



# Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica

## Expresión Gráfica en la Ingeniería

### INGENIERÍA GRÁFICA

#### 5. DISEÑO ESTRUCTURAL.

##### 5.3 Diseño de uniones permanentes.

5.3.1 Soldadura, tipos y simbología empleada.

5.3.2 Reglas para el diseño de uniones soldadas. Estudio de uniones de chapas y perfiles laminados.

**5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.**

5.3.4 Aplicaciones de remachado sobre estructuras aeronáuticas.



POLITÉCNICA

*Ingeniamos el futuro*

Javier Pérez Álvarez  
José Luis Pérez Benedito  
Santiago Poveda Martínez



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Índice:

Elección de Remaches.....	4
Identificación de Remaches.....	8
Instalación de Remaches.....	9
Remaches ciegos.....	12
Hi-Lock.....	17
Lockbolt.....	19
Jo-Bolts.....	23
Hi-Shear.....	24



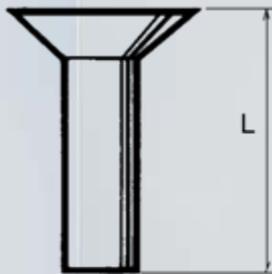
# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

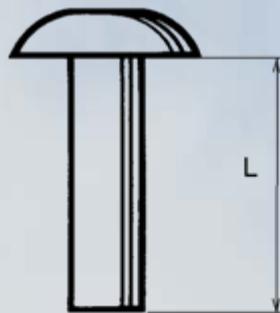
### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

Elementos de unión para uniones permanentes, de bajo coste y capaces de poder ser colocados en procesos de montaje manuales, semi-automáticos y automáticos.

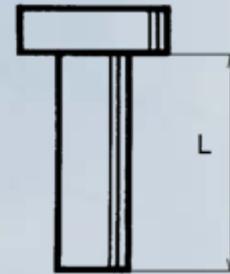
La principal razón para su elección es su bajo coste de fabricación e instalación, en comparación con los elementos roscados.



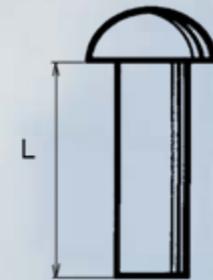
AN426  
MS20426



AN470  
MS20470



AN442



AN430



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Elección de remaches.

El empleo principal es para absorber esfuerzos de cortadura.

La elección debe de hacerse tomando *la resistencia a cortadura del remache ligeramente inferior a la carga límite al aplastamiento de la chapa (bearing)*.

El diámetro del remache puede estimarse en *tres veces el espesor de la chapa*.

Por el tipo de cabeza el empleo mas frecuente es:

- Cabeza avellanada: fijación de chapas sobre chapas o perfiles, en superficies exteriores por su baja resistencia aerodinámica.
- Cabeza universal: Usado en fabricación y reparación de partes externas e internas. En caso necesario pueden sustituir a los de cabeza saliente (plana o redonda).



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Elección de remaches.

Por el tipo de cabeza, continuación:

- Cabeza plana: Se usan en estructuras interiores cuando se requiere el máximo de resistencia a la tracción y no hay espacio suficiente para la colocación de cabezas redondas. En partes exteriores es raramente utilizado.
- Cabeza redonda: se usan en partes interiores, la cabeza esta dimensionada de forma que puede soportar esfuerzos a tracción



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Elección de remaches.

Por el tipo de material:

- Los remaches construidos en aluminio 1100, solo se utilizan en partes no estructurales realizadas en aleaciones de aluminio de bajas características mecánicas (1100, 3003, 5052).
- Los de 2117, son los de uso mas amplio sobre aleaciones de aluminio por su resistencia a la corrosión y no ser necesario el tratamiento térmico.
- Los de 2017 y 2024 se utilizan sobre estructuras en aleaciones de aluminio con requerimientos superiores a las anteriores, se suministran recocidos y mantenerse en frigoríficos. Los primeros deben de instalarse antes de una hora y los segundos entre 10 y veinte minutos después de su extracción del frigorífico



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Elección de remaches.

Por el tipo de material, continuación:

- Los de 5056 se utiliza sobre aleaciones de magnesio debido a su resistencia a la corrosión sobre ellas.
- Los de acero solo se aplican sobre piezas de acero.
- Los de acero inoxidable se utilizan sobre piezas del mismo material en zonas de cortafuegos, escapes y estructuras similares
- Los de monel se utilizan para el remachado de partes realizadas en aleaciones de acero níquel.



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

Identificación de remaches.

<b>A</b> 1100 NO MARK	 MS20430A ROUND HEAD	 MS20442A FLAT HEAD	 MS20426A 100° C'SUNK	 MS20455A BRAZIER	 MS20425A 78° C'SUNK	 MS20456A BRAZIER	 MS20470A UNIVERSAL
<b>AD</b> 2117T DIMPLE	 MS20430AD ROUND HEAD	 MS20442AD FLAT HEAD	 MS20426AD 100° C'SUNK	 MS20455AD BRAZIER	 MS20425AD 78° C'SUNK	 MS20456AD BRAZIER	 MS20470AD UNIVERSAL
<b>D</b> 2017T RAISED DOT	 MS20430D ROUND HEAD	 MS20442D FLAT HEAD	 MS20426D 100° C'SUNK	 MS20455D BRAZIER	 MS20425D 78° C'SUNK	 MS20456D BRAZIER	 MS20470D UNIVERSAL
<b>DD</b> 2024T RAISED DOUBLE-DASH	 MS20430DD ROUND HEAD	 MS20442DD FLAT HEAD	 MS20426DD 100° C'SUNK	 MS20455DD BRAZIER	 MS20425DD 78° C'SUNK	 MS20456DD BRAZIER	 MS20470DD UNIVERSAL
<b>B</b> 5056T RAISED-CROSS	 MS20430B ROUND HEAD	 MS20442B FLAT HEAD	 MS20426B 100° C'SUNK	 MS20455B BRAZIER		 MS20456B BRAZIER	 MS20470B UNIVERSAL
<b>C</b> COPPER NO MARK	 MS20435C ROUND HEAD	 MS20441C FLAT HEAD	 MS20427C 100° C'SUNK	 MS20420C 90° C'SUNK			
<b>F</b> STAINLESS STEEL NO MARK	 MS20435F ROUND HEAD		 MS20427F 100° C'SUNK				
<b>M</b> MONEL NO MARK	 MS20435M ROUND HEAD	 MS20441M FLAT HEAD	 MS20427M 100° C'SUNK				
<b>STEEL RECESSED TRIANGLE</b>	 MS20435 ROUND HEAD	 MS20441 FLAT HEAD	 MS20427 100° C'SUNK	 MS20420 90° C'SUNK			



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Instalación de remaches.

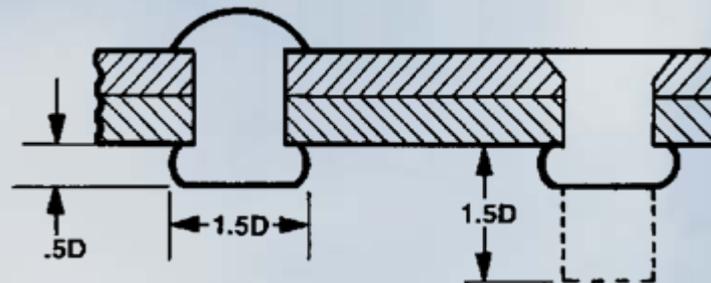
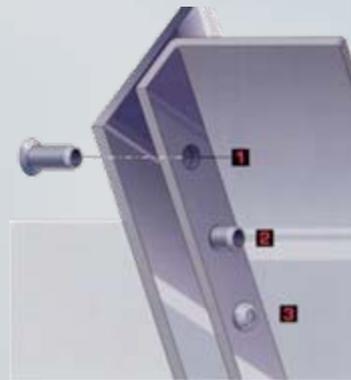
La secuencia de remachado es: (1), realización de un taladro de diámetro ligeramente superior al del remache a través de las dos piezas a unir, (2) introducción del remache, (3) deformación del extremo del remache.

Para que el remachado sea posible, es necesario que exista acceso a las dos lados de la unión.

No se deben utilizar medidas de diámetro distintas en la misma unión.

Las cabezas se deben de colocar siempre del mismo lado y en la zona mas débil.

No colocar las cabezas sobre radios.





# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Instalación de remaches.

Sobre elastómeros o plásticos colocar bandas de metal.

Los elementos rigidizadores se colocarán opuestos a la cabeza.

Evitar el remachado en cambios bruscos de sección de las piezas a unir.

#### Número de remaches a utilizar

El número de remaches o tornillos a utilizar debe de elegirse asumiendo que a cada lado de la unión deben de existir los suficientes para absorber una carga igual a la de la chapa, en una primera aproximación:

$$N^{\circ} \text{ remaches} = \frac{LT51,71}{S} \text{ o } B$$

Donde L = longitud de la chapa en la zona del empalme

T = espesor de la chapa

S = Resistencia a cortadura del remache o tornillo en deca newtons

B = Resistencia al aplastamiento del material (bearing) en deca newtons

51,71 valor constante equivalente a la resistencia a la tracción de la chapa en deca newtons/mm<sup>2</sup>

De S o B se toma el valor mas pequeño de los dos.



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Instalación de remaches.

Los distintos fabricantes de aviones, fruto de su experiencia introducen en los manuales de diseño recomendaciones para la elección de las distancias a los bordes y entre remaches, como aproximación pueden tomarse los siguientes

#### Distancia a los bordes

Entre 2 y 4 veces el diámetro del remache, lo mas aconsejable es 2,5 veces el diámetro

#### Distancia entre remaches

La distancia entre remaches en una fila no debe ser inferior a tres veces el diámetro y para evitar el abombamiento de las chapas entre diez y doce veces el diámetro.



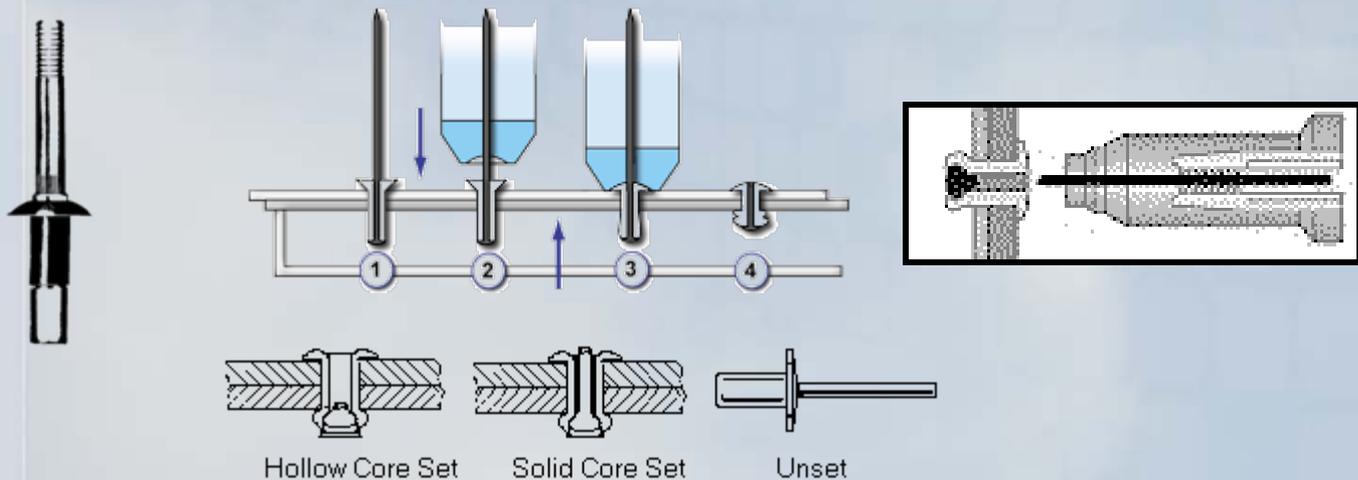
# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Remaches ciegos.

Cuando el acceso a los dos lados de la unión no es posible la utilización de remaches convencionales. En esas situaciones se utilizan los llamados remaches ciegos, denominados así por que la cabeza a formar no es visible desde el lado de la instalación.



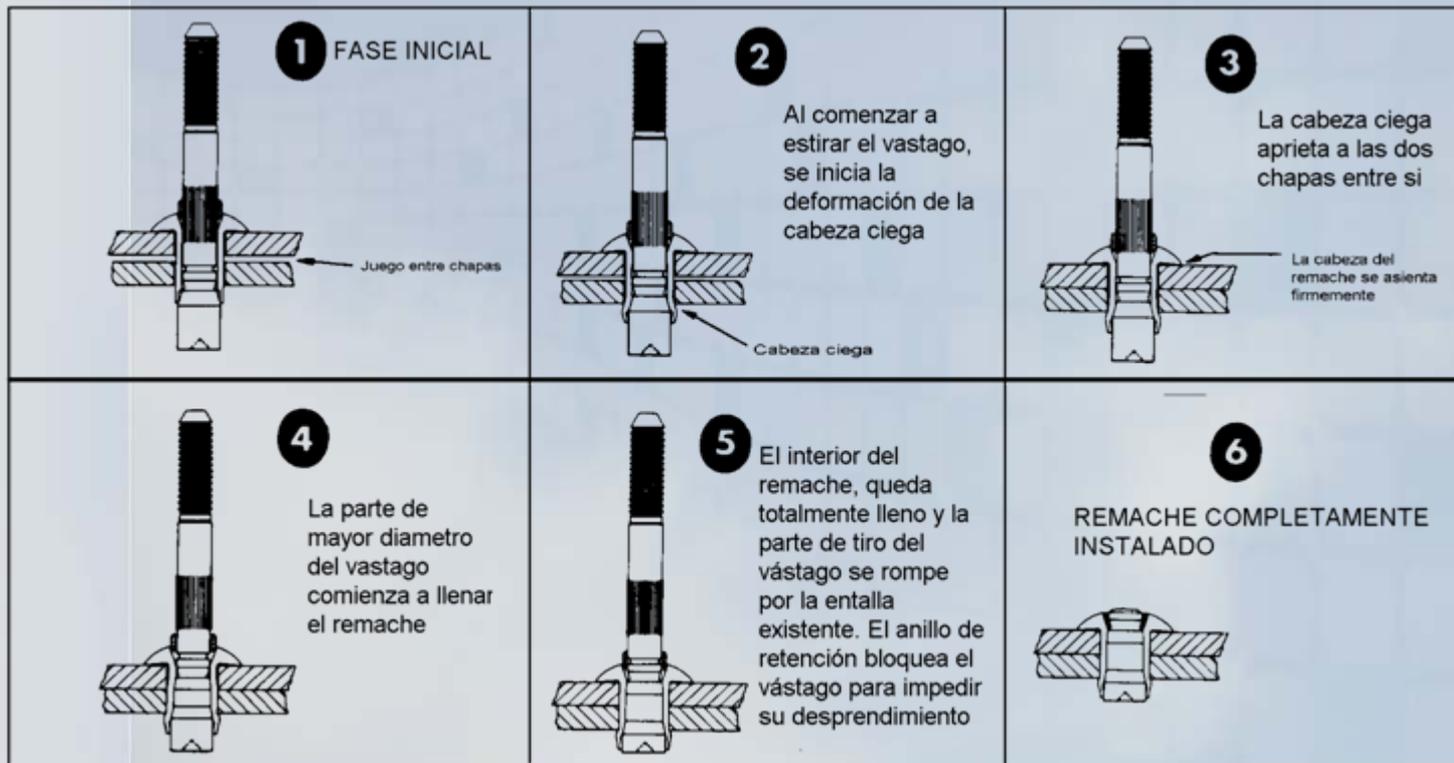


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Remaches ciegos. Cherrylock



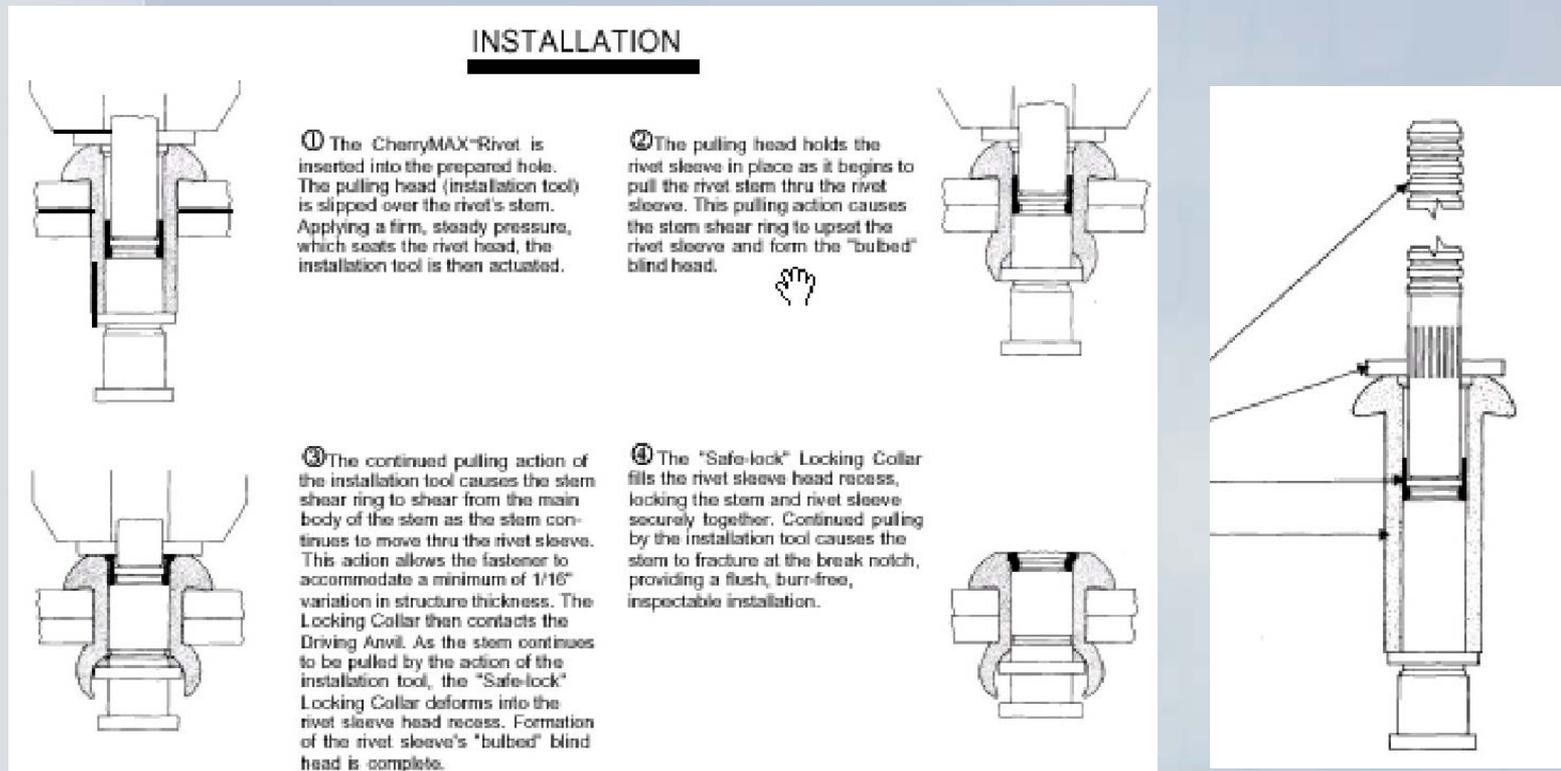


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Remaches ciegos. Cherrymax



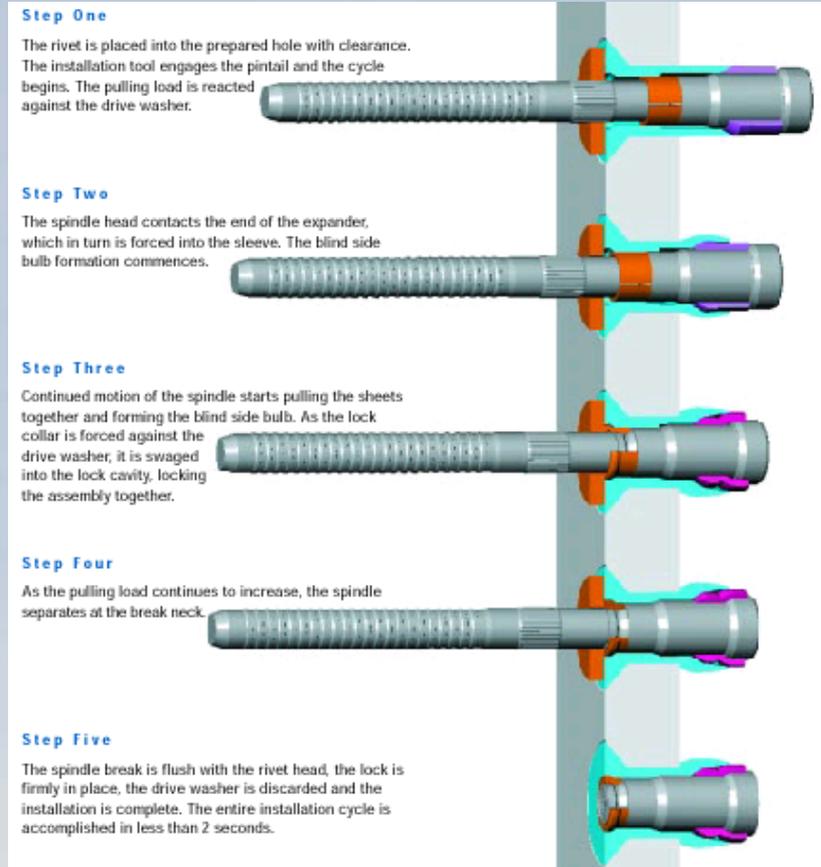
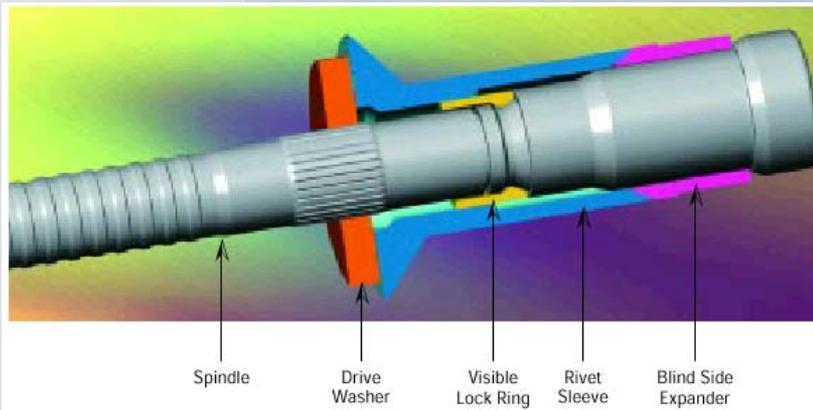


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Remaches ciegos. Huck





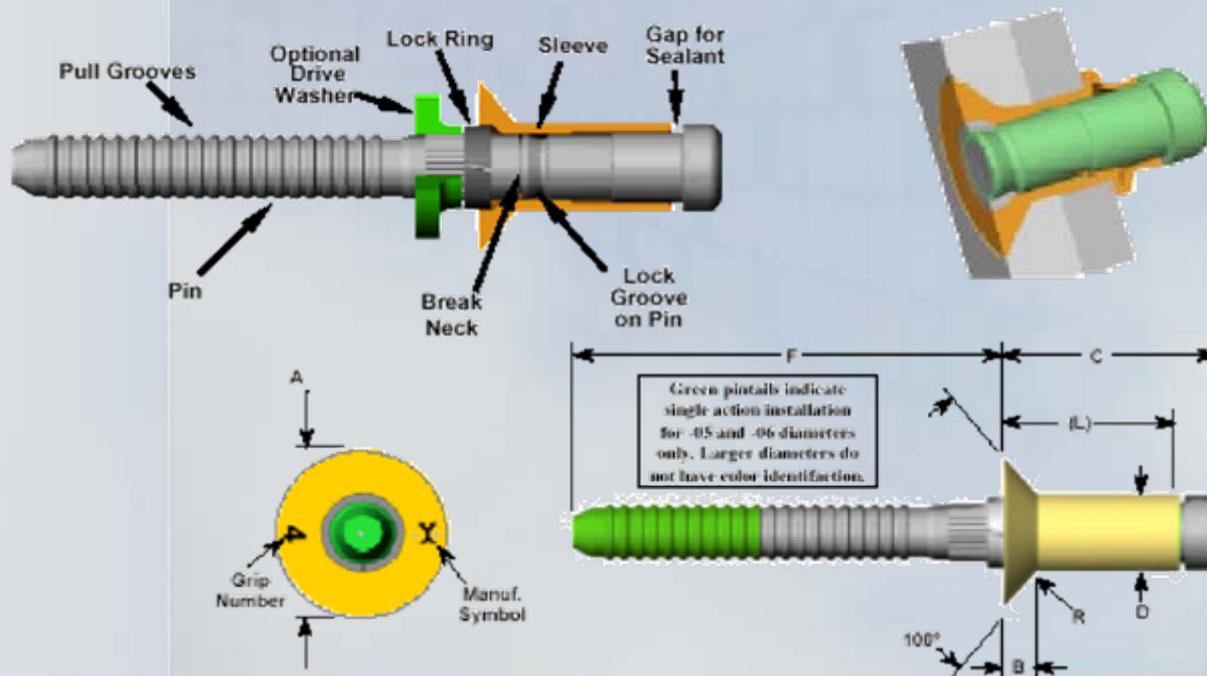
# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Remaches ciegos. Huck MS

Anatomy of the Huck MS Blind Bolt Family





# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Hi-Lock

Elementos de unión roscados para esfuerzos de cortadura y tracción utilizados en uniones permanentes de piezas con acceso desde los dos lados (**utilización principal en la industria aeroespacial**)

Los vástagos, se fabrican con cabezas avellanadas y cilíndricas y como materiales se emplean: aluminio, acero aleado, acero inoxidable (A286), titanio, H11 e Inco-718. Las tuercas se fabrican en aluminio, acero inoxidable y titanio.

Principales características:

- Resistencia a la fatiga (consecuencia del control de par)
- Posibilidad de automatizar la instalación
- Peso reducido en comparación con otros sistemas.
- Mucha variedad de materiales.
- No puede excederse el par de aprieto.
- No requiere inspecciones de control de par.

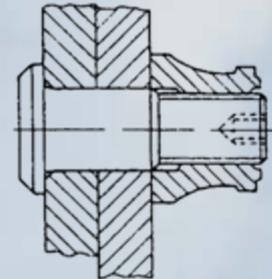
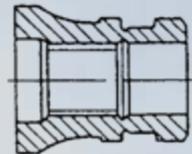
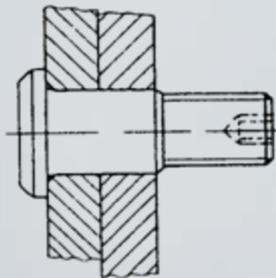
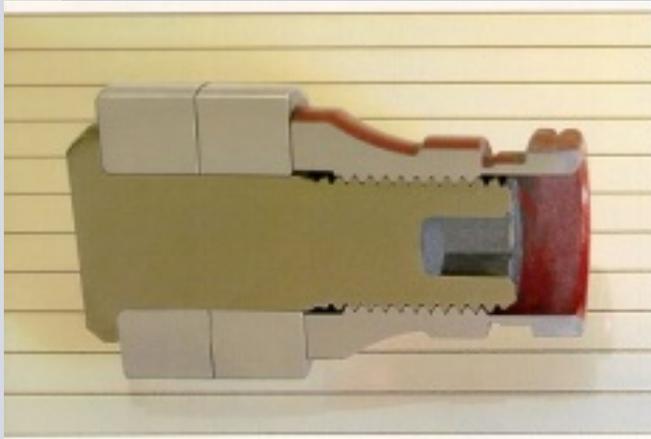


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

Hi-Lock





# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Lockbolts

Elementos para uniones permanentes de mejores características que los remaches, pueden trabajar a cortadura y a tracción. En el montaje es necesario tener acceso desde los dos lados de las piezas.

En la industria aeroespacial se encuentran en cuadernas de fuselaje y larguerillos, costillas de ala y estabilizadores, largueros de ala y larguerillos y en todos aquellos casos que se pretenda evitar el aflojado.

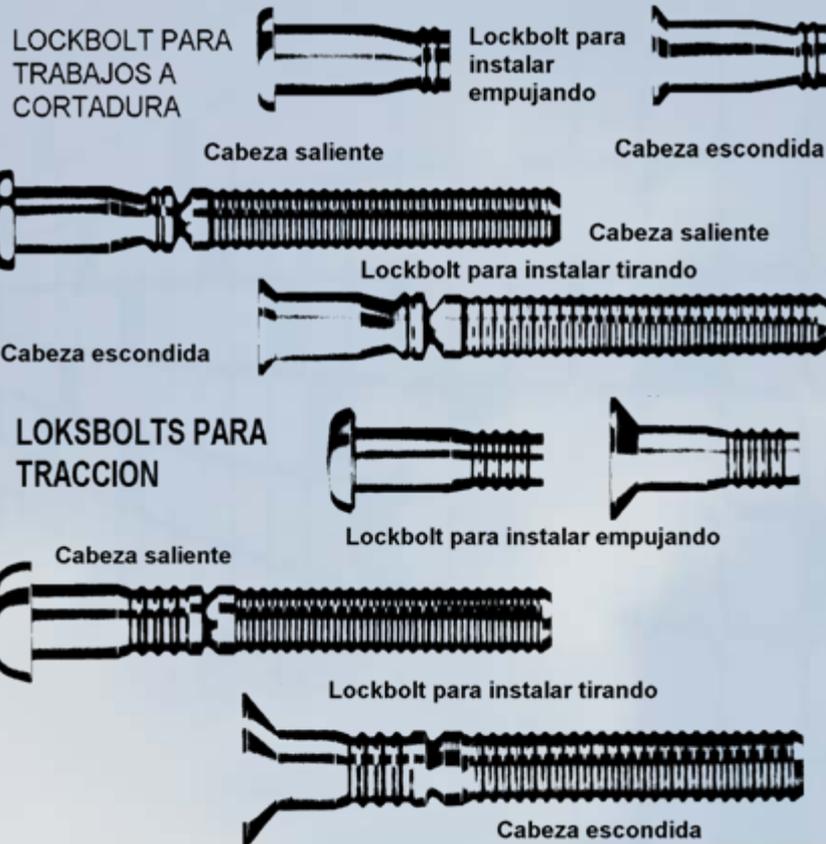
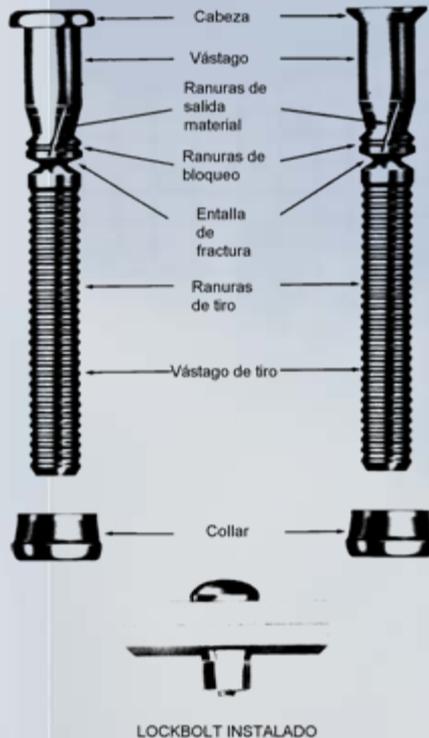


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Lockbolts



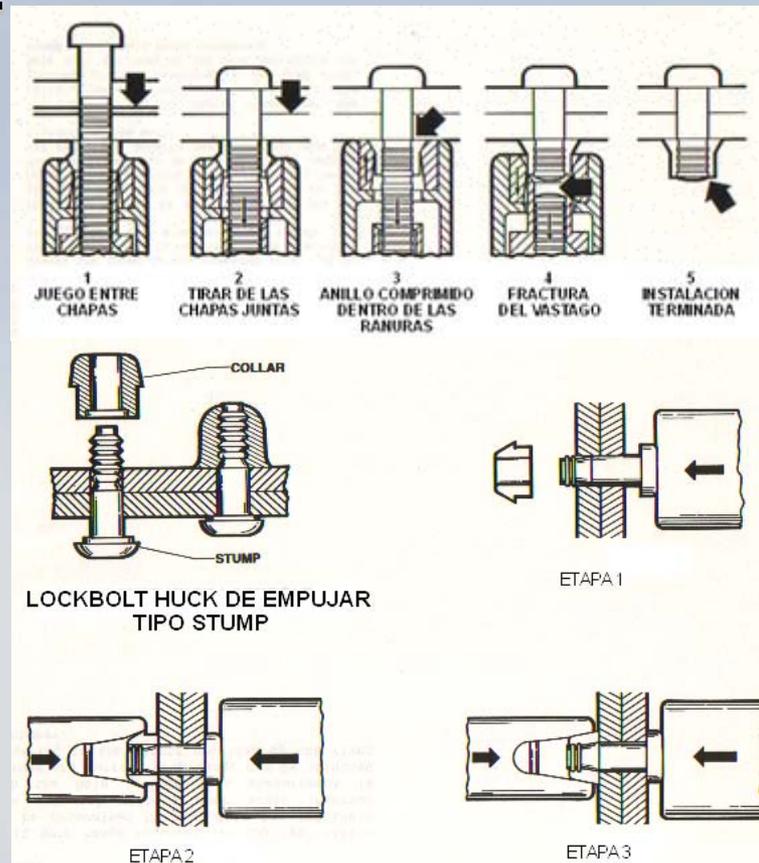


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Lockbolts





# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Lockbolts

Los diseñados para trabajar a cortadura se diferencian de los de tracción (éstos trabajando a cortadura se comportan como aquellos) en que la altura de las cabezas son mas pequeñas y el número de ranuras mas reducido, por lo que resultan de menos peso. Se montan con interferencia para los primeros y con juego para los segundos.

Como materiales de construcción se utilizan para los vástagos: acero aleado 8740, acero inoxidable A-286, Aluminio 7075 y titanio 6AL-4V Para los collares: acero inoxidable A-286, monel, aleación de aluminio 2024-H13, y acero.

Características mas importantes:

- fabricación bajo normas NAS y otras
- resistencia a las vibraciones, hermeticidad, instalación rápida
- ruido reducido en el proceso de instalación
- facilidad de inspección a simple vista
- posibilidad de instalación en planos inclinados hasta 5°.



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Jo-bolts

Los elementos de fijación Jo-bolt, son elementos estructurales de alta resistencia utilizados cuando el remachado es difícil y solo existe acceso desde un lado. Los Jo-bolt consisten en tres piezas, una tuerca de aleación de aluminio o acero, un tornillo de acero y un casquillo de acero resistente a la corrosión.

El tornillo es de rosca a izquierdas y se utiliza para tirar del casquillo y deformarlo para retener la tuerca, se rompe al terminar el proceso

Se fabrican con tipos de cabeza similares a otros elementos.





# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

#### Hi-Shear

Los elementos Hi-shear se emplean en la industria aeroespacial para uniones permanentes para obtener reducción de peso y rapidez de instalación, están formados por un vástago construido en acero y provisto de cabeza, junto a un collar que realiza el cierre; para su montaje se requiere tener acceso desde los dos lados y es necesario emplear herramientas especiales.

Los vástagos se fabrican con cabezas planas o avellanadas y en distintos tipos de materiales bajo normas NAS. Los collares se fabrican en plomo o en aleación de aluminio 2117T4.

La aplicación de los remaches Hi-shear debe de limitarse a los casos de esfuerzos de cortadura.

Los taladros deben de realizarse para que exista interferencia.



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 5.3 Diseño de uniones permanentes

### 5.3.3 Remachado. Estudio de uniones de chapas y perfiles de uso aeronáutico.

Hi-Shear

