programadas, pueden dar como necesidad someter a las aeronaves a tareas de reparación. Para facilitar la misión de los equipos; una vez notado el fallo de funcionamiento o cualquier otra anomalía mecánica o eléctrica, la Investigación y reparación que corresponda hacer, se desarrollará en las tres fases siguientes;

- Localización de averías.
- Reparaciones.
- Reglajes y ajustes.

REPARACIONES

Son las tareas que se realizan para proceder, exclusivamente, a la sustitución de piezas, conjuntos de ellas, y/o componentes que se encuentran averiados pertenecientes a los sistemas o partes que componen el helicóptero.

Las reparaciones correspondientes al segundo escalón son de dos clases:

- Normales
- Eventuales o propias de escalón superior.

Las reparaciones normales son las que se describen en la carta de atribuciones de mantenimiento, que especifica la tarea de mantenimiento que se puede realizar a dicho conjunto o sistema averiado (Inspección, ajuste, alineación, calibración, instalación, reemplazamiento, reparación)

Los factores básicos que rigen esta clase de reparación son los siguientes:

- Herramientas y útiles especiales de dotación en el 2º escalón.
- Tiempo necesario y disponible para efectuar los montajes y desmontajes de las partes a sustituir.

Las reparaciones eventuales son aquellas que exigen el uso de herramientas y recambios que no posee normalmente el 2º escalón, pero que pueden ser facilitadas por el escalón superior.

La finalidad de este tipo de reparaciones es descargar de trabajo a los escalones superiores cuando se acumulan gran número de helicópteros en ellos.

REGLAJES Y AJUSTES

Son las tareas que se realizan para acomodar los mandos de controles a los distintos componentes de los sistemas, así como para poner dentro de límites cualquier sistema con arreglo a lo especificado en los manuales correspondientes.

REVISIONES ESPECIALES

Son las que hay que realizar como consecuencia de alguna de de las siguientes situaciones.

Clases de Revisiones Especiales:

1. Revisión Especial por sobrepasar límites operativos.
2. Revisión Especial por condiciones ambientales adversas.
3. Revisión Especial por Télex.
4. Revisión Especial por Boletines Técnicos.
5. Revisión Especial por Orden de Modificación.

1.5.2.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Comprende todas las acciones que se realizan para intentar mantener un artículo en una condición determinada, por medio de inspecciones sistemáticas y de la detección y prevención de fallos incipientes. Se realiza con la intención de reducir la probabilidad de fallo de un sistema o la degradación de un servicio prestado. Las actividades típicas de este tipo de mantenimiento pueden ser:

- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje
- Pruebas
- Verificación

Las tareas de mantenimiento de este tipo se realizan antes de que tenga lugar la aparición del fallo, con el objetivo principal, por tanto, de reducir el coste de mantenimiento y la probabilidad

de fallo. Las más comunes son sustituciones renovaciones revisiones generales, etc.. Es necesario recalcar que estas tareas se realizan a intervalos fijos, como por ejemplo, cada 3000 horas de operación, cada 500 aterrizajes, al margen de la condición real de los elementos o sistemas.

Es importante, para alcanzar una eficacia adecuada en la operatividad conjunta de la flota de aviones de una unidad, realizar un control riguroso de la progresión de horas de vuelo de cada avión, de modo que el cumplimiento del período de mantenimiento programado no se produzca en todos ellos de forma simultánea, sino de manera progresiva de modo que exista siempre un número fijo de aviones en proceso de mantenimiento y que este número sea el mínimo posible. Con este motivo, en las organizaciones de mantenimiento se controla la "diagonal" que es la representación gráfica del número de horas que ha efectuado cada avión desde que se realizó la última inspección periódica y que idealmente debe estar constituida por una serie de puntos situados sobre la diagonal del gráfico

En general los objetivos de este tipo de mantenimiento son:

- Aumentar la fiabilidad de un sistema
- Aumentar la vida del sistema
- Mejorar la planificación de los trabajos
- Reducir y regularizar las cargas de trabajo
- Facilitar la gestión del material
- Garantizar la seguridad

1.5.2.1.-MANTENIMIENTO PROGRAMADO. Dentro del Mantenimiento Preventivo, y realizándose periódicamente, bien, en tiempo real o por horas de funcionamiento; nos encontramos:

1.5.2.1.1.- INSPECCIÓN DIARIA

1.5.2.1.2.- LUBRICACIÓN

1.5.2.1.3.- INSPECCIONES PROGRAMADAS

1.5.2.1.4.- INSPECCIONES ESPECIALES

1.5.2.1.5.- PROGRAMA DE ANÁLISIS ESPECTROMETRICO DE ACEITES

1.5.2.1.6.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

1.5.2.1.7.-SUSTITUCION DE COMPONENTES Y PROCEDIMIENTOS DE RECUPERACIÓN

1.5.2.1.1.- INSPECCIÓN DIARIA.

Inspección que se realiza antes del vuelo, consistiendo en un examen visual y comprobación operacional para determinar si la aeronave, puede eficazmente cumplir la misión asignada.

Los requisitos de inspección contenidos en las listas de inspecciones diarias, están enunciados de tal manera que establecen cuándo, un equipo, debe de ser inspeccionado y qué condiciones son o no deseadas.

Las deficiencias o defectos descubiertos durante la inspección diaria se anotarán en el libro de la aeronave, haciéndose la reparación de estas deficiencias, lo antes posible, determinada por control de calidad.

Los listados de inspecciones diarias, no contienen instrucciones de reparaciones, ajustes u otros medios de las condiciones de rectificación, ni contienen instrucciones para la corrección de averías y causas de mal funcionamiento.

1.5.2.1.2.- LUBRICACIÓN.

La lubricación se efectuará con arreglo a las cartas de lubricación contenidas en los Manuales de Mantenimiento (ATA 12 y Cap. 1 de los manuales técnicos.)

1.5.2.1.3.- INSPECCIONES PROGRAMADAS. (25, 50,100, etc.)

Estas inspecciones estarán contenidas en los capítulos correspondientes de los Manuales de Mantenimiento (ATA 05 y Cap. 1 de los manuales técnicos) y en los formatos correspondientes que forman parte del libro de la aeronave; debiendo ser efectuadas y revisadas de acuerdo a éstos.

1.5.2.1.4.- INSPECCIONES ESPECIALES.

Estas inspecciones son de dos tipos:

- a) Por tiempo natural.
- b) Por tiempo natural u horas de funcionamiento, lo que ocurra primero. Estas inspecciones se hallan contenidas en los capítulos correspondientes de los

Manuales de Mantenimiento (ATA 05 y Cap. 1 de los manuales técnicos), y, en los formatos correspondientes del libro de la aeronave.

1.5.2.1.4.1. REVISIONES POR FASES

Consiste en establecer lo que llamaremos un CICLO, (es decir un número determinado de horas de funcionamiento u horas de vuelo) al término del cual, todos y cada uno de los componentes del aparato que requiere mantenimiento, habrán sido inspeccionados y mantenidos por lo menos una vez.

Cada CICLO se divide en un número de partes iguales que constituyen las FASES y que marcan los momentos (horas de funcionamiento del aparato) en los que hay que realizar las operaciones de mantenimiento.

Para cada modelo de helicóptero se establecen el número de horas que constituye cada CICLO el número de FASES en que el CICLO se divide, quedando así establecido el número de horas entre cada FASE.

1.5.2.1.5- PROGRAMA DE ANÁLISIS ESPECTROMETRICO DE ACEITE (PAESA).

Consiste en analizar la cantidad de partículas contenidas en el líquido de un determinado sistema para valorar su estado interno.

Controlando de forma adecuada los factores influyentes (horas de funcionamiento, líquido añadido, etc.) se va obteniendo información sobre el estado de desgaste de los componentes.

Los componentes que se analizan son: Motores, Transmisiones, Cajas de transmisión de movimiento, Bombas Hidráulicas, etc.

1.5.2.1.6.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Después de completar una acción de mantenimiento sobre un equipo o sistema, se deberá hacer una comprobación funcional del mismo para comprobar la efectividad del mantenimiento sobre el equipo o sistema, se deberá hacer una comprobación funcional del mismo para comprobar la efectividad del mantenimiento realizado. Esta prueba vendrá descrita en el Manual correspondiente.

1.5.2.1.7.- SUSTITUCIÓN DE COMPONENTES Y PROCEDIMIENTOS DE RECUPERACIÓN.

1.5.2.1.7.1.- Componente. Es un grupo de elementos conectados, formando un conjunto y partes que es capaz de operar independientemente, pero puede ser controlado externamente y operado desde otra fuente.

1.5.2.1.7.2.- Tiempo Máximo Admisible de Operación (MAOT).- Es el límite máximo de operación que puede admitirse a los componentes, los cuáles, deben ser desmontados del helicóptero al llegar a este límite.

1.5.2.1.7.3.- Tiempo entre Overhaul (T.B.O.) Es el tiempo, en el cuál un componente sujeto a recuperación, tiene que ser desmontado por llegar a su límite de horas de funcionamiento, desde nuevo u Overhaul.

1.5.2.1.7.4.- Tiempo Límite de Vida. Es el tiempo, en el cuál un componente, que no está sujeto a recuperación, tiene que ser desmontado por llegar a su límite de horas de funcionamiento desde nuevo.

1.6.- MANTENIMIENTO POR CONDICIÓN (ON CONDITION)

Tradicionalmente, las políticas de mantenimiento correctivo y preventivo han sido las preferidas por las organizaciones. Sin embargo, durante los últimos años se han reconocido los inconvenientes de estos métodos. Por lo tanto, la necesidad de proporcionar seguridad y de reducir el coste ha llevado al desarrollo de otras políticas alternativas; así aparece el mantenimiento condicional como un método atractivo para minimizar las limitaciones de las políticas de mantenimiento.

Este procedimiento reconoce que la razón principal para realizar el mantenimiento es el cambio en la condición y/o en las prestaciones, y que la ejecución de las tareas debe estar basada en el estado real del elemento o sistema. De esta forma mediante la vigilancia de ciertos parámetros

sería posible identificar el momento más conveniente en que se deben realizar las tareas de mantenimiento

Es un proceso que se basa en actividades de vigilancia de la condición, que se realizan para determinar el estado físico de un elemento o sistema. Por tanto, el objetivo de la vigilancia de la condición, sea cual sea su forma, es la observación de los parámetros que suministran información sobre los cambios en la condición y/o en las prestaciones del elemento o sistema; comprende una serie de inspecciones o pruebas repetitivas para determinar la condición de las unidades, sistemas, o partes de la estructura, en relación con su capacidad para llevar a cabo su función de manera continua. Cuando la condición del artículo lo requiere, se toma la acción correctiva correspondiente.

Una tarea de mantenimiento condicional consta de las siguientes actividades de mantenimiento:

- Evaluación de la condición
- Interpretación de la condición
- Toma de decisiones

Gracias a la evaluación de la condición del sistema o elemento mediante la vigilancia de la condición del parámetro o parámetros seleccionados, es posible identificar el instante de tiempo más conveniente en que deben realizarse las tareas de mantenimiento preventivo. En consecuencia, las tareas de mantenimiento preventivo no se realizan mientras sea aceptable la condición del elemento o sistema.

Así por ejemplo, en el caso de motores, para cada uno de sus elementos se va tomando de forma automática, siempre que está en funcionamiento, una serie de datos (temperatura, potencia, presión etc.) estos datos al tomar tierra se procesan y se determina para cada elemento su vida residual.

En el caso de la estructura del avión, éste va dotado de una serie de sensores en puntos específicos que miden los esfuerzos a que se ve sometida. Esto se traduce en un valor que nos indica el índice de fatiga remanente del avión. Al iniciarse su vida operativa a cada avión se le asigna un índice de fatiga igual a la unidad, cuando su valor se reduzca a cero como resultado del consumo experimentado en cada vuelo, el avión deberá ser revisado completamente para determinar si es posible ampliarle la vida.

Normalmente el índice de fatiga 1 equivale a 6000 horas realizadas en condiciones previamente establecidas; si las condiciones de utilización son más duras que las especificadas el índice de fatiga reducirá más rápidamente. En la práctica se distinguen dos tipos diferentes de parámetros que permiten evaluar la condición del elemento o sistema:

- 1) Indicador adecuado de la condición (RCI)
- 2) Estimador adecuado de la condición (RCP)

El Indicador adecuado de la Condición es un parámetro observable que indica la condición de un elemento o sistema, en el instante de la comprobación. Ejemplos típicos son los niveles de presión, líquidos, ruido, geometría de ruedas, etc." La condición del elemento o sistema será satisfactoria mientras el valor del RCI se mantenga sin alcanzar un nivel crítico RCI_{cr} , momento en el cual debe realizarse la tarea de mantenimiento ya que el fallo ocurrirá tan pronto como el

parámetro alcance su valor límite, RCI_{cr} . Es necesario recalcar que el RCI puede tener valores idénticos en diferentes instantes del tiempo operativo.

El Estimador adecuado de la Condición, RCP, es un parámetro observable que describe la condición del elemento en cada instante del tiempo operativo. Normalmente este parámetro está relacionado con la forma, geometría, peso. La condición del elemento es satisfactoria mientras que el RCP mantenga un valor que no alcance su nivel crítico. El RCP no puede tener valores idénticos para dos o más instantes de tiempo, lo cual significa que el RCP crece o decrece continuamente con el tiempo de operación.

Es un parámetro ligado directa o indirectamente con el elemento y sus prestaciones. y que describe la condición del elemento, satisfaciendo los siguientes requisitos:

- a) Descripción completa de la condición del elemento
- b) Cambio continuo y monótono durante el tiempo operativo
- c) Definición numérica de la condición del elemento

1.7.- POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

Un buen mantenimiento no existe por si mismo; para cada sistema, subsistema es necesario adaptar un método que lleve cabo un compromiso técnico económico, optimice, estandarice y permita su evolución. Por lo tanto, la política de mantenimiento consiste en definir los objetivos técnico-económicos relativos al apoyo de un sistema. La definición de la política de mantenimiento a seguir ha de estar presente en la definición del sistema y en el proceso de adquisición del mismo.

Basándonos en los tipos de mantenimiento reseñados en el epígrafe anterior, o sea respecto a la relación entre el instante de producción del fallo (TTF, Time To Failure), y el instante de ejecución de la tarea de mantenimiento (TTM, Time To Maintenance) existen las siguientes políticas de mantenimiento:

- ◆ Política de Mantenimiento basada en la Producción del Fallo (FBM)
- ◆ Política de Mantenimiento basada en la Vida del Sistema (LBM)
- ◆ Política de Mantenimiento basada en la Inspección (IBM)
- ◆ Política de Mantenimiento basada en el Examen (EBM)
- ◆ Política de Mantenimiento basada en la Oportunidad (OSM)

1.7.1.- POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA PRODUCCIÓN ,DEL FALLO (FBM)

Las tareas de mantenimiento se inician tras la producción del fallo, a fin de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema considerado. Se aplica a elementos cuya pérdida de funcionalidad no repercute en la seguridad del usuario y/o del entorno o en las consecuencias económicas del fallo.

El principal atractivo de esta política es la total utilización de la vida operativa del elemento considerado. Ello significa que el tiempo medio para el mantenimiento MTTM (Mean TimeTo

Maintenance) es idéntico al MTTF (Mean Time To Failure), el coeficiente de utilización de los elementos considerados valdrá siempre 1.

Como inconvenientes podemos citar:

- a) El fallo de un elemento puede a su vez acarrear daños a otros elementos del sistema o al sistema mismo. Análisis de costes demuestran que una reparación realizada tras fallo será, normalmente, 3 o 4 veces más cara que si se hubiera realizado con mantenimiento preventivo.
- b) Como el tiempo de aparición del fallo es incierto no puede planearse la tarea de mantenimiento, lo cual puede repercutir en mayores tiempos de inmovilización debido a la indisponibilidad de repuestos.

Por tanto, esta política puede llegar a ser más costosa, debido por un lado a los costes directos para recuperar la fíncionabilidad del sistema, y al coste indirecto resultado de la pérdida de producción, prestigio etc..

1.7.2.- POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA DURACIÓN DE VIDA DEL SISTEMA (LBM)

Se realizan las tareas de mantenimiento preventivo a intervalos fijos predeterminados, que son función de la distribución de vida de los elementos considerados. Se le llama también política de mantenimiento preventivo o planificado. Si el elemento falla antes del tiempo para efectuar el mantenimiento TP, el usuario debe realizar tareas de mantenimiento correctivo. Esta política puede aplicarse con efectividad a elementos o sistemas que cumplan alguno de los siguientes requisitos:

- a) Al realizar la tarea se reduce la probabilidad de producción de fallos en el futuro.
- b) El coste total es menor que el de FB.
- c) La observación de la condición del elemento no es técnicamente factible o es económicamente inaceptable.

Como ventajas podemos citar, por un lado el que permite una planificación de las tareas y previsión de los recursos necesarios, evitando posibles interrupciones costosas. Por otro lado, evita la producción de fallos que en algunos casos pueden tener consecuencias catastróficas para el usuario o entorno.

En el apartado de inconvenientes, esta política puede ser poco rentable dado que se reemplazan prematuramente la mayoría de los elementos, independientemente de su estado. En este caso el coeficiente de utilización es menor que 1

1.7.3.- POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA INSPECCIÓN (IBM)

La inspección es una tarea de mantenimiento condicional, que tiene como resultado un informe sobre la condición del elemento, es decir, si la condición es satisfactoria o no, lo que se determina a través del RCI. El rasgo común de todas estas tareas es que los resultados obtenidos no tienen ningún efecto sobre la programación de la siguiente inspección. Antes de que un elemento se ponga en servicio se determina la frecuencia más adecuada para las inspecciones. Así, durante la operación del sistema las inspecciones se llevan a cabo en intervalos fijos especificados hasta que se alcanza el nivel crítico, en cuyo momento se realizan las tareas de

mantenimiento preventivo prescritas. Si el elemento falla entre inspecciones se realiza mantenimiento correctivo.

En cuanto a las ventajas de esta política de mantenimiento derivan de la información disponible acerca de la condición del elemento; los beneficios los podemos resumir en lo siguiente:

1. Detección, lo más pronto posible, del deterioro en la condición y/o en las prestaciones de un elemento o sistema.
2. Reducción del tiempo de inmovilización del sistema mediante la determinación del intervalo de mantenimiento óptimo. Esto permite una mejor planificación del mantenimiento y un uso más eficaz de los recursos.
3. Mejora de la seguridad, ya que las técnicas de vigilancia permiten detener el sistema antes del fallo.
4. Aumento de la disponibilidad.

1.7.4.- POLÍTICA DEL MANTENIMIENTO BASADA EN EL EXAMEN DE LA CONDICIÓN (EBM)

Existen gran número de elementos técnicos implicados en las operaciones y procesos de producción que deben funcionar con una probabilidad de fallo muy baja. La razón más frecuente es el deseo del usuario de disponer de un proceso seguro, con una buena relación coste eficacia y libre de interrupciones. En la mayoría de los casos esto se puede conseguir mediante una política de mantenimiento preventivo optimizando el TP en función de la fiabilidad exigida. Esto implica un alto coste para el usuario para poder mantener el nivel de fiabilidad requerido, ya que la mayoría de los elementos se sustituyen prematuramente. Al mismo tiempo esta práctica implica, asimismo una reducción en la disponibilidad operativa del elemento.

Para aumentar el nivel de utilización de los elementos sustituidos prematuramente, conservando una baja probabilidad de fallo durante la operación, es necesario obtener más información sobre su comportamiento. Para ello, se desarrolló una nueva metodología para la determinación de la fiabilidad basada en el *estimador adecuado de la condición, RCP*. Este nuevo método suministró información adicional sobre el cambio de la condición de los elementos considerados, durante su vida operativa, con lo que se llegó a un nivel más alto de utilización de los elementos, conservando una baja probabilidad de fallo.

Es un *proceso dinámico*, porque el tiempo para la realización del siguiente examen se determina completamente a partir de la condición real del sistema al efectuar cada examen, lo cual permite una utilización más completa de la vida operativa.

El nivel de fiabilidad exigido sólo puede mantenerse aplicando una política de mantenimiento preventivo, el método RGP introduce el nivel crítico del estimador de condición RCP_{cr}, más allá del cual deben realizarse las tareas de mantenimiento adecuadas. El intervalo entre los valores límite y crítico se conoce como intervalo de seguridad. Podemos encontrarnos uno de estos tres estados.

- a) $RCP(L) < RCP(cr) < RCP$, continuación de las inspecciones o exámenes
- b) $RCP_{cr} < RCP(t) < RCP$, mantenimiento preventivo

c) $RCP < RCP(t)$, mantenimiento correctivo, el fallo ya ha sucedido

Resumiendo las ventajas de esta política de mantenimiento basada en el examen son:

- 1) Una más completa utilización de la vida operativa de cada sistema individual que en el caso del mantenimiento basado en la vida del sistema.
- 2) Proporciona el nivel de fiabilidad exigido de cada sistema individual.
- 3) Reducción del coste total de mantenimiento, como resultado de la prolongación de la vida operativa y establecimiento de una planificación del mantenimiento.
- 4) Aplicabilidad a todos los sistemas, las principales dificultades son la selección de un estimador y su descripción matemática.

1.7.5.- POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA OPORTUNIDAD (OBM)

Con el fin de evitar interrupciones costosas se aprovecha la realización de un mantenimiento correctivo sobre un elemento averiado para la realización de mantenimiento preventivo en elementos restantes del grupo afectado. De este modo las tareas de mantenimiento se realizan en elementos que no han causado el fallo. Por tanto, la realización de estas tareas adicionales es consecuencia de la oportunidad surgida durante el tiempo de baja obligatoria, Es una política adecuada para sistemas de costes elevados de inmovilización o indisponibilidad.

Las razones para la sustitución en grupo son:

- 1) Reducción del número total de paradas
- 2) Reducción del coste de mantenimiento
 - ◆ El número de tareas es menor
 - ◆◆ Se disminuyen los materiales necesarios
 - ◆ Aumenta el número de repuestos
 - ◆ Aumenta la disponibilidad

1.8.- TECNOLOGÍAS PARA EL MANTENIMIENTO

Con las técnicas de mantenimiento basadas en la condición se han desarrollado técnicas de vigilancia de la condición o localizaciones automáticas de averías:

Las técnicas usadas comunes son:

- Vigilancia de las Vibraciones
- Vigilancia de la Tribología
- Vigilancia de las prestaciones
- Inspección visual
- Técnicas de ensayo no destructivas

Comprobación integrada (Built-In Test Equipment, BITE)

De todas ellas se hablará a lo largo de este curso.

1.9.- NIVELES DE MANTENIMIENTO

Las tareas de mantenimiento necesarias para conservar en servicio operativo todos los elementos de un sistema de armas, se agrupan para su ejecución en lo que se denomina Niveles de Mantenimiento, de manera a obtener la máxima eficacia, el mejor rendimiento, y todo ello, al mínimo coste. Estos niveles constituyen campos de intervención limitada compatibles con la misión que se les encomienda y son definidos en función de la complejidad de las tareas a realizar en cada uno de ellos, de la cualificación del personal asignado y de los equipos de apoyo necesarios.

Se busca asimismo una normalización de las actividades a realizar y de los procedimientos, de forma que puedan ser aplicados a más de un sistema.

Tradicionalmente se consideran 3 niveles de mantenimiento, aunque su denominación puede variar de unos organismos a otros:

- ◆ **Nivel A** o Primer Escalón: realiza, normalmente, operaciones de mantenimiento preventivo llevadas a cabo por el usuario, el operador o el personal al servicio del material, o por el personal especialista de la organización, Mantenimiento a nivel organización o Equipo.
- ◆ **Nivel B** o Segundo Escalón: es un apoyo directo a la organización usuaria del material, su misión es básicamente correctiva y radicará, normalmente, en la Base u organismo similar. Mantenimiento a nivel Base o intermedio.
- ◆ **Nivel C** o Tercer Escalón: Constituye el nivel superior de mantenimiento y su misión es la restauración general del material desgastado o averiado para ponerlo en condiciones correctas de uso, así como la realización de aquellas inspecciones de calendario que para cada tipo de material establece el manual de requisitos de inspección. Mantenimiento a nivel depósito.

En ocasiones el mantenimiento realizado en la Industria para revisiones mayores o reparaciones de envergadura se denomina 4º escalón, aunque por lo general está incluido en el Tercer Escalón.

Dentro de cada función típica de mantenimiento para cada nivel se especifica en qué profundidad se desarrolla esa función, lo que permite determinar que tareas específicas hay que realizar en ese nivel. Estas tareas vendrán especificadas en los Manuales Técnicos; en las Instrucciones para la operación o para el servicio del Sistema de Armas y en las directrices técnicas que se emitan al respecto y se realizarán con los medios orgánicos asignados. Cuando las exigencias de mantenimiento rebasen las posibilidades de un determinado escalón, será el superior quien asuma la responsabilidad de llevar a cabo el citado mantenimiento.

Por lo tanto, la organización de mantenimiento realizará unas funciones básicas que son PREVENIR, CORREGIR y RESTAURAR realizando una serie de trabajos que se concretan en forma de REVISIONES e INSPECCIONES, trabajos previstos, y de REPARACIONES, MODIFICACIONES y CUMPLIMENTACIÓN DE ÓRDENES TÉCNICAS, trabajos imprevistos.

♦ **Función Preventiva.**-La realiza el Primer Escalón. Se limita a inspecciones específicas antes y después de cada vuelo y a las periódicas. No requiere grandes medios, por lo que tiene gran movilidad. Tiene por tanto a su cargo la inspección, el ajuste, la lubricación, el servicio y la sustitución de algunas piezas, de conjuntos de pequeña entidad y subconjuntos. Se le denomina también "de línea".

Las tareas que se realizan normalmente a este nivel son:

- o Servicio sustitución de fluidos (oxígeno, nitrógeno etc.)
- o Inspecciones: prevuelo, postvuelo, diaria, de calendario etc.
- o Pruebas funcionales ajuste y alineación de sistemas y componentes etc.
- o Reparación: quitar y sustituir sistemas y componentes
- o Control de corrosión: limpieza diaria
- o Combustibles: suministro

♦ **Función Correctiva.** La realiza el Segundo Escalón. Realiza revisiones, sustitución de piezas y reparación de repuestos. Medios e instalaciones más abundantes, lo que le resta movilidad.. Sus actividades consisten normalmente en calibración, sustitución, y reparación de piezas, componentes o conjuntos fuera de servicio, fabricación esporádica de algún elemento, etc..

Inspecciones, pruebas en banco, pruebas funcionales, ajuste, calibración y alineamiento de componentes y sistemas que se han sustituido.

Operaciones mecánicas: trabajo de máquina con metales (planchas, láminas, tubos, etc.). forjado, fresado, etc..

Soldaduras, pinturas, etc.

Limpieza chorro de aire, agua ultrasónica etc. .

Ensayos y pruebas detección de partículas magnéticas, rayos X, líquidos penetrantes, etc.

Tratamientos térmicos y de cocción de elementos pequeños

Tratamientos y control de corrosión decapado, tratar y pintar

♦ **Función Restaurativa** Tercer Escalón. Se realiza en empresas civiles o en el propio taller si está habilitado para ello. Nivel superior de mantenimiento, presta apoyo a los niveles inferiores. Se realiza en material que requiere una reparación de gran envergadura. Incluye la fabricación, modificación y prueba de piezas. También comprende la revisión completa de un avión o sistema.

Tiene como objetivo, en general, asegurar la continuidad de la integridad de vuelo del avión y de sus sistemas, una vez que ha transcurrido el periodo de tiempo de operación que se haya establecido.

Las funciones de mantenimiento principales que se realizan a este nivel son:

- > Mantenimiento programado del avión
- > Reparación de motores, componentes y equipo de apoyo
- > Calibración
- > Incorporación de directivas técnicas
- > Modificación del avión, motor o equipo de apoyo
- > Fabricación o modificación de piezas o kits
- > Asistencia técnica o de ingeniería

Por otra parte existen dos tendencias en la ejecución del mantenimiento:

Mantenimiento separado: Marcada separación entre 1er y 2º escalón en cuanto a medios y responsabilidades.

Ventaja - Mayor movilidad

Inconveniente - menor economía y efectividad

Mantenimiento Unificada: Dos primeros escalones unidos.

Ventaja - Mayor economía y efectividad Inconveniente - menor movilidad

El mejor sistema será aquel que proporcione el mayor grado de efectividad a la empresa sin restarles movilidad y de la forma más económica posible.

1.10.- EL PROBLEMA LOGÍSTICO DE MANTENIMIENTO

La misión de la Función Básica Logística Mantenimiento en la empresa es atender a la conservación del material para que se encuentre en todo momento en perfecto estado de eficacia. Para cumplir la misión será necesario establecer un Plan de Mantenimiento. Para llevar a cabo este Plan habrá que resolver el Problema Logístico que surge como consecuencia de tener que satisfacer las necesidades que su puesta en práctica lleva consigo.

La resolución es de la responsabilidad del Mando, quien aplicará las funciones que le son propias a lo largo del Ciclo Logístico, y a los órganos encargados de llevarlo a cabo.

Los elementos condicionantes serán: la Fuerza (constituida y definida en el Plan Operativo), los Recursos (capacidad técnica del personal, instalaciones medios disponibles y abastecimiento) y los órganos de Apoyo (escalones de mantenimiento).

Las Fases del ciclo serán las mismas indicadas anteriormente al estudiar el Problema Logístico en general; así tendremos:

1. Determinación de Necesidades. Se expresará mediante el cálculo del apoyo adecuado para que la Fuerza pueda cumplir la misión encomendada. Constituye el punto de partida del Ciclo. Por esta circunstancia, la exactitud con que se realice tendrá la máxima importancia a fin de disminuir la improvisación, Puede basarse en contestar lo más, exactamente posible a las siguientes preguntas:

- ◆ ¿Qué mantenimiento se requiere? Será función de la calidad y cantidad del trabajo a realizar.
- ◆ ¿Qué medios se requieren? Función de la calidad y cantidad, del despliegue de las unidades y del sistema de mantenimiento adoptado.
- * ¿Que especialidades y número de especialistas se requieren? Función de los factores anteriores.
- ◆ ¿Qué abastecimiento se requiere? Función igualmente de los factores enumerados.

2. Obtención Conocidas las necesidades y los recursos disponibles para satisfacerlas, será preciso adaptar, modificar o suplementar el personal, los medios materiales y el abastecimiento existente para afrontar las nuevas necesidades. Esta fase será desarrollada por los Órganos Técnicos Superiores, de acuerdo con los Programas, los cuales dotarán a los órganos de Apoyo de los medios necesarios.

3. Distribución Hacer llegar a las Unidades Aéreas el Apoyo necesario desarrollado en la Obtención y calculado con anterioridad en la Determinación de Necesidades

Para el desarrollo de estas fases es necesario emplear métodos ya citados anteriormente como son: el Planeamiento, la Producción y el Control.

El Planeamiento exige el establecimiento de una Línea de Acción, cuyo desarrollo dará lugar a los Programas.

La Producción comprende el conjunto de operaciones y tareas realizadas por los diversos equipos de trabajo, talleres, unidades de mantenimiento, hechas de acuerdo a los procedimientos establecidos y las Ordenes Técnicas existentes.

El Control asegura que la ejecución real está de acuerdo con el plan establecido. Existen un Control Táctico y un Control Técnico. Nos ocupamos del Control Técnico que es el que se ejerce siguiendo la cadena técnica y los escalones de mantenimiento. Comienza en el órgano Técnico Superior y llega al último escalón Se realiza mediante:

- Ordenes técnicas
- Manuales de mantenimiento
- Asesoramiento de los fabricantes
- Informes desfavorables emitidos por usuarios

Como resumen de todo lo expuesto se puede afirmar que el Mantenimiento proporciona un valor de utilización óptimo al material con que cuenta la organización y es uno de los factores en que ésta se apoya para desarrollar la capacidad operativa. Por lo tanto, tiene la máxima importancia en la efectividad de la empresa.

TEMA XX.III

MANTENIMIENTO PROGRAMADO Y NO PROGRAMADO



MANTENIMIENTO DE AVIONES

2.1.-INTRODUCCION.

La estampa de un avión surcando el cielo se ha convertido en una imagen habitual no sólo para el viajero, sino prácticamente para cualquiera. Una estela de humo a gran altura rasgando el cielo azul o un par de luces parpadeantes moviéndose bajo la luna pueden ser contempladas con cierta facilidad. El avión se ha convertido, con el paso de los años, en uno de los transportes más rápidos y más seguros. Sin embargo, tras las finas estelas dejadas por los aparatos se esconden miles de horas de trabajo que aseguran el correcto funcionamiento de estos pájaros de acero.

Volar se ha convertido en una acción relativamente normal para el hombre. Incluso, para algunos el traslado en avión se reviste de un carácter de asiduidad y son muchas las horas pasadas en el interior del fuselaje de un avión. No obstante, esta normalidad deviene apoyada en los altos niveles de seguridad ofrecidos por la aviación actual, en la que los accidentes son cada vez más extraños y, en general, no responden a fallos técnicos.

No obstante, la seguridad y comodidad que ofrecen los aviones esconde miles de horas de trabajo de cientos de ingenieros, técnicos y mecánicos y un elevado coste económico asumido por las compañías para realizar un correcto y constante mantenimiento de sus aparatos. Las compañías deben de estar capacitadas para llevar a cabo las revisiones técnicas de sus aviones, o bien, disponer de acuerdos bilaterales con empresas, que posean credenciales, certificaciones y aprobaciones de muy diversos países e instituciones.



Las compañías, deben de contar con técnicos y especialistas, con modernos medios e instalaciones, distribuidos en hangares y correspondientes talleres-soporte; dedicados a mejorar los niveles de seguridad, regularidad, eficacia y economía de las flotas en activo. Deben de cumplir normas tales como las de **Aviación Civil Española** (Centro de Mantenimiento JAR-145); **FAA-Federal Aviation Administration, Publicación Española de Calidad** (PECAL-120) ó **Aviación Civil China** (CAAC Certificate).

2.1.2.- PROCESOS DE MANTENIMIENTO.

Las distintas acciones de mantenimiento que se llevan a cabo en un avión cualquiera convierten estos trabajos en un minucioso entretenimiento y hacen de los aparatos un gran mecano que se monta y desmonta cada cierto número de horas de vuelo. Las revisiones pueden ser tan profundas que, incluso, incluyen el total decapado de la pintura del avión con el objeto de comprobar los remaches de las uniones de las planchas del fuselaje y las alas.

Posteriormente, el aparato vuelve a ser pintado, para lo cual se utilizan materiales específicos, pues un exceso de pintura puede aumentar el peso de la aeronave y afectar a su maniobrabilidad o a su capacidad.

Los principales trabajos se refieren al mantenimiento completo de los aviones, de modelos tales como **Boeing (727, 747, 757)**, **Airbus (320, A300-B4)**, **Me Donnel Douglas (MD-80, DC9, DC10)**; de motores P&W (JT9D-7Q/59A/70A y JT8D-7/9/17/217/219), **DFM Internacional (CFM56-5^a1/5C)**, **Rolls Royce (PEGASUS y RB211-535E4)** y **Allison (T-58)**; y componentes de éstos.



Además se deben disponer de hangares para la pintura de aviones; la reparación y modificación de interiores; el diseño de sistemas informáticos aplicables al mantenimiento y la formación de técnicos y especialistas de mantenimiento aeronáutico.

Los distintos procesos vienen determinados por una estricta **planificación**, que se desarrolla en función de la utilidad y las horas de vuelo del avión. En principio, se pueden distinguir dos tipos de mantenimiento: el **Programado** y el **No Programado**. Este último, es el que se realiza ante cualquier avería surgida en un punto y momento determinado.

2.1.2.1.-MANTENIMIENTO PROGRAMADO.

El mantenimiento programado, tiene como finalidad mantener la aeronavegabilidad de los aviones y restaurar el nivel especificado de fiabilidad. Para ello, existe un programa concreto, dividido en Capítulos y Subcapítulos, según la especificación **ATA 100**, norma que recoge una breve descripción de las tareas a realizar y de los intervalos correspondientes en que deben efectuarse; en definitiva, los Manuales de Mantenimiento, estarán distribuidos, según esta Norma.

En cualquier caso, las Revisiones deben prepararse de acuerdo con la documentación original proporcionada por los fabricantes (célula, motor y componentes), completada con la información proporcionada por las compañías aéreas usuarias de los mismos aviones y con la que generan los servicios de la **Dirección de Material**.

El programa de mantenimiento final y cualquier modificación del mismo deben someterse, en España, a la aprobación de Aviación Civil y el operador, se responsabiliza ante dicho organismo del cumplimiento del programa. Quedan al margen de estas normas los denominados elementos comerciales con los que se hace referencia a la apariencia de la cabina.

El mantenimiento programado se divide en tres categorías distintas, que cubren inspecciones determinadas cuyos intervalos y tareas van siendo progresivamente más extensos. En primer lugar, se desarrolla un **Mantenimiento en Línea**, en segundo lugar, un **Mantenimiento Menor**, y por último, el **Mantenimiento Mayor**.

2.1.2.1.1.- MANTENIMIENTO EN LÍNEA.

El Mantenimiento en Línea lo podemos considerar divididos en tres apartados: **Tránsito, Diaria y Revisión S.**

A) TRANSITO. Consiste en una inspección rápida que se realiza siempre antes de cada vuelo y lo más cerca posible de la salida del avión para comprobar el estado general del mismo: daños estructurales, registros y paneles de acceso, servicio a la aeronave, etc.

B) DIARIA. Consiste en una revisión que se debe realizar antes del primer vuelo del día, sin exceder en ningún caso las cuarenta y ocho horas, durante la que se comprueba el estado general del avión, pero disponiendo de tiempo adicional para diseñar una acción correctiva si fuera necesario.



C) REVISIÓN S. Este tipo de revisión (que incluye a la anterior), tiene lugar cada cien horas de vuelo. Durante la misma, se comprueban todos los aspectos relacionados con la seguridad alrededor del avión, se desarrollan instrucciones específicas, se corrigen posibles anomalías y se realiza un servicio al avión, con comprobación de los niveles de fluidos necesarios para el vuelo.

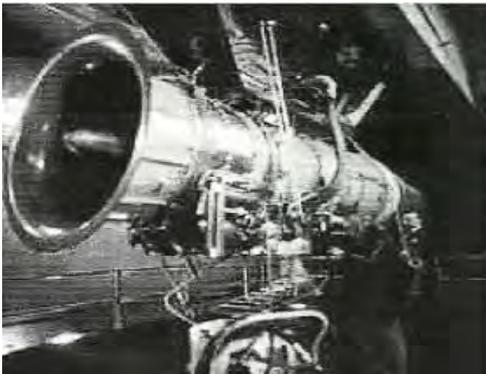
2.1.2.1.2.- MANTENIMIENTO

MENOR.

El Mantenimiento Menor, está integrado por otras tres inspecciones que, en el caso concreto del **MD-87**, se denominan **R, A, B y C**.

A) REVISIÓN R. Se puede definir como un mantenimiento de rutina y consiste en una inspección de seguridad alrededor del avión, la revisión de algunos elementos específicos y la corrección de aquellos que lo necesiten.

B) REVISIÓN A. Incluye una inspección general de sistemas, componentes y estructura, tanto desde el interior como desde el exterior, para verificar su integridad.



C) REVISIÓN B. Desarrolla, de mayor intensidad que la anterior, comprueba la seguridad de sistemas, componentes y estructura, junto con el servicio del avión y la corrección de los elementos que así lo precisen.

D) REVISIÓN C. Se lleva a cabo una inspección completa y extensa, por áreas, de todas las zonas interiores y exteriores del avión, incluyendo los sistemas, las instalaciones y la estructura visible.

2.1.2.1.3.- MANTENIMIENTO MAYOR.

Con este tipo de mantenimiento, se va a cubrir completamente el denominado **Programa de Inspección Estructural**. Este programa define inspecciones interiores y exteriores de todos los elementos estructurales.

2.1.2.1.3.1.- LA GRAN PARADA.

Con tal nombre se conoce a la revisión más completa que se puede realizar a un avión. En ella, se engloban trabajos como el decapado completo de la pintura exterior del aparato, el cambio de motores, trenes de aterrizaje y mandos de vuelo. Además, también se lleva a cabo el desmontaje, la inspección (reparación si es necesaria) y el posterior montaje de un importante número de elementos del avión, la pintura completa del mismo y, para acabar, diversas pruebas funcionales en las que se incluye un **vuelo de pruebas**.

En La gran parada se somete el avión a un proceso de desmontado completo que, en el caso de los **Jumbo**, es necesario realizar cada sesenta meses, aproximadamente. El objetivo es revisar meticulosamente todos y cada uno de los elementos o herramientas que conforman la estructura de un avión y cumplir con las exigencias requeridas para la confirmación del buen estado de todos los aparatos. El buen estado técnico del avión garantiza en gran medida la seguridad del vuelo



De este modo, cada vez que un avión despegue después de pasar esta revisión lo hace con cero horas de vuelo, es decir, como recién salido de fábrica. El tiempo necesario para la misma se aproxima al mes y medio y requiere el trabajo de más de 275 personas, que dedican unas sesenta mil horas de actividad. El coste de la operación ronda los cuatrocientos cuarenta y dos mil cien euros, de los que cerca de sesenta mil euros se emplean en la adquisición de piezas de repuestos.

La gran parada se inicia despojando al avión de todos sus accesorios, incluida la pintura, para revisar todos los paneles y los remaches que los unen. Al mismo tiempo, se desmontan y revisan

los motores, los trenes de aterrizajes, los mandos de vuelo y el resto de elementos técnicos. También, se desmontan todas las butacas, los cristales de las ventanillas, los rótulos interiores y los exteriores y todos los paneles de revestimiento interiores, tanto de los laterales como del suelo. En total, cada revisión precisa más de mil cuatrocientas herramientas y se revisan centenares de kilómetros de cable.

Una vez revisado el fuselaje y los componentes del avión, y sustituidos los necesarios, se reconstruye y se vuelve a pintar. El exterior requiere más de una tonelada de pintura, mientras que el interior más modesto sólo emplea entre 120 y 150 kilos. La necesidad de controlar la cantidad de pintura empleada, para no exceder el peso del aparato, requiere la utilización de pistolas eléctricas de alta precisión.

Pero el trabajo de ingenieros y mecánicos no termina con la revisión en sí. Después, se realiza un **vuelo de pruebas** para comprobar su efectividad. Así, durante seis horas continuas los pilotos, el mecánico de vuelo y los ingenieros de mantenimiento someten al avión a situaciones límite que, incluso, es casi imposible que sucedan en la realidad. Durante las pruebas, se paran motores (nunca simultáneamente) y se vuelven a poner en marcha en pleno vuelo; se realizan virajes pronunciados; se reduce la velocidad al mínimo y se eleva al máximo permitido y se prueban los trenes de aterrizaje y el resto de sistemas y componentes.

PROCEDIMIENTOS DE ALMACENAJE, PROCEDIMIENTOS DE PUESTA EN SERVICIO

1.-PROCEDIMIENTOS DE ALMACENAJE

A continuación se exponen los procedimientos que deben seguirse para el almacenaje de componentes y piezas divididos en dos tipos de procedimientos: uno para la recepción e inspección previa de las mismas y otro para los procedimientos del almacén propiamente dichos.

1.1. -Procedimientos para la Inspección y Aceptación de componentes y Material de Aeronaves Procedentes de Proveedores

Debe existir un responsable de almacén que contole los procedimientos del mismo y, en particular, la inspección y posterior aceptación del material suministrado.

Se deberá comprobar si el material recibido ha sufrido algún tipo de deterioro durante el transporte o embalaje. Una vez evaluados los posibles daños, se determina si se continúa con la recepción del envío o se rechaza para su devolución.

Una vez que el material ha sido inspeccionado se deberá identificar mediante su Part Number (P/N) y Serial Number (S/N). Si el Part Number del componente pedido no coincidiera con el Part Number del componente recibido, se comprobará mediante el Catálogo de Piezas su posible equivalencia.

En el caso de que el repuesto solicitado lo requiera, el responsable de Almacén comprobará la existencia de su Historical Component Record, su FORM ONE o equivalente FORM 8130-3 aceptado por EASA, de su preservación si fuera necesario y de su fecha de caducidad en caso de tenerla.

Una vez efectuada la inspección previa del material y en el caso de considerar el material como servicial, se adjuntará a la documentación original una tarjeta de color amarillo "ÚTIL", cumplimentando todos los apartados identificativos del material estampando en esta tarjeta su firma.

En el caso de que rechace el material rellenará una tarjeta verde "REPARABLE" o roja "INÚTIL", indicando

los datos identificativos del material, proveedor, causa de rechazo, procediéndose seguidamente a efectuar su devolución y oportuna reclamación al proveedor.

1.2. -Procedimientos de Almacenaje, Etiquetado, Identificación y Entrega de Componentes y Material Procedente de Almacén

Con objeto de identificar y clasificar el material, a la entrada en el almacén, éste deberá ir con una de las siguientes tarjetas:

Material en Estado Satisfactorio (ÚTIL): tarjeta amarilla.

Material Reparable: tarjeta verde. Material INÚTIL: tarjeta roja.

• **Material En Estado Satisfactorio:** Este material se identifica con una tarjeta de color amarillo, siendo este material el único apto para instalar sobre una aeronave.

En esta tarjeta figurarán los siguientes campos:

- Identificación del material: denominación, Part Number y Serial Number.
 - Horas totales del componente y horas desde overhaul.
 - Aeronave/motor en los que el componente es instalado así como sus horas.
 - Datos de instalación: nombre y firma del técnico que efectúa la instalación, fecha de la instalación, lugar y observaciones.
 - N° de Orden de Trabajo o Discrepancia de la instalación.
 - Procedencia. Se indicará si el componente es nuevo o procede de test, revisión o reparación. Si es posible, también se indicará la aeronave de la que procede, si ha lugar, con objeto de garantizar un correcta trazabilidad del componente. En el caso de que proceda de la aplicación de un Boletín de Servicio o Directiva de Aeronavegabilidad se deberá indicar el número de referencia de éste/a .
 - Fabricante o proveedor.
 - Datos de inspección: nombre, firma y sello del técnico que inspecciona el componente así como la fecha y observaciones de dicha inspección.
 - Vida limite y caducidad.
- **Material Reparable:** Este material se identifica con una tarjeta de color verde, indicando su capacidad de ser reparado y puesto nuevamente en servicio. Este material será segregado del material en estado satisfactorio hasta su clasificación definitiva.

En esta tarjeta figuran los siguientes datos:

- Identificación del material: denominación, Part Number y Serial Number.
- Horas totales del componente y horas desde overhaul.
- Aeronave/motor del que el componente es desmontado así como sus horas.
- Datos de desmontaje: nombre y firma del técnico que efectúa el desmontaje, fecha del desmontaje, lugar y observaciones.
- N° de orden de Trabajo ó discrepancia del desmontaje .

Motivo del desmontaje.

Normas de reparación y tareas que se efectúan al componente (limpieza, inspección, revisión, reparación y/o aplicación de SB/AD) así como la firma del que realice dichas tareas .

N° de orden de Trabajo ó discrepancia de la reparación.

Esta tarjeta acompañará al componente durante su proceso de reparación. Al finalizar éste será sustituida por la que proceda, servicialde (amarilla) o inútil (roja) . La tarjeta verde se archiva en la Orden de Trabajo.

• **Material Inutilizable / Irrecuperable:** El material irreparable se identificará con una tarjeta de color rojo.

En esta tarjeta figurarán los siguientes campos:

- Identificación del material: denominación, Part Number y Serial Number.
- Horas totales del componente y horas desde overhaul.
- Aeronave/motor del que el componente es desmontado así como sus horas.
- Datos de desmontaje: nombre y firma del técnico que efectúa el desmontaje, fecha del desmontaje, lugar y observaciones.
- N° de orden de Trabajo ó discrepancia del desmontaje .
- Datos de inspección: nombre, firma y sello del técnico que inspecciona el componente así como la fecha de inspección.
- Razones de inutilidad.

Este material provisto de su tarjeta roja será segregado para su eliminación.

En la Orden de Trabajo se dejará constancia de que este material ha sido clasificado como inútil y breve explicación de la causa.

Componentes Estándar: Se consideran todos aquellos que no vienen marcados con un S/N o que pueden ser pedidos al suministrador en grandes cantidades con un solo Part Number, tales como tornillería, bridas pasadores etc. En estos casos se acompañará factura / FORM ONE/Certificado de trazabilidad o equivalente y, en el caso de que se segreguen, se etiquetarán

de modo que la susodicha etiqueta haga referencia al FORM ONE o documento de certificación de procedencia.

Materias Primas y Consumibles: En esta categoría entrarían las grasas, aceites, líquidos hidráulicos, líquidos de limpiezas, diferentes tipos de lubricantes y penetrantes etc. Se acompañará factura / FORM ONE/Certificado de trazabilidad o equivalente y, en el caso de que se segreguen, se etiquetarán de modo que la susodicha etiqueta haga referencia al FORM ONE o documento de certificación de procedencia.

El material de almacén estará ubicado de forma y en lugar idóneo para su preservación.

Las condiciones ambientales del almacén son aceptables a lo largo de todo el año, no considerándose necesario ningún tipo de climatización especial por la naturaleza de los elementos allí almacenados.

Para los elementos con tiempo de vida limitada, si los hubiera, se controlará el tiempo de vida remanente a su entrada en almacén anotando en su etiqueta y en la correspondiente ficha de almacén la fecha de caducidad del mismo.

Antes de instalar un elemento se asegurara que es apto para ello cuando puedan aplicarse diferentes modificaciones y/o Directivas de Aeronavegabilidad.

Las salidas y entradas de material de almacén se controlarán por medio de formatos de Extracción y Devolución

El material se almacenará en estanterías numeradas y en armarios portacajones igualmente numerados.

Los componentes vulcanizados se almacenarán en un frigorífico.

El control de existencias permitirá conocer éstas por P/N, descripción, cantidades en existencia, ubicación en el almacén, artículos con vida limitada, distinguiendo los elementos rotables de los fungibles por su número de serie.

Diariamente se actualizarán los datos de existencia en almacén por medio de los Vales de Entrada y de Salida.

Para el mantenimiento del material de almacén se establecerá el sistema F.I.F.O. (primero en entrar, primero en salir): las salidas de almacén se realizarán saliendo primero las unidades más antiguas, considerando, cuando proceda, que estén dentro de su tiempo de vida útil.

1.3.- EJEMPLOS DE FORMATOS

| | | | | |
|--|---|----------------------------|--|---------------|
| DENOMINACIÓN: | | NOMBRE DEL CENTRO DE MANTO | | |
| P/N: | S/N: | MATERIAL UTIL | | |
| HORAS TOTALES DEL ELEMENTO: | HORAS DESDE OVERHAUL: | | | |
| INSTALADO EN LA AERONAVE/MOTOR: | HORAS TOTALES DE AERONAVE/MOTOR: | | | |
| INSTALADO POR: | | | | FIRMA: |
| FECHA: | LUGAR: | | | |
| ORDEN TRABAJO INSTALACIÓN: | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | |

| | | | | |
|----------------------|-----------------------------------|--|---|--------------|
| MATERIAL UTIL | NOMBRE DEL CENTRO DE MANTO | | PROCEDENCIA: | |
| | | | <input type="checkbox"/> NUEVO <input type="checkbox"/> TEST <input type="checkbox"/> REVISIÓN <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> REPARACIÓN <input type="checkbox"/> SB/AD _____ | |
| | FABRICANTE/PROVEEDOR: | | | |
| | INSPECCIONADO POR: | | SELLO | FIRMA |
| | FECHA: | | | |
| | OBSERVACIONES: | | | |
| | VIDA LÍMITE: | | CADUCIDAD: | |

TARJETA DE MATERIAL REPARABLE

| | | |
|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN: | | NOMBRE DEL CENTRO DE MANTO |
| P/N: | S/N: | |
| HORAS TOTALES DEL ELEMENTO: | HORAS DESDE OVERHAUL: | MATERIAL REPARABLE |
| DESMONTADO DE LA AERONAVE/MOTOR: | HORAS TOTALES DE AERONAVE/MOTOR: | |
| DESMONTADO POR: | FIRMA: | |
| FECHA: | LUGAR: | |
| ORDEN TRABAJO DESMONTAJE: | | |
| OBSERVACIONES: | | |
| | | |

| | | |
|--|-------------------------------------|--------------|
| NOMBRE DEL CENTRO DE MANTO | MOTIVO DESMONTAJE: | |
| | NORMAS DE REPARACIÓN: | |
| MATERIAL REPARABLE | TAREA | FIRMA |
| | <input type="checkbox"/> LIMPIEZA | |
| | <input type="checkbox"/> INSPECCIÓN | |
| | <input type="checkbox"/> REVISIÓN | |
| | <input type="checkbox"/> REPARACIÓN | |
| | <input type="checkbox"/> TEST | |
| <input type="checkbox"/> AD/SB | | |
| ORDEN TRABAJO REPARACIÓN: | | |

TARJETA DE MATERIAL INÚTIL

| | | |
|---|---|--|
| DENOMINACIÓN: | | NOMBRE DEL CENTRO DE MANTO |
| P/N: | S/N: | |
| HORAS TOTALES DEL ELEMENTO: | HORAS DESDE OVERHAUL: | MATERIAL INÚTIL |
| DESMTADO DE LA AERONAVE/MOTOR: | HORAS TOTALES DE AERONAVE/MOTOR: | |
| DESMTADO POR: | FIRMA: | |
| FECHA: | LUGAR: | |
| ORDEN TRABAJO DESMONTAJE: | | |
| OBSERVACIONES: | | |
| | | |

| | | | |
|--|------------------------|-------|-------|
| NOMBRE DEL CENTRO DE MANTO | INSPECCIONADO POR: | SELLO | FIRMA |
| | FECHA: | | |
| MATERIAL INÚTIL | RAZONES DE INUTILIDAD: | | |
| | | | |

CENTRO DE MANTO

VALE DE EXTRACCIÓN DE ALMACÉN

| MATRICULA AERONAVE | | N° ORDEN DE TRABAJO | | T.M.A. : | FECHA: |
|--------------------|--|---------------------|--|-------------------|----------|
| P/N | | DESCRIPCIÓN | | LOCALIZACIÓN T.M. | CANTIDAD |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |

FIRMA:

CENTRO DE MANTO

VALE DE EXTRACCIÓN DE ALMACÉN

| MATRICULA AERONAVE | | N° ORDEN DE TRABAJO | | T.M.A. : | FECHA: |
|--------------------|--|---------------------|--|-------------------|----------|
| P/N | | DESCRIPCIÓN | | LOCALIZACIÓN T.M. | CANTIDAD |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |

FIRMA:

El Certificado de puesta en servicio deberá emitirse con anterioridad al vuelo en el momento de finalizarse cualquier programa de mantenimiento.

El certificado de puesta en servicio deberá emitirse para todas las tareas de mantenimiento realizadas, salvo en el caso del Parte de Vuelo y Mantenimiento, que será utilizado también como certificado de puesta en servicio de la aeronave.

Los Informes de Revisión y las anotaciones en los libros de Aeronave y Motor incluirán un apartado haciendo referencia a dicho certificado, que deberá llevar la siguiente declaración firmada por la persona que lo emita:

"Certifico que los trabajos especificados, salvo que se indique de otra forma, han sido realizados de acuerdo con la norma EASA parte 145 y, con respecto a dichos trabajos, se considera a la aeronave apta para el retorno al servicio."

En cuanto a la puesta en servicio de componentes (en cuanto a su instalación en la aeronave se refiere), en aquellas ocasiones en que no pueda asegurarse su correcto funcionamiento independientemente de su instalación sobre la aeronave, la puesta en servicio de éstos irá unida a la puesta en servicio de la aeronave, pues será necesario comprobar el correcto funcionamiento del componente instalado sobre la aeronave así como el correcto funcionamiento de la aeronave con el nuevo componente instalado.

Cuando sea necesario proceder a una reparación, instalación o modificación en la aeronave, los trabajos se realizarán de acuerdo con un proyecto o Boletín de Ingeniería, si procede, previamente emitido y aprobado por la D.G.A.C. Una vez finalizados los trabajos, se realizarán las preceptivas comprobaciones, mediciones y pruebas funcionales.

