

# **INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

## **CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA- ESTRUCTURAS**

**“Reemplazo del stiffener con número de parte 206-033-110-239; y construcción de la piel derecha del túnel central de controles de vuelo en el helicóptero Bell-206L-4, con serie 52081”.**

**POR:**

**SANDOVAL ALVAREZ JAVIER IVAN**

**Proyecto de Grado como requisito parcial para lo obtención del  
título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
2005**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado por el Sr. JAVIER IVAN SANDOVAL ALVAREZ como requisito parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

Subs. Tlgo. Iván Coral  
DIRECTOR DEL PROYECTO

Fecha: 10 de marzo del 2005

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a la persona que siempre ha estado a mi lado, con la que he superado todas las adversidades que se han cruzado en mi camino, y que siempre esta ahí cuando la necesito como es: Carmen, mí querida madre.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios en primer lugar por su infinita bondad, mi madre por el apoyo que siempre me ha dado, a los profesores del ITSA por haberme brindado los conocimientos, que me han servido de mucho en la elaboración de este trabajo, en especial a: Subs Joselito Chávez, Subs Tngl Iván Coral por la ayuda prestada para la culminación de mi proyecto.

La autentica riqueza de un  
ser humano es el bien  
que hace en el mundo

MAHOMA

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema.....	1
2. Enunciado del tema.....	2
3. Justificación.....	2
4. Alcance.....	2
5. Marco teórico.....	3
6. Objetivos.....	3
6.1. Objetivo general.....	3
6.2. Objetivos específicos.....	4

## CAPÍTULO I

### 1. Generalidades

1.1. Finalidad del túnel.....	5
1.1.1. Partes.....	5
1.1.2. Concepto de reparación.....	5
1.1.3. Principios.....	6
1.1.4. Conservación del contorno original.....	11
1.1.5. Reparación estructural general.....	11
1.1.6. Clasificación de daños.....	12
1.1.6.1. Daño insignificante. ....	13
1.1.6.2. Daño reparable por medio de parches.....	13
1.1.6.3. Daño reparable por inserción. ....	13
1.1.6.4. Daño que requiere reemplazo de las piezas. ....	13
1.1.7. Metales y su identificación.....	15
1.1.8. Metales ferrosos para aviones.....	15
1.1.9. Índice numérico SAE.....	15
1.1.10. Métodos para probar el endurecimiento.....	17
1.1.11. Tipos, características y usos de las aleaciones de acero.....	17
1.1.12. Los aceros al carbono.....	17
1.1.13. Los aceros al níquel. ....	18

1.1.14.	Los aceros al cromo.....	18
1.1.15.	Los aceros al cromo-níquel o aceros inoxidable.....	18
1.1.16.	Los aceros al cromo-vanadio.....	19
1.1.17.	Los aceros al cromo-molibdeno.....	19
1.1.18.	El inconel.....	20
1.1.19.	Metales no ferrosos.....	20
1.1.20.	Aluminio y aleaciones de aluminio.....	20
1.1.21.	Aleaciones fundidas.....	21
1.1.22.	Aleaciones forjadas.....	23
1.1.23.	Sistema índice de cuatro dígitos.....	24
1.1.24.	Designaciones del temple.....	25
1.1.25.	Alclad y pureclad. ....	27
1.1.26.	Métodos para identificar materiales.....	27
1.1.27.	Tratamiento térmico.....	28
1.1.28.	Titanio y aleaciones de titanio.....	33
1.1.29.	Estructura de cristal.....	34
1.1.30.	El magnesio y las aleaciones de magnesio.....	35
1.1.31.	Substitución e intercambiabilidad de los metales para aviones.....	37
1.2.	<u>Remaches</u> .....	38
1.2.1.	Tipos.....	39
1.2.2.	Remaches de vástago macizo.....	39
1.2.3.	Condición de temple.....	41
1.2.4.	Resistencia a la corrosión.....	42
1.2.5.	Identificación de los remaches.....	44
1.2.6.	Tipos de cabezas.....	44
1.2.7.	Marcas de la cabeza.....	45
1.2.8.	Numeración en clave.....	46
1.2.9.	Remaches especiales.....	48
1.2.10.	Remaches que se expanden mecánicamente.....	48
1.2.11.	Remaches de acción automática (cierre por fricción).....	48
1.2.12.	Remaches de acción automática (cierre mecánico).....	54
1.2.13.	Remaches de tracción.....	58

1.2.14. Tornillos y remaches de seguridad dill (dill lok-skrus y lok-rivets).....	59
1.2.15. Remaches deutsch.....	61
1.2.16. Remaches hi-shear.....	62
1.2.17. Plan de remachado.....	66
1.2.18. Selección de los remaches.....	66
1.2.19. Manera de taladrar huecos para los remaches.....	71
1.2.20. Avellanado y formación de hoyuelos.....	73
<b>1.3. <u>Herramientas</u>.....</b>	<b>77</b>
1.3.1. Calzador de agujeros.....	77
1.3.2. Los cortadores de remaches.....	78
1.3.3. Las barras contrarremachadoras.....	78
1.3.4. Buterolas de mano y buterolas especiales.....	79
1.3.5. Clecos.....	80
1.3.6. Pistolas remachadoras neumáticas.....	81
1.3.7. Prensador de remache.....	83

## CAPÍTULO II

<b>2. <u>Estado de la situación actual</u>.....</b>	<b>85</b>
2.1. Inspección del stiffener.....	85
2.2. Inspección del panel.....	86
2.3. Revisión en el manual de reparación.....	86

## CAPÍTULO III

<b>3. <u>Reparación</u>.....</b>	<b>92</b>
3.1. Herramientas y materiales utilizadas en la reparación.....	93
3.2. Procedimientos de desmontaje.....	94
3.3. Procedimientos de fabricación del panel.....	97
3.4. Procedimientos de montaje.....	100
3.5. Pruebas de funcionamiento.....	106
3.6. Requerimientos de inspección.....	107

## **CAPÍTULO IV**

<b>4. Análisis económico</b> .....	108
4.1. Licitación de compañías para el trabajo.....	108
4.2. Oferta ganadora.....	111
4.3. Análisis de costos del trabajo.....	111

## **CAPÍTULO V**

5.1. <b><u>Conclusiones</u></b> .....	112
5.2. <b><u>Recomendaciones</u></b> .....	112



## ÍNDICE DE LAS FIGURAS

Figura 1-1 Métodos para medir los remaches.....	47
Figura 1-2 Remaches de acción automática.....	49
Figura 1-3 Determinación de la longitud de agarre del remache.....	50
Figura 1-4 Pistolas remachadoras de acción automática (cierre por fricción).....	51
Figura 1-5 Inspección de remaches de acción automática (cierre por fricción).....	53
Figura 1-6 Retiro de remaches de acción automática (cierre por fricción).....	53
Figura 1-7 Remache de acción Automática (cierre mecánico).....	54
Figura 1-8 Herramienta para instalar el remache ciego, modelo huck CP350.....	56
Figura 1-9. Cabeza de Tracción H-610.....	57
Figura 1-10 Quitada del remache.....	58
Figura 1-11 Remache de tracción.....	59
Figura 1-12. Remache con Rosca Interna (Dos Piezas).....	60
Figura 1-13. Remache Deutsch.....	61
Figura 1-14. Remache Hi-Shear (de Pasador).....	63
Figura 1-15 Usando la buterola para remache de pasador.....	64
Figura 1-16 Inspección del remache de pasador.....	65
Figura 1-17 Quitada de los remaches de pasador.....	66
Figura 1-18. Manera de Determinar la Longitud del Remache.....	68
Figura 1-19 Espaciamiento de los remaches.....	70
Figura 1-20 Manera de taladrar Huecos para los remaches.....	72
Figura 1-21 Taladro de ángulo recto.....	72
Figura 1-22 Avellanado.....	73
Figura 1-23. Datos para Formación Radial de Hoyuelos y Acuñaación.....	75
Figura 1-24. Duplicador de agujeros.....	77
Figura 1-25. Cortador de remaches .....	78
Figura 1-26. Tipos de barras contraremachadoras .....	79
Figura 1-27. Buterolas.....	80

Figura 1-28. Afianzadores o Clecos.....	81
Figura 1-29. Remachadora neumática.....	82
Figura 1-30. Prensador de remaches.....	84
Figura 2.1 Helicóptero en reparación.....	85
Figura 2.2 Rajadura del stiffener.....	85
Figura 2.3 Rajadura en el panel.....	86
Figura 2.3 Túnel de controles de vuelo.....	88
Figura 2.4 Consulta sobre la rajadura del panel a la compañía BELL.....	91
Figura 3.1 Herramientas utilizadas.....	93
Figura 3.2 Materiales.....	94
Figura 3.3 Tapa de inspección.....	94
Figura 3.4 Cañerías alojadas en la parte del túnel.....	95
Figura 3.5 Retiro de remaches.....	95
Figura 3.6 Retiro del panel.....	96
Figura 3.7 Partes reusables.....	96
Figura 3.8 Retirada del stiffener.....	97
Figura 3.9 Lámina.....	97
Figura 3.10 Copiado del panel en la lámina.....	98
Figura 3.11 Perforaciones en la lámina.....	98
Figura 3.12 Corte de la lámina.....	99
Figura 3.13 Nuevo panel.....	99
Figura 3.14 Panel pintado.....	100
Figura 3.15 Stiffener nuevo y Stiffener obsoleto.....	100
Figura 3.16 Esmerilada del stiffener.....	101
Figura 3.17 Medición del stiffener en el panel.....	101
Figura 3.18 Orificos en el stiffener.....	102
Figura 3.19 Pase de agujeros del panel al stiffener.....	102
Figura 3.20 Instalación de las partes reusables.....	103
Figura 3.21 Remachado de las piezas reusables.....	103
Figura 3.22 Refuerzos del panel.....	104
Figura 3.23 Stiffener y panel sujetos con clecos.....	104

Figura 3.24 Remachado del panel junto al stiffener.....	105
Figura 3.25 Remaches hi-lock.....	105
Figura 3.26 Instalación de los carenajes plásticos.....	106
Figura 3.27 Prueba de funcionamiento.....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Tabla de la Resistencia al Esfuerzo Cortante Sencillo.....	9
Tabla 1-2 Tabla de la Resistencia al Apoyo.....	10
Tabla 1-3 Índice Numérico SAE.....	16
Tabla 1-4 Designación de temple.....	26
Tabla 1-5 Grupos de Aluminio.....	43
Tabla 1-6 Tamaños de broca espiral para hacer el agujero y para escariar.....	72

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1 Grupos de aleaciones.....	25
Cuadro 1.2 Tiempo adecuado de calentamiento y las temperaturas convenientes para tratamiento térmico de los remaches.....	42
Cuadro 1-3. Marcas de la cabeza y composición del remache.....	46
Cuadro 1-4. Identificación del tipo de la cabeza del remache.....	47
Cuadro 1-5. Letras que designan el contenido de la aleación del remache.....	47

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1-1 Fórmula para determinar el número de remaches.....	10
--	----

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1. Diagrama de Flujo de Procesos de la Reparación	92
--	----

**BIBLIOGRAFÍA**

**GLOSARIO**

**ANEXOS**

**PLANOS**



# INTRODUCCIÓN

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El helicóptero Bell-206L-4 que pertenecía al Filanbanco, el mismo que fue puesto a la venta en calidad no operativo y adquirido por la compañía de CORPOSEGURIDAD que decide hacer la adquisición y la habilitación en AEROPOLICIAL con ayuda y asesoramiento de la Fuerza Aérea Ecuatoriana los mismos que detectan una falla de tipo estructural en el panel derecho del túnel de controles de vuelo y una rajadura en el stiffener. La cual es probable que se haya producido por el peso en el asiento y por el movimiento del helicóptero.

Se hace la consulta en la casa Bell sobre la situación de una posible reparación en el área afectada de la piel del lado derecho superior. La misma que responde que no y que en el área afectada está prohibida la reparación, por lo que toca fabricar una nueva piel.

En el ITSA no se presentan situaciones para poner en práctica los conocimientos de la especialidad de estructuras y menos al tratarse de helicópteros.

En la carrera de estructuras no se presentan oportunidades de realizar reparaciones reales y un seguimiento de la efectividad de los mismos

La falta de manejo y manipulación de herramientas de aviación en la carrera de mecánica en el campo real de trabajo.

No se ha puesto en práctica los conocimientos adquiridos en un trabajo de tal magnitud e importancia.

## **2. ENUNCIADO DEL TEMA**

“Reemplazo del stiffener con número de parte 206-033-110-239; y construcción de la piel derecha del túnel central de controles de vuelo en el helicóptero Bell-206L-4, con serie 52081”

## **3. JUSTIFICACIÓN**

Es una magnífica oportunidad para participar en tales reparaciones y aplicar conocimientos.

El ITSA se beneficiará con prestigio debido a la participación de un alumno egresado en la reparación del helicóptero Bell-206

El ITSA contará con la información de la sustitución del stiffener con número de parte 206-033-110-239, del helicóptero Bell 206L así como con la fabricación de la piel derecha del túnel central, que servirá como un ejemplo para los estudiantes de mecánica-estructuras por el trabajo realizado en la estructura del helicóptero.

El trabajo será limitado de acuerdo con lo manifestado en la orden técnica (BHT-206-SRM-1)

## **4. ALCANCE**

Los beneficiarios de esta investigación son la compañía CORPOSEGURIDAD conjuntamente con AEROPOLICIAL quienes se encuentran a cargo del mantenimiento y operación del helicóptero

Como estudiante egresado es de beneficio personal el participar en las reparaciones como soporte técnico adicional al mecánico de estructuras a cargo de dicha reparación.

Mi participación en esta reparación estará certificada por el técnico a cargo de la misma y por un certificado adicional que me será otorgado por AEROPOLICIAL.



En los certificados constará mi participación como aprendiz-ayudante por no contar con la licencia respectiva y la habilitación necesaria.

## **5. MARCO TEÓRICO**

Las superficies de controles de vuelo son superficies móviles por medio de las cuales las aeronaves pueden ser dominadas durante el vuelo; los helicópteros se pueden mover en cualquier dirección girando el rotor en la dirección deseada.

Las superficies de controles de vuelo del helicóptero están conectadas al rotor. El túnel central consta de 4 stiffener los cuales están recubiertos por láminas de aluminio remachadas a los stiffener.

Cualquiera que sea un problema estructural por rajadura o rotura hay que tomarlos muy en cuenta, para evitar accidentes.

Los problemas del stiffener y otros componentes estructurales deben ser reparados para que la aeronave vuelva a su operatividad.

La reparación de cualquier componente estructural debe dejar al mismo, con las mismas condiciones iniciales o con una mínima alteración siguiendo el respectivo manual de reparaciones de cada aeronave.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. OBJETIVO GENERAL**

Reemplazar el stiffener y fabricar la piel derecha del túnel central de los controles de vuelo.

## **6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 6.2.1. Recopilar información técnica.
- 6.2.2. Determinar el estado de situación actual.
- 6.2.3. Seleccionar las herramientas y materiales para la reparación.
- 6.2.4. Reemplazar el stiffener.
- 6.2.5. Construir la piel derecha del túnel.
- 6.2.6. Evaluación de inspecciones periódicas según orden técnica.

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Finalidad del túnel

El túnel tiene como finalidad el alojamiento de las varillas de controles de vuelo del helicóptero; este túnel es fundamental cuidarlo ya que está alojado en la parte central del helicóptero, sin este túnel las varillas de controles de vuelo estuvieran expuestas a cualquier contacto humano que no fuese el de mano de obra de mantenimiento pudiéndose producir accidentes aéreos.

#### 1.1.1. Partes

Estructuralmente este túnel esta formado por 4 stiffener dos pieles izquierda y derecha; una piel delantera y otra posterior la cual es desmontable sujeta por tornillos que sirve de tapa de inspección.

#### 1.1.2. CONCEPTO DE REPARACIÓN

Los métodos de reparación de las piezas estructurales de un avión son numerosos y variados, y no se han encontrado aún normas determinadas de reparación que se puedan aplicar en todos los casos. Como el mecánico de campo raras veces dispone de diseños precisos que le indiquen las cargas que actúan en las diferentes piezas estructurales de un avión, el problema de reparar una sección dañada se resuelve usualmente tratando de reproducir la pieza original en cuanto a resistencia, clase de material y dimensiones. Se aquí algunas reglas generales relacionadas con la selección del material y la formación de piezas, que pueden ser aplicadas universalmente por el reparador de estructuras de aviones.

Los principios generales que se dan en este capítulo son ejemplos de reparaciones típicas, relacionadas con el mantenimiento de los aviones y se los puede seguir,

siempre que sean aplicables, cuando no disponga de instrucciones precisas de la orden técnica pertinente. Cuando las tenga hay que darles siempre preferencia.

### **1.1.3. PRINCIPIOS**

El primero y uno de los pasos más importantes en la reparación de un daño estructural es la "evaluación" del trabajo y la preparación de un cálculo exacto de lo que se va a hacer. Esta "evaluación" incluye apreciación del mejor tipo y forma del parche que va a usar; el tipo, tamaño y cantidad de remaches necesarios; y la resistencia, el espesor y la clase de material requerido para hacer que el miembro reparado no sea más pesado (o apenas ligeramente más pesado) y tan fuerte como el original. Se debe inspeccionar también los miembros adyacentes para ver si hay señales de corrosión y de daños ocasionados por cargas, para que pueda estimar con exactitud la cantidad que debe "limpiar" del material dañado. Después de quitar la parte dañada, haga primero el trazado del parche en un papel, transfíeralo luego al material de lámina que haya escogido. Después corte y bisele el parche, dándole la forma adecuada para que corresponda al contorno del área determinada y por último aplíquelo.

Cuando se hace cualquier reparación usted debe observar ciertas reglas fundamentales, si es que se va a conservar la resistencia original de la estructura. La plancha de parche debe tener un área transversal igual o mayor que la de la sección dañada original. Si el miembro está expuesto a cargas de compresión o de flexión, ponga el empalme en la parte exterior del miembro, para obtener una mayor resistencia a dichas cargas. Si usted no puede colocar el empalme en la parte exterior del miembro, use un material de un peso inmediatamente superior al peso del material que se usó en el original.

A fin de reducir la posibilidad de rajaduras al comienzo de las esquinas de los cortes, trate de hacer éstos en forma circular u ovalada. Cuando sea necesario usar un corte rectangular, haga el radio de curvatura de cada esquina no menor de 1/2 pulgada. Reemplace los miembros combados o doblados o refuércelos fijando un empalme sobre el área afectada.

Asegúrese de que el material usado en todos los repuestos o refuerzos sea similar al material usado en la estructura original. Si fuere necesario usar como sustituto

una aleación más débil que la original, use un material de mayor espesor para proporcionar la resistencia transversal equivalente. Pero nunca haga lo contrario; es decir, usar un material más delgado y más fuerte que el original. Esta contradicción aparente se debe a que un material puede tener mayor resistencia a la tensión que otro pero menos resistencia a la compresión o viceversa. (En la O.T.1-1A-1, Manual General para Reparaciones Estructurales, se puede encontrar información sobre la sustitución de láminas de aleación de aluminio.)

Cuando sea necesario darle forma al material hay que tener especial cuidado. Las aleaciones tratadas térmicamente y las aleaciones trabajadas en frío soportan muy poco doblamiento sin que se rajen. Las aleaciones suaves, en cambio, son fáciles de formar, pero no son lo suficientemente fuertes para usarlas en las estructuras principales. Las aleaciones fuertes se pueden moldear en su condición de recocidas y ser tratadas térmicamente para que desarrollen su resistencia, antes de montarlas.

En algunos casos, si no es posible obtener el metal recocido usted puede calentarlo, enfriarlo por inmersión de acuerdo con las prácticas regulares de tratamiento térmico y moldearlo, antes de que se produzca el endurecimiento por envejecimiento. El moldeamiento deberá completarse aproximadamente dentro de la media hora siguiente al enfriamiento por inmersión, pues de lo contrario el material se pondrá demasiado duro para trabajarlo. Si se usa una dobladora para darle forma a una sección, ponga un pedazo delgado de metal suave sobre las quijadas de la dobladora para no raspar o rayar la superficie de la lámina.

El tamaño de los remaches para cualquier reparación se puede determinar observando los remaches (usados por el fabricante) en la próxima hilera paralela de remaches de la parte interior del ala o adelante en el fuselaje. Otro método para determinar el tamaño de los remaches que se van a usar es multiplicar el espesor del revestimiento por 3 y usar el remache del tamaño más grande siguiente que corresponda a esa cifra. Así, por ejemplo, si el espesor del revestimiento es 0,040 de pulgada, multiplique 0,040 por 3, lo cual es igual a 0,120 y use el remache del tamaño siguiente más grande, 1/8 de pulgada (0,125 de pulgada).

Todas las reparaciones hechas en las piezas estructurales del avión exigen un número definido de remaches, a fin de restaurar la resistencia original. Este número varía de acuerdo con el espesor del material que se está reparando y el tamaño del daño. El número de remaches o pernos necesarios se puede determinar observando un empalme similar hecho por el fabricante o usando la siguiente fórmula de remaches.

$$\# R = \frac{L \times T \times 75000}{S_o B}$$

**# R**= El número de remaches que se va a usar a cada lado de la rotura es igual al largo de la rotura por el espesor del material original por 75000 dividido por la resistencia al esfuerzo cortante o al apoyo cualquiera que sea la menor de las dos.

**L**= El largo de la rotura se mide perpendicular a la dirección del esfuerzo general a lo largo del área dañada.

**T**= El espesor del material es el verdadero espesor del material que se está reparando y se mide en milésimos de pulgada.

**75,000** = que se usa en la fórmula es un valor supuesto de la carga de esfuerzo de 60,000 libras por pulgada cuadrada, aumentado en un factor de seguridad del 25%. Es un valor constante.

**S**= La resistencia al esfuerzo cortante se toma de la tabla preparada que aparece en la Tabla 1-1. Es la cantidad de fuerza requerida para cortar un remache que sujeta juntas dos o más láminas. Si el remache está sujetando dos láminas o dos piezas, está bajo esfuerzo cortante sencillo y si está sujetando tres láminas o tres piezas está bajo un esfuerzo doble. Para determinar la resistencia al esfuerzo cortante, se debe conocer el diámetro del remache que se va a usar. Esto se determina multiplicando el espesor del material por tres.

Tabla 1-1. Tabla de la Resistencia al Esfuerzo Cortante Sencillo

Resistencia al esfuerzo cortante sencillo de los remaches de aleación de aluminio (Libras)									
Composición del remache (aleación)	Resistencia máxima del metal de los remaches (psi)	Diámetro del remache (pulgadas)							
		1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16	3/8
2117T	27,000	83	186	331	518	745	1,325	2,071	2,981
2017 T	30,000	92	206	368	573	828	1,472	2,300	3,313
2024 T	35,000	107	241	429	670	966	1,718	2,684	3,865
La resistencia al esfuerzo cortante doble se encuentra multiplicando los valores arriba indicados por 2.									

**B=** La resistencia al apoyo es un valor tomado de la tabla que se muestra en la Tabla 1-2. Es la cantidad de tensión necesaria para halar un remache a través del borde de dos láminas remachadas entre sí para alargar el agujero del remache. Para usar la tabla de la resistencia de apoyo, se debe conocer el diámetro del remache que se va a usar y el espesor del material que se está remachando. El diámetro del remache sería el mismo que se usó cuando se determinó el valor de la resistencia al esfuerzo cortante. El espesor del material sería el del material que se está reparando.

Una vez que usted comprende la derivación y el significado de los términos usados en la fórmula de remaches (como se explica en los párrafos anteriores), usted puede reducir la fórmula a lo siguiente:

$$\frac{L \times T \times 75000}{SoB}$$

Tabla 1-2. Tabla de la Resistencia al Apoyo

Espesor de La lámina	Diámetro del remache					(pulgadas)		
	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16	3/8
	71	107	143	179	215	287	358	430
.016	82	123	164	204	246	328	410	492
.018	92	138	184	230	276	369	461	553
.020	102	153	205	256	307	410	412	615
.025	128	192	256	320	284	512	640	768
.032	164	245	328	409	492	656	820	984
.036	184	276	369	461	553	738	922	1,107
.040	205	307	410	512	615	820	1,025	1,230
.045	230	345	461	576	691	922	1,153	1,383
.051	261	391	522	653	784	1,045	1,306	1,568
.064		492	656	820	984	1,312	1,640	1,968
.072		553	738	922	1,107	1,476	1,845	2,214
.081		622	830	1,037	1,245	1,660	2,075	2,490
.091		699	932	1,167	1,396	1,864	2,330	2,796
.102		784	1,046	1,307	1,569	2,092	2,615	3,138
.125		961	1,281	1,602	1,922	2,563	3,203	3,844
.156		1,198	1,598	1,997	2,397	3,196	3,995	4,794
.188		1,445	1,927	2,409	2,891	3,854	4,818	5,781
.250		1,921	2,562	3,202	3,843	5,125	6,405	7,686
.313		2,405	3,208	4,009	4,811	6,417	7,568	9,623
.375		2,882	3,843	4,803	5,765	7,688	9,068	11,529
.500		3,842	5,124	6,404	7,686	10,250	12,090	15,372

Como un ejemplo del uso de la fórmula, vamos a determinar el número de remaches 2117T necesarios para reparar una rotura de 2-1/4 pulgadas de largo en un material de 0.040 de espesor.

Fórmula:

$$\frac{L \times T \times 75000}{SoB} \quad (1-1)$$

Información Necesaria

L= 2 ¼ (2.25) pulgadas

T= 0.040 de pulgadas

Tamaño del remache: 0.040 x 3 = 0.120, de manera que el remache debe ser de 1/8 pulgadas o 0.125

S= 331 (tomado de la tabla de resistencia al esfuerzo cortante)



B= 410 (tomado de la tabla de resistencia al apoyo)

S= 331 es menor que B= 410

Sustitución y resultado

$$\frac{2.25 \times 0.040 \times 75000}{331} = \frac{6750}{331} = 20.39 \text{ se debe usar 21 remaches a cada lado}$$

#### **1.1.4. CONSERVACIÓN DEL CONTORNO ORIGINAL.**

Todas las reparaciones deberán moldearse de manera tal que se acoplen perfectamente al contorno original. Un contorno parejo es especialmente conveniente cuando se ponen parches en el revestimiento externo y liso de un avión de gran velocidad.

Mantenga al mínimo el peso de todas las reparaciones. Haga el parche lo más pequeño posible y no use más remaches de los que sean necesarios. En muchos casos, las reparaciones alteran el equilibrio original de la estructura. Añadiendo peso excesivo en cada reparación, se puede desequilibrar el avión hasta el punto de hacer necesario el ajuste de las aletas compensadoras y de equilibrio.

#### **1.1.5. REPARACIÓN ESTRUCTURAL GENERAL**

Los miembros estructurales del avión han sido diseñados para cumplir una función determinada o para servir a un fin definido. En la reparación de aviones, el objetivo principal es restaurar la pieza dañada a su condición original. Con frecuencia el reemplazo es el único modo en que se puede hacer esto eficazmente. Cuando es posible reparar una pieza dañada, estúdiela primero cuidadosamente para que así comprenda bien su propósito o función.

En la reparación de algunas estructuras el requisito principal puede ser la resistencia, mientras que otras pueden necesitar propiedades completamente diferentes. Por ejemplo: los tanques de combustible, flotadores y cascos deben protegerse contra los escapes; pero las cubiertas, contornos aerodinámicos y piezas similares deben tener propiedades tales como apariencia nítida, forma

aerodinámica y accesibilidad. La función de cualquier pieza dañada debe determinarse cuidadosamente para poder hacer una reparación que satisfaga los requisitos.

Al hacer una inspección visual del daño, recuerde que puede haber otras clases de daño que no sean los causados por proyectiles lanzados desde el exterior, tales como el fuego antiaéreo. Un aterrizaje brusco puede sobrecargar uno de los trenes de aterrizaje, haciendo que se tuerza, lo cual se clasificaría como daño de carga. Durante la inspección y "evaluación del trabajo de reparación" usted debe tener en cuenta hasta donde se extiende el daño causado por el montante amortiguador torcido hacia los miembros estructurales de apoyo.

Un choque recibido en un extremo de un miembro se transmitirá en toda su longitud; por consiguiente, inspeccione cuidadosamente todos los remaches, pernos y estructuras de fijación a lo largo de todo el miembro, para ver si hay indicios de daño. Examine detenidamente los remaches que hayan sufrido daño parcial y observe si los agujeros se han alargado.

Otra clase de daño que usted debe vigilar es el causado por la acción atmosférica o corrosión, que se conoce como daño de corrosión. El daño de corrosión del material de aluminio se puede descubrir por el depósito blanco cristalino que se puede encontrar alrededor de los remaches flojos, las rajaduras o cualquier parte de la estructura que pueda ser un sitio propicio para que se deposite la humedad.

Si no es posible hacer una inspección visual de las superficies interiores del revestimiento sin desmontarlas, inspeccione la pieza dándole golpecitos con los nudos de los dedos en diferentes partes del revestimiento exterior. La presencia de corrosión grave se hará evidente cuando al golpear ligeramente con los nudos se produzcan pequeñas abolladuras en el material o se levante un polvo blanco.

#### **1.1.6. CLASIFICACIÓN DE DAÑOS**

Los daños se pueden agrupar en cuatro clases generales. En muchos casos, la falta de disponibilidad o la escasez de materiales y de tiempo son los factores más

importantes que determinan si las piezas se pueden reemplazar o reparar. A continuación se dará una clasificación de los daños y una descripción general de cada tipo de daño.

**1.1.6.1. DAÑO INSIGNIFICANTE.** Un daño insignificante se clasifica como un daño que no afecta la integridad estructural del miembro afectado, o un daño que puede corregirse por un simple procedimiento, sin ocasionarle restricciones de vuelo al avión. En esta clasificación se incluyen pequeñas abolladuras, rayaduras, rajaduras o agujeros que puedan repararse alisándolos, lijándolos, deteniéndolos con perforaciones a taladro, emparejándolos, golpeándolos con un martillo o reparándolos de otra manera, sin usar materiales adicionales.

**1.1.6.2. DAÑO REPARABLE POR MEDIO DE PARCHES.** Un daño que se puede reparar por medio de parches es cualquier daño que exceda los límites del daño insignificante y que puede repararse empalmado el área dañada de un componente con un material de empalme. El material de empalme o del parché usado en las reparaciones internas o remachadas y aseguradas con pernos es normalmente el mismo tipo de material que el de la pieza dañada, pero de un espesor más grueso. En una reparación hecha con parche se pueden usar placas de relleno del mismo grueso y del mismo tipo que el material del componente dañado, para fines de apoyo o para devolver a la parte dañada su contorno original.

**1.1.6.3. DAÑO REPARABLE POR INSERCIÓN.** Cualquier daño que pueda repararse cortando la sección dañada, reemplazando la parte quitada con una sección igual a la del componente dañado y asegurando la inserción con empalmes a cada extremo, se clasifica como daño reparable por inserción.

**1.1.6.4. DAÑO QUE REQUIERE REEMPLAZO DE LAS PIEZAS.** El reemplazo de una pieza entera se considera necesario cuando existen una o más de las siguientes condiciones:

- ❖ Cuando una pieza complicada se ha dañado extensamente.
- ❖ Cuando la estructura circundante o la inaccesibilidad hace impráctico la reparación.
- ❖ Cuando la parte dañada es relativamente fácil de reemplazar.

- ❖ Cuando hay herrajes forjados o fundidos que se han dañado a un grado que excede los límites insignificantes.

El control y tratamiento de la corrosión son de la mayor importancia para todo el personal de mantenimiento de aviones. Son importantes, porque la corrosión del equipo y las estructuras principales pueden tener gran efecto en la capacidad, el funcionamiento e integridad estructural de cualquier sistema. La economía es otra razón importante, porque la corrosión grave puede finalmente debilitar suficientemente las estructuras principales hasta el punto de que haya necesidad de reemplazarlas o reforzarlas para que puedan soportar las cargas para las cuales están diseñadas. El debilitamiento de una estructura o pieza usualmente hace necesaria una reparación grande que puede ser costosa o tomar demasiado tiempo y causar la pérdida de eficacia de los diferentes sistemas.

Las inspecciones y medidas preventivas planeadas son esenciales para determinar el status de todos los sistemas y procurar la temprana corrección de las piezas debilitadas. El mantenimiento preventivo disminuye la cantidad total de mano de obra usada y el gasto requerido y asegura que la corrosión no impida que la aeronave funcione como es debido.

Casi todos los metales están expuestos a la corrosión; pero esta se puede reducir a un mínimo usando metales y acabados resistentes a la corrosión, cuando son compatibles con los factores de diseño, peso y resistencia. La principal medida preventiva de la corrosión usada en las estructuras de aviones es cubrir con aluminio puro, ambos lados de la lámina de aleación de aluminio. En condiciones normales, el aluminio Alclad es altamente resistente a la corrosión; sin embargo, la suciedad acumulada, las sales, los vapores causados por las industrias y la humedad producirán picaduras en la superficie de Alclad.

Los metales no enchapados requieren algunas medidas preventivas para protegerlos contra la corrosión. Por ejemplo, las aleaciones de aluminio usualmente se anodizan o se tratan químicamente y luego se pintan. La construcción interna de las estructuras de los aviones por lo general se pinta con un acabado orgánico. El acero (excepto casi todos los aceros inoxidable) y los metales como el bronce y latón, requieren para su protección un baño de cadmio o de zinc, una capa de

conversión, pintura o las tres cosas. El magnesio requiere tratamientos químicos especiales y acabados de pintura.

### **1.1.7. METALES Y SU IDENTIFICACIÓN**

### **1.1.8. METALES FERROSOS PARA AVIONES**

En la reparación de aviones se requiere una gran variedad de materiales. Este es el resultado de las diferentes necesidades con respecto a la resistencia, peso, durabilidad y resistencia a la deterioración de estructuras o piezas determinadas. Además, la forma en particular del material desempeña un papel importante. Al seleccionar los materiales para la reparación de aviones, se tienen en cuenta estos factores además de muchos otros, en relación con sus propiedades mecánicas y físicas. Entre los materiales comunes que se usan están los metales ferrosos. El término ferroso se aplica al grupo de metales que tienen hierro como su principal constituyente.

### **IDENTIFICACIÓN**

Si se le añade carbón al hierro, en porcentajes que varíen hasta aproximadamente 1.00%, el producto será muy superior al hierro y se clasifica como acero al carbono. El acero al carbono forma la base de los aceros de aleación producidos por la mezcla de acero al carbono con otros elementos que se sabe que mejoran las propiedades del acero. Un metal base (como el hierro) al cual se le han añadido pequeñas cantidades de otros metales, se llama una aleación. La adición de otros metales es para cambiar o mejorar las propiedades químicas o físicas del metal básico.

**1.1.9. ÍNDICE NUMÉRICO SAE.** La clasificación del acero de la Sociedad de Ingenieros de Automóviles (SAE) se usa en las especificaciones para todos los aceros de alto grado empleados en la construcción de aviones y automóviles. Un sistema índice numérico identifica la composición de los aceros SAE.

Cada número SAE consiste en un grupo de dígitos, el primero de los cuales representa el tipo del acero; el segundo, el porcentaje del elemento de aleación

principal y por lo general los últimos dos o tres dígitos representan el porcentaje en centésimos de 1% de carbón en la aleación. Por ejemplo, el número SAE 4150 indica un acero al molibdeno que contiene 1% de molibdeno de 0. 50% de carbón. Consulte la tabla de índice numérico SAE, tabla1-3.

Tabla 1-3. Índice Numérico SAE

<b>Tipos de aceros</b>	<b>Clasificación</b>
Carbón	1xxx
Níquel	2 xxx
Níquel-cromo	3 xxx
Molibdeno	4xxx
Cromo	5 xxx
Cromo-vanadio	6 xxx
Tungsteno	7 xxx
Silicio-magnesio	9 xxx

El material de láminas es fabricado en diferentes formas, incluyendo láminas, barras, varillas, tubería, extrusiones, molduras, piezas forjadas y piezas fundidas. El metal laminado se hace en una variedad de tamaño y grosores. Las especificaciones designan los grosores en milésimos de pulgada. Las barras y varillas se suministran en diferentes formas, tales como redondas, cuadradas, rectangulares, hexagonales y octagonales. La tubería se puede obtener en formas redondas, ovaladas, rectangulares y de líneas aerodinámicas. El tamaño de la tubería es especificado por lo general por el diámetro externo y el grosor de pared.

El metal laminado por lo general es moldeado en frío en máquinas tales como presas, máquinas plegadoras, bancos para estirar y rodillos. Las piezas forjadas son formadas presionando o martillando el metal calentado en troqueles. Las piezas fundidas se producen vertiendo metal derretido en moldes. A la pieza fundida se le da el acabado a máquina.

**1.1.10. MÉTODOS PARA PROBAR EL ENDURECIMIENTO.** La prueba de endurecimiento es un factor en la determinación de los resultados del tratamiento térmico, lo mismo que la condición del metal antes del tratamiento térmico. Hay dos métodos corrientes de prueba de endurecimiento, la prueba Brinell y la prueba Rockwell (que requieren máquinas) y un tercer método llamado prueba de chispa.

#### **1.1.11. TIPOS, CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LAS ALEACIONES DE ACERO**

Aun cuando el acero del tipo puro al carbono sigue siendo el producto principal de las fábricas de acero, las llamadas aleaciones o aceros especiales se están produciendo por toneladas, en aumento constante. Hay que considerar ahora las aleaciones de acero y sus usos en la aviación.

**1.1.12. LOS ACEROS AL CARBONO.** El acero que contiene carbono en porcentajes que varían de 0.10 a 0.30%, está clasificado como acero de bajo carbono. Los números SAE equivalentes, varían de 1010 a 1030. Los aceros de este grado se usan para hacer artículos tales como alambre de seguridad, ciertas tuercas, bujes de cables y extremos de varillas roscadas. Este acero en forma de lámina se usa para piezas estructurales secundarias y abrazaderas, y en forma tubular, para piezas estructurales sometidas a tensión moderada.

El acero que contiene carbono en porcentajes que varían de 0.30 a 0.50% está clasificado como acero de contenido medio de carbono. Este acero es especialmente adaptable para trabajos a máquina o de forjadura y para ser usado cuando se desea obtener dureza de superficie. Algunos extremos de varilla y forjaduras livianas se hacen de acero SAE 1035.

El acero que contiene carbono en porcentajes que varían de 0.50 a 1.05% está clasificado como acero de alto contenido de carbono. La adición de otros elementos en cantidades variables aumenta la dureza de este acero. Cuando se le ha sometido a tratamiento térmico completo es muy duro, opone gran resistencia al esfuerzo cortante y al desgaste, y es susceptible a muy poca deformación. Tiene un uso limitado en la aviación. El acero SAE 1095 en forma de lámina se usa para hacer resortes planos y, en forma de alambre, para hacer resortes en espiral.

**1.1.13. LOS ACEROS AL NÍQUEL.** Los diferentes aceros al níquel son producidos combinando el níquel con acero al carbono. Los aceros que contienen de 3 a 3.75% de níquel se usan comúnmente. El níquel aumenta la dureza, la resistencia a la tensión y el límite elástico del acero, sin disminuir considerablemente su ductilidad. También intensifica el efecto de dureza que se obtiene del tratamiento térmico. El acero SAE 2330 se usa extensamente para las piezas de los aviones tales como pernos, terminales, cuñas, abrazaderas y pasadores.

**1.1.14. LOS ACEROS AL CROMO.** El acero al cromo tiene altas propiedades de dureza, resistencia y oposición a la corrosión, y es particularmente adaptable para las forjaduras tratadas térmicamente que requieren mayor tenacidad y resistencia que las obtenibles con el acero puro al carbono. Se puede usar para artículos tales como las bolas y rodillos de los cojinetes de antifricción.

**1.1.15. LOS ACEROS AL CROMO-NÍQUEL O ACEROS INOXIDABLES.** Estos son metales resistentes a la corrosión. El grado anticorrosivo de este acero se determina por la condición de la superficie del metal, así como también por la composición, temperatura y concentración del agente corrosivo. El componente principal del acero inoxidable es el cromo, al cual se le puede añadir o no níquel. El acero resistente a la corrosión que se usa con más frecuencia en la construcción de aviones se conoce como acero 18-8, debido a su contenido de 18% de cromo y 8% de níquel. Una de las características distintivas del acero 18-8 es que su resistencia puede ser aumentada por medio del, trabajo en frío. Este metal se conoce también por varios diferentes nombres comerciales, tales como Acero Inoxidable Carpenter, Resistal KA2, Enduro 18-8 y Metal Allegheny.

El acero inoxidable puede ser laminado, estirado, doblado o moldeado a cualquier forma. Debido a que estos aceros se expanden aproximadamente el 50% más que el acero dúctil y conducen el calor con una rapidez aproximada de sólo el 40% que el acero dúctil, estos aceros son más difíciles de soldar. El acero inoxidable, con una ligera variación en su composición química, se puede usar para casi cualquier pieza, especialmente en la parte estructural del avión.



Algunas de sus aplicaciones comunes son la fabricación de colectores, tubos y múltiples de escape, piezas estructurales y trabajadas a máquina, resortes, piezas fundidas, varillas de amarre y cables.

**1.1.16. LOS ACEROS AL CROMO-VANADIO.** Estos aceros son hechos de aproximadamente 18% de vanadio y 1% de cromo. Cuando se tratan térmicamente tienen resistencia, tenacidad y oposición al desgaste y a la fatiga. Un grado especial de este acero en forma de lámina, se puede modelar en frío hasta darle formas intrincadas. Se puede doblar y aplastar sin señales de rotura ni de falla. El acero SAE 6150 se usa para hacer resortes; y el acero al cromo-vanadio de alto contenido de carbono SAE 6195, se usa para cojinetes de bola y de rodillo.

**1.1.17. LOS ACEROS AL CROMO-MOLIBDENO.** El molibdeno en pequeños porcentajes se usa en combinación con el cromo para formar el acero al cromo-molibdeno, que tiene diferentes usos en la aviación. El molibdeno es un elemento fuerte de aleación. Aumenta la resistencia fundamental del acero, sin afectar su ductilidad ni facilidad para trabajarlo. Los aceros al molibdeno son fáciles de trabajar, resistentes al desgaste y se endurecen totalmente mediante el tratamiento térmico. Son especialmente adaptables a la soldadura y, por esta razón, se usan principalmente para las piezas y conjuntos estructurales soldados.

Este tipo de acero ha reemplazado al acero al carbono en la fabricación de tubería de fuselaje, bancadas de motor, trenes de aterrizaje y otras piezas estructurales. Por ejemplo, un tubo SAE X4130 tratado térmicamente es aproximadamente 4 veces más fuerte que un tubo SAE 1025 del mismo peso y tamaño.

La serie popular del acero al cromo-molibdeno es la que contiene 0.25 a 0.55% de carbono, 0.15 a 0.25% de molibdeno y 0.50 a 1.10% de cromo. Estos aceros, cuando son tratados térmicamente en forma adecuada, se endurecen profundamente, se trabajan fácilmente a máquina, se sueldan ya sean por gas u otros métodos eléctricos y son especialmente adaptables para usarse a altas temperaturas.

**1.1.18. EL INCONEL.** El inconel es una aleación de níquel-cromo-hierro, de apariencia muy semejante al acero inoxidable. Debido a que estos dos metales se parecen mucho, con frecuencia es necesario hacer una prueba para distinguirlos

### **1.1.19. METALES NO FERROSOS**

El término no ferroso se refiere a todos los metales que tienen elementos que no sean el hierro como su principal constituyente. Este grupo incluye el aluminio, titanio, cobre y magnesio y sus aleaciones; y, además, aleaciones metálicas tales como el monel y el babbitt.

### **1.1.20. ALUMINIO Y ALEACIONES DE ALUMINIO.**

El aluminio comercialmente puro es un metal blanco lustroso que ocupa el segundo lugar en la escala de maleabilidad, el texto en ductibilidad y es muy resistente a la corrosión. El aluminio combinado con diferentes porcentajes de otros metales (generalmente cobre, manganeso, magnesio y cromo), forma las aleaciones que se usan en la construcción de aviones.

Las aleaciones de aluminio, en las cuales los ingredientes de aleación principales son el manganeso, el magnesio, el cromo o el magnesio y el silicio, son muy poco atacadas por la corrosión en los lugares propicios a ella. En cambio, las aleaciones en las que se usa un porcentaje elevado de cobre, son más susceptibles a la acción corrosiva. El porcentaje total de los elementos de aleación raras veces es más del 6 o el 7 por ciento en las aleaciones forjadas.

El aluminio es uno de los metales usados más ampliamente en la construcción de aviones modernos. Es de vital importancia para la industria de la aviación, debido a su gran relación de resistencia a peso, sus cualidades de resistencia a la corrosión y su comparativa facilidad de fabricación. La característica sobresaliente del aluminio es su peso liviano. El aluminio se derrite a la temperatura comparativamente baja de 1250°F. No es magnético y es un excelente conductor de electricidad. El aluminio comercialmente puro tiene una resistencia a la tensión de aproximadamente 13,000 libras por pulgada cuadrada pero por medio de laminado u otros procesos de trabajo en frío, su resistencia puede casi duplicarse. Aleándolo con otros metales y sometándolo además a tratamiento térmico, se

puede elevar, su resistencia a la tensión hasta 65,000 psi o hasta dentro del límite de resistencia del acero estructural.

Las aleaciones de aluminio, aun cuando son fuertes, son fácilmente trabajables, porque son muy maleables y dúctiles. Se pueden laminar para formar chapas finas hasta 0.017 de pulgada o estirar para formar alambre hasta de 0.004 de pulgada de diámetro. Casi todo el material de láminas de aleación de aluminio usado en la construcción de aviones varía de 0.016 a 0.96 de pulgada de grosor; no obstante, algunos de los aviones más grandes usan material de láminas que puede ser hasta de 0.356 de pulgada.

Una desventaja de la aleación de aluminio es la dificultad para hacer juntas soldadas confiables. La oxidación de la superficie del metal calentado impide que la soldadura suave se adhiera al material; por consiguiente, para producir buenas uniones de aleación de aluminio se usa el procedimiento de remachado.

Los diferentes tipos de aluminio pueden dividirse en dos clases generales: las aleaciones fundidas (las adecuadas para ser fundidas en arena, molde permanente y fundiciones en troquel) y las aleaciones forjadas (las que se pueden formar mediante laminado, estirado o forjadura). De estas dos, las aleaciones forjadas son las que se usan más ampliamente en la construcción de aviones y son las que se emplean para los largueros, mamparos, revestimiento, remaches y secciones embutidas.

**1.1.21. ALEACIONES FUNDIDAS.** Las aleaciones fundidas de aluminio se dividen en dos grupos. En uno, las propiedades físicas de las aleaciones se determinan por los elementos que entran en la aleación y no se pueden cambiar después que el metal se ha fundido. En el otro, los elementos que forma la aleación hacen posible el tratamiento térmico de la fundición para producir las propiedades físicas deseadas.

Las aleaciones fundidas se identifican por una letra que precede el número de la aleación. Cuando una letra precede a un número, ello indica una ligera variación en la composición de la aleación original. Esta variación en la composición se hace sencillamente para impartirle alguna cualidad conveniente.

Cuando las piezas fundidas han sido tratadas térmicamente, el tratamiento térmico y la composición de la pieza fundida se indican por medio de la letra T seguida de un número de aleación.

Las piezas fundidas de aleación de aluminio se producen por uno de estos tres métodos básicos: fundición en molde de arena, en molde permanente y en troquel. Al fundir aluminio, se debe recordar que en la mayor parte de los casos deben usarse tipos diferentes de aleaciones para los diferentes tipos de piezas fundidas. Las fundiciones en molde de arena y en troquel requieren tipos diferentes a los usados en los moldes permanentes.

Las fundiciones con molde de arena y con molde permanente son piezas producidas vaciando metal derretido en un molde preparado previamente, dejando que el metal se solidifique o endurezca y quitando luego la pieza. Si el molde está hecho de arena, la pieza es una fundición en molde de arena; si es un molde metálico, por lo general de hierro fundido, la pieza es una fundición en molde permanente. Las fundiciones en molde de arena y en molde permanente, se producen vaciando metal líquido en el molde y el metal fluye bajo la fuerza de gravedad solamente.

El procedimiento de vaciado en molde permanente es un perfeccionamiento posterior del procedimiento de fundición en molde de arena, y la principal diferencia consiste en el material del cual están hechos los moldes. La ventaja de este procedimiento es que hay menos aberturas, (llamadas porosidad) que en las fundiciones en molde de arena. La arena y el aglutinante, que se mezcla con ella para darle cohesión, despiden una cierta cantidad de gas en una fundición en molde de arena, que contribuye a la porosidad.

Las fundiciones en molde permanente se usan para obtener propiedades mecánicas de más alto grado, mejores superficies o dimensiones más exactas. Hay dos tipos específicos de fundiciones en molde permanente: el molde de metal permanente con núcleos de metal y los tipos semipermanentes que contienen núcleos de arena. A causa de que se produce una estructura de grano más fino en las aleaciones sometidas al enfriamiento rápido de los moldes de metal, estas resultan muy superiores a las fundiciones hechas con molde de arena. Las

aleaciones 122, A132 y 142 comúnmente se usan en fundiciones de molde permanente y se usan principalmente en los motores de-combustión interna.

Las fundiciones en troquel que se usan en los aviones usualmente son de aleaciones de aluminio o magnesio. Si el peso es de importancia primaria, debe usarse una aleación de magnesio, ya que ésta es más liviana que una aleación de aluminio. Puesto que las aleaciones de aluminio son un poco más resistentes que la mayoría de las aleaciones de magnesio, se especifica su uso con mucha frecuencia.

Una fundición en troquel se produce forzando a entrar a presión el metal fundido dentro de un troquel metálico y permitiendo que dicho metal se solidifique; luego se abre el troquel y se saca la pieza. La diferencia básica entre las fundiciones en molde permanente y las fundiciones en troquel consiste en que en el procedimiento del molde permanente fluye al troquel por la fuerza de la gravedad solamente. En la operación de fundición en troquel, el metal se fuerza mediante gran presión.

Las fundiciones en troquel se usan cuando se trata de una producción relativamente grande. Recuerde que cualquier forma que pueda forjarse también puede fundirse en molde.

**1.1.22. ALEACIONES FORJADAS.** El aluminio forjado y las aleaciones de aluminio forjado se dividen en dos clases generales, aleaciones no termotratables y aleaciones termotratables.

Las aleaciones de tipo no termotratable son aquellas en las cuales las propiedades mecánicas están determinadas por la cantidad de trabajo en frío introducida después de la operación final de recocido. Las propiedades mecánicas obtenidas por el trabajo en frío son destruidas por cualquier calentamiento subsiguiente y no se pueden restaurar excepto mediante trabajo en frío adicional, lo cual no siempre es posible. El temple de "endurecimiento completo" es producido por la máxima cantidad de trabajo en frío que sea comercialmente practicable. El metal en condición "tal cual fue fabricado" se produce del lingote sin ninguna cantidad controlada subsiguiente de trabajo en frío o tratamiento térmico. Por consiguiente, hay una cantidad variable de endurecimiento por deformación que depende del espesor de la sección.

Las propiedades mecánicas para las aleaciones de aluminio termotratables se obtienen mediante tratamiento térmico a una temperatura adecuada, la cual debe mantenerse durante suficiente tiempo a fin de que el constituyente de la aleación pueda entrar en solución sólida y luego por enfriamiento, a fin de mantener al constituyente en solución. El metal se deja en un estado inestable supersaturado y luego se endurece por envejecimiento, que puede ser envejecimiento natural a la temperatura atmosférica existente o envejecimiento artificial, a alguna temperatura elevada.

**1.1.23. SISTEMA ÍNDICE DE CUATRO DÍGITOS.** El aluminio forjado y las aleaciones de aluminio forjado se designan por un sistema índice de cuatro dígitos. El sistema se divide en tres grupos distintivos: el grupo lxxx, el grupo 2xxx a 8xxx y el grupo 9xxx (el cual actualmente no se usa).

En el grupo lxxx, el primer número indica que la aleación contiene por lo menos 99 por ciento de aluminio puro. El segundo dígito del grupo indica los controles sobre las impurezas contenidas en la aleación. Si el segundo número fuera cero, ello indicaría que no existe ningún control especial sobre las impurezas individuales. Sin embargo, los dígitos del 1 al 9, cuando se asignan consecutivamente como se necesitan para el segundo número en este grupo, indican el número particular de controles sobre las impurezas individuales en el metal.

Los últimos dos dígitos del grupo se usan para indicar los centésimos de uno por ciento sobre el 99 por ciento originales designados por el primer dígito. Por lo tanto, si los últimos dos dígitos fuesen 30, la aleación contendría 99 por ciento más 0.30 por ciento de aluminio puro, o sea un total de 99.30 por ciento de aluminio puro. Como ejemplos de aleaciones de este grupo tenemos:

- 1100 ⇒ 99.00 por ciento aluminio puro con un control sobre impurezas individuales.
- 1130 ⇒ 99.30 por ciento aluminio puro con un control sobre impurezas individuales.
- 1275 ⇒ 99.75 por ciento aluminio puro con dos controles sobre impurezas individuales.

En los grupos del 2xxx al 8xxx, el primer dígito indica el elemento principal de aleación empleado en la formación de la aleación, como indica el siguiente cuadro.

Cuadro 1-1 Grupos de aleaciones

Cobre	2xxx
Manganeso	3xxx
Silicio	4xxx
Magnesio	5xxx
Magnesio y silicio	6xxx
Zinc	7xxx
Otros elementos	8xxx

En los grupos de aleaciones del 2xxx al 8xxx, los últimos dígitos de los cuatro de la designación, no tienen ningún significado especial, sino que sirven únicamente para identificar las aleaciones diferentes que hay en el grupo. Generalmente estos dígitos son los mismos usados anteriormente para designar la misma aleación. De esta manera, 2014 era anteriormente 14S, 3003 era 3S y 7075 era 75S. (Consulte la tabla de conversión de la designación de aleación de aluminio que aparece en la Orden Técnica 42D1-1-3 para obtener información adicional.) Para las aleaciones nuevas, los últimos dos dígitos se asignan consecutivamente comenzando con xx01.

En los grupos de aleaciones del 2xxx al 8xxx el segundo dígito en la designación de la aleación indica las modificaciones de esta. Si el segundo dígito es cero, indica la aleación original, mientras que los dígitos del 1 al 9 indican las modificaciones de la aleación. En el sistema de índice anterior, se usaron letras para designar las modificaciones de la aleación. Estas se asignaron consecutivamente comenzando con la letra A. Así, 17S es ahora 2017 y A17S es 2117, 18S es 2018 y B18S es 2218.

**1.1.24. DESIGNACIONES DEL TEMPLE.** Cuando se requiere, la designación del temple sigue a la designación de la aleación y está separada de esta por un guión. Por ejemplo, 7075-T6, 2024-T4, etc. La designación de temple consiste en una letra que indica el temple básico, que puede definirse más

específicamente por la adición de uno o más dígitos. Estas designaciones son las siguientes:

Tabla 1-4 Designación de temple

<b>-F</b>	Tal cual fue fabricado
<b>-O</b>	Recocido, recristalizado (solamente productos forjados).
<b>-H</b>	Endurecido por deformación.
<b>H1</b>	(más uno o más dígitos) Endurecido por deformación solamente.
<b>H2</b>	(más uno o más dígitos) Endurecido por deformación y parcialmente recocido.
<b>H3</b>	(más uno o más dígitos) Endurecido por deformación y estabilizado.
<b>-W</b>	Temple inestable tratado térmicamente por método de solución.
<b>-T</b>	Tratado para producir temples estables que no sean -F, -O, o -H.
<b>T2</b>	Recocido (productos fundidos solamente).
<b>T3</b>	Tratado térmicamente por método de solución y luego trabajado en frío.
<b>T4</b>	Tratado térmicamente por método de solución.
<b>T5</b>	Sólo envejecido artificialmente.
<b>T6</b>	Tratado térmicamente por método de solución y luego envejecido artificialmente.
<b>T7</b>	Tratado térmicamente por método de solución y luego estabilizado.
<b>T8</b>	Tratado térmicamente por método de solución, trabajado en frío y envejecido artificialmente.
<b>T9</b>	Tratado térmicamente por método de solución, envejecido artificialmente y luego trabajado en frío.
<b>T10</b>	Envejecido artificialmente y luego trabajado en frío.

Cuando está forjado, el aluminio comercialmente puro se conoce como 1100. Posee un alto grado de resistencia a la corrosión y puede configurarse fácilmente en formas intrincadas. Sin embargo es relativamente bajo en resistencia y no tiene la resistencia necesaria para las piezas estructurales de aviones. Generalmente se obtienen resistencias más altas mediante el procedimiento de aleación. Las aleaciones resultantes se pueden configurar con menos facilidad y, con algunas excepciones, tienen menor resistencia a la corrosión que el 1100.



La aleación no es el único método por medio del cual se puede aumentar la resistencia del aluminio. Al igual que otros materiales, el aluminio se vuelve más fuerte y más duro a medida que se lamina, configura o de otro modo se trabaja en frío. Puesto que la dureza depende de la cantidad de trabajo en frío, se puede conseguir 1100 y varias aleaciones de aluminio forjado en varios temple de endurecimiento por deformación. La condición suave o recocida se designa como O y la condición de endurecimiento completo H18, con temple intermedios desde H12 hasta H16.

Las aleaciones que más se usan en la construcción de aviones son endurecidas por tratamiento térmico en lugar de trabajo en frío. Estas aleaciones se designan por un grupo de símbolos un tanto diferentes: T4 y W indican que la aleación ha sido tratada térmicamente por el método de solución y que ha sido enfriada pero no envejecida, y T6 indica que la aleación está en condición endurecida y tratada térmicamente.

Si el material es endurecido por deformación, se dice que está en la condición H.

**1.1.25. ALCLAD Y PURECLAD.** Los términos Alclad y Pureclad se usan para designar láminas que consisten en un núcleo de aleación de aluminio bañado con una capa de aluminio puro a una profundidad aproximada del 5 1/2% en cada lado.

El baño de aluminio dado en esta manera, produce una protección doble para el núcleo, puesto que impide el contacto con agentes corrosivos y protege al núcleo electrolíticamente, impidiendo cualquier ataque proveniente de rayaduras u otras abrasiones.

**1.1.26. MÉTODOS PARA IDENTIFICAR MATERIALES.** La Fuerza Aérea requiere que todas las láminas de base de aluminio se marquen con un número de especificación o una marca clave (OT 42D-1-3) sobre aproximadamente cada pie cuadrado de material. Si por alguna razón esta identificación no está en el material, las aleaciones termotratables se pueden separar de las no termotratables, sumergiendo una muestra del material en una solución de soda cáustica al 10 por ciento (hidróxido de sodio). Las aleaciones termotratables se tornarán negras a causa del contenido de cobre, mientras que las demás se conservarán brillantes.

En el caso de material enchapado, la superficie permanecerá brillante, pero tendrá un área oscura en el centro cuando se observa desde la orilla.

La identificación de tamaños pequeños de barras, tuberías y alambres por número de especificación es impracticable y se ha establecido una marca clave que consiste en franjas pintadas. Las marcas de identificación se especifican en la OT 42D-1-3.

Los valores de los materiales 2017-T4 y 2024-T4 tratados térmicamente representan material que ha sido enfriado y envejecido a temperatura ambiente por no menos de 4 días o, en el caso de 2014-T6, durante 8 horas a una temperatura de 340° a 360°F

Si se desea obtener el valor de dureza de este material básico, debe quitarse el revestimiento de aluminio del área que vaya a probarse, antes de efectuar la prueba.

**1.1.27. TRATAMIENTO TÉRMICO.** Para aumentar la resistencia del aluminio, este se liga con otros diversos metales, a fin de formar las llamadas "aleaciones fuertes" para uso estructural. El tratamiento térmico proporciona un medio adicional de mejoramiento de la resistencia y la dureza de las aleaciones en las cuales el constituyente principal de aleación muestra un aumento en solubilidad sólida a temperaturas elevadas. La explicación comúnmente aceptada en cuanto al tratamiento térmico de las aleaciones de aluminio es que la alta solubilidad sólida de los materiales de aleación a temperaturas elevadas, proporciona un medio para corregir ciertos efectos de separación que ocurren durante la solidificación de la aleación líquida, y que la solubilidad menor a temperaturas más bajas permite una distribución más efectiva de los agentes endurecedores en todo el metal.

La primera operación en el tratamiento térmico consiste en mantener la aleación a una temperatura tan alta como se pueda, sin peligro de derretir ninguno de los constituyentes. El metal luego se enfría con tanta rapidez que los constituyentes disueltos no se precipitan de acuerdo con la solubilidad menor a temperaturas más bajas.

Las aleaciones de aluminio se calentarán, ya sea en un horno eléctrico de aire caliente o un baño de nitrato calentado por aceite, gas o electricidad. Todos los hornos deberán estar equipados con dispositivos medidores y controladores de temperatura, lo cual asegurará el mantenimiento de una temperatura uniforme. Es preferible el instrumento de tipo potenciómetro. La circulación del medio de calentamiento (ya sea de aire o de baño de nitrato) aumenta el régimen de calentamiento y es muy recomendable.

A intervalos frecuentes se llevará a cabo una inspección de la temperatura, a fin de determinar que no haya puntos calientes que puedan causar recalentamiento de la aleación de aluminio sometida al tratamiento térmico. La carga será lo suficientemente pequeña al introducirla para que no ocurra un descenso grande en la temperatura del horno o del baño de sal.

Cuando se traten varias piezas a un mismo tiempo, estas se colocarán de modo que el medio de calentamiento pueda circular libremente alrededor de ellas. El horno o baño estará a la temperatura de tratamiento térmico antes de introducir la carga. Las piezas separadas cuyo tiempo de normalización difiera en más de cuatro a uno no se tratarán térmicamente en la misma carga de un horno de aire caliente.

El baño de sal usado para el tratamiento térmico de la aleación de aluminio consistirá en una mezcla de iguales pesos de nitrato de potasio y nitrato de sodio. El punto de fundición de este baño es de aproximadamente 450 grados Fahrenheit y el margen de trabajo recomendable es de 550 grados Fahrenheit. A la temperatura de tratamiento térmico normal de aproximadamente 1000 grados Fahrenheit, las aleaciones de aluminio pueden tratarse térmicamente en baños de nitrato, sin ningún peligro. Sin embargo, a 1100 grados Fahrenheit y más, la sal se descompone causando formación de espuma en el baño y dando lugar una reacción entre el nitrato, las fundiciones de aluminio y el óxido de hierro del tanque. Estas reacciones despiden considerable cantidad de calor y pueden causar fuegos y explosiones. Por consiguiente, debe tenerse mucho cuidado en la regulación de la temperatura de los baños de nitrato de sal, a fin de prevenir el recalentamiento.

Al baño se agregarán mezclas similares y no se añadirá ninguna otra clase de sal o sustancia química. Como al agregar sal corriente (cloruro de sodio), ya sea nitrato de sodio o potasio u otras sales, se aumenta muy rápidamente el punto de fundición del baño, no agregarán estas sustancias.

La circulación del baño de sal se puede lograr aumentando y disminuyendo alternadamente las cargas de metal; pero debe tenerse cuidado de no elevar ninguna porción de metal sobre la superficie del baño.

ADVERTENCIA.- Las sales de cianuro y otros materiales que contienen carbono o azufre no se agregarán a los baños de sal, puesto que aun pequeñas cantidades (tales como las que se adhieren al acero cianurado pueden causar explosiones graves. El magnesio o las aleaciones de magnesio nunca deben colocarse en baño de sal caliente, pues puede ocurrir una explosión.

Cuando se usen baños de sal, deben tomarse las siguientes medidas de precaución, a fin de evitar incendios y explosiones:

- ✓ Compruebe diariamente los pirómetros y los pares termoelectrónicos.
- ✓ Limpie y examine los tanques y quite el hollín de los quemadores y tubos después de cada 30 días de funcionamiento o con mayor frecuencia, si es necesario.
- ✓ Quite cualesquier residuos de cianuros o de otra materia orgánica de los alrededores del tanque.
- ✓ Ajuste los quemadores para que la entrada de calor sea ligeramente mayor que la pérdida de calor en el tanque.

Las aleaciones de aluminio se recuecen mediante calefacción a las temperaturas especificadas en la tabla que está en la Figura 3-6 para la determinada aleación y luego mediante enfriamiento al aire o en un horno. El tiempo de calentamiento depende del espesor del material y de la cantidad de trabajo en frío que deba realizarse. Los tubos para el estampado en frío requieren un recocido muy suave. Por ejemplo, la Especificación WW-T-785 se mantiene a

una temperatura de 750° a 800°F durante 3 horas y luego el horno se enfría a más o menos 400°F. El resto del enfriamiento se hace al aire.

El tiempo de recocido se hace lo más corto posible, porque un recocido largo causa agrandamiento del grano y pérdida de la ductilidad; y, en el caso de materiales enchapados, el constituyente de cobre tiende a difundirse a través del revestimiento de aluminio puro, reduciendo la efectividad del aluminio puro como revestimiento resistente a la corrosión.

Los materiales enchapados se recocen, cuando es necesario, mediante calentamiento y enfriamiento al aire o en el horno. No se recuecen a temperaturas altas. Las piezas fabricadas de aleaciones termotratables, tales como las Especificaciones WW-T-785, QQ-A-A 362 y QQ-A-355, no se usan en condición de recocido.

Las aleaciones de aluminio 2017 y 2024 (no revestidas) siempre se enfrían en agua fría. La aleación 2014 se enfría según el espesor de la sección. El efecto del enfriamiento es retener los constituyentes de aleación del material en solución sólida tal cual se encuentran a la temperatura de enfriamiento indicada.

Las aleaciones de aluminio se enfrían rápidamente cuando se sacan del horno o del baño de sal. Para asegurar resistencia a la corrosión y tratamiento térmico efectivo, los tanques de enfriamiento deben ubicarse cerca del horno y hacer el traslado del horno al tanque con un máximo de rapidez. Todas las piezas de la carga deben sumergirse completamente.

Las dos operaciones de calentamiento y enfriamiento se llaman "tratamiento por método de solución". Este tratamiento causa algún aumento en la resistencia y dureza sobre el de la condición de recocido, pero la resistencia y dureza máximas no se obtienen inmediatamente y la ductilidad no es afectada de modo apreciable. Mediante este tratamiento se elimina el endurecimiento previo debido al trabajo mecánico.

Después del tratamiento por el método de solución, las aleaciones endurecidas por envejecimiento tienden a endurecerse gradualmente. Después de cierto periodo a la temperatura de envejecimiento especificada, según la composición y

espesor del material, la aleación alcanza su resistencia y dureza máximas. Algunas aleaciones alcanzan su resistencia total mediante envejecimiento a la temperatura ambiente durante aproximadamente cuatro días (2024 y 2017), mientras que otras deberán envejecerse a temperaturas elevadas para obtener la resistencia total (2014 y 7075)

La lámina de aleación de aluminio Alclad 2014 y las configuraciones extraídas deben envejecerse artificialmente de 310° a 330°F durante 18 horas, o de 345° a 355°F durante 6 horas para alcanzar resistencia completa subsiguiente al tratamiento térmico por el método de solución.

A la aleación de aluminio 2017 generalmente no se le aplica tratamiento de envejecimiento a temperaturas elevadas, sino que se envejece por un período de 4 días a la temperatura ambiente, después del tratamiento térmico por el método de solución, para alcanzar la resistencia total en la condición T4.

Las barras de aleación de aluminio 2024, las varillas, las formas y las láminas deben envejecerse a la temperatura ambiente durante un período de por lo menos 4 días después del tratamiento térmico por el método de solución, para obtener resistencia total. Sin embargo, se ha descubierto que las propiedades físicas de esta aleación pueden aumentarse mediante un tratamiento (envejecimiento) por precipitación a temperatura elevada.

Las piezas fabricadas de láminas de aluminio Alclad 2024, y a las cuales se les aplica tratamiento por precipitación a temperatura elevada pueden hallarse en una de cuatro formas. Los símbolos claves para las cuatro formas son 2024-T6, 2024-T81, 2024-T86. En el símbolo clave la T seguida de un número designa una combinación específica de operaciones básicas (ejemplo: 2024-T3). Si alguna otra variación de la misma operación básica se aplicará a la misma aleación, que diera por resultado diferentes características, entonces se agregan otros dígitos a la designación básica. Por ejemplo, el Alclad 2024-T3 (trabajado en frío) estirado aproximadamente al 6 por ciento, se convierte en 2024-T36. En este caso el número 6 indica una cantidad diferente de estiramiento (trabajo en frío) que la que se usa en 2024-T3, la cual sólo se estira lo suficiente para lograr aplanamiento (aproximadamente 1 por ciento). El tratamiento de envejecimiento para la aleación

Alelad 2024 consiste en calentamiento a 375°F más o menos 5°F durante no menos de 5 horas

Las aleaciones de aluminio 7075 y 7178 enchapadas y sin enchapar deben envejecerse artificialmente de 260° a 200°F durante 24 horas para obtener la resistencia total. El envejecimiento artificial puede lograrse en un horno eléctrico o en un horno para esmaltar cuya temperatura sea uniforme y permita controlar la temperatura dentro de más o menos 5°F. Debe tenerse cuidado al cargar el horno, a fin de evitar puntos de recalentamiento o circulación restringida.

El método siguiente puede usarse como tratamiento opcional de envejecimiento para las aleaciones de aluminio 7075 cuyo espesor sea menor de 0.5 de pulgada: Caliente el material de 230° a 250° durante 3 a 4 horas; luego caliéntelo de 315° a 335°F durante 3 a 4 horas. La temperatura puede aumentarse directamente de más baja a más alta, o la carga puede enfriarse entre las dos etapas del tratamiento.

Cuando se usa un baño de sal para el tratamiento térmico de las aleaciones de aluminio, todos los residuos de sal deben eliminarse lavando el material con agua caliente, después del enfriamiento en agua fría. La limpieza se llevará a cabo con rapidez, de modo que las piezas permanezcan en el agua caliente el menor tiempo posible. A veces queda una mancha oscura generalmente no afecta la resistencia del material.

#### **1.1.28. TITANIO Y ALEACIONES DE TITANIO.**

El uso de titanio es muy extenso. Se emplea en numerosas empresas comerciales y está en constante demanda para artículos tales como bombas, mallas filtradoras y otros instrumentos y accesorios necesarios cuando prevalece el ataque de la corrosión. En la construcción de aviones y en la reparación de los mismos, el titanio se usa para hacer revestimientos del fuselaje, refuerzos del motor, mamparos contra incendios, largueros, armazones, herrajes, conductos de aire y sujetadores. El titanio desempeña un papel importante en muchos de los nuevos hidroaviones que se encuentran en fabricación.

**1.1.29. ESTRUCTURA DE CRISTAL.** En el estado sólido cada metal tiene una formación prevaleciente y característica de sus átomos. La disposición de esta estructura tiene una influencia definitiva sobre las características del metal. La aleación puede alterar las estructuras o producir una combinación de estructuras.

La clasificación A-B-C para aleaciones de titanio se estableció para proporcionar un medio conveniente y sencillo de describir todas las aleaciones de titanio.

El titanio y las aleaciones de titanio poseen tres tipos básicos de cristales: A (alfa), B (beta) y C (alfa y beta combinadas). Sus características son las siguientes:

A (alfa) Aplicación universal; se suelda bien; es fuerte y resistente tanto fría como caliente, y es resistente a la oxidación; su curvabilidad es deficiente.

B (beta) Buena curvabilidad; ductilidad de curvatura excelente; resistente tanto fría como caliente, pero vulnerable a la contaminación; está entre las aleaciones estratégicas de mayor consumo.

C (alfa y beta) combinados para aplicaciones particulares. Resistente cuando está fría y tibia, pero débil cuando está caliente; buena curvabilidad, resistencia moderada a la contaminación, forjabilidad excelente.

**CARACTERÍSTICAS.** El titanio es un metal que está entre el aluminio y el acero inoxidable en términos de módulo de elasticidad, densidad y resistencia a temperaturas elevadas. Tiene un punto de fusión de 2730° a 3155°F, baja conductividad térmica y bajo coeficiente de expansión. Es un metal liviano, fuerte y resistente a la quebradura por corrosión por tensión en atmósfera marina.

El titanio se vuelve más suave a medida que se aumente el grado de pureza.

El titanio es aproximadamente 60 por ciento más pesado que el aluminio y como 50 por ciento más liviano que el acero inoxidable.

Este metal no es magnético y tiene una resistencia eléctrica comparable a la del acero inoxidable. Algunas de las aleaciones básicas de titanio son bastante duras. El titanio se fabrica para uso comercial en dos composiciones básicas: titanio comercialmente puro y aleación de titanio.



El hierro, el molibdeno y el cromo se usan para estabilizar el titanio y producir aleaciones que se endurecerán mediante enfriamiento y envejecimiento. La adición de estos metales también agrega ductilidad. La resistencia a la fatiga del titanio es mayor que la del aluminio o el acero. La característica peculiar de este metal es que nunca reacciona lo mismo al formar ángulos agudos y curvaturas. El titanio es muy sensitivo a las tensiones.

La corrosión del titanio es uniforme. Existe poca evidencia de picaduras u otras formas severas de ataque localizado. Normalmente no está sujeto a corrosión por tensión, corrosión por erosión, fatiga por corrosión, corrosión intergranular o corrosión galvánica.

**IDENTIFICACIÓN.** El titanio, en apariencia, es similar al acero inoxidable. Un método rápido para identificar el titanio es la prueba de chispas. El titanio despidе una traza blanca brillante que termina en una ráfaga brillante. Además, la identificación puede lograrse humedeciendo el titanio y dibujando una línea sobre un pedazo de cristal. Esto dejará una línea oscura similar en apariencia a una marca de lápiz. El titanio no es magnético.

### **1.1.30. EL MAGNESIO Y LAS ALEACIONES DE MAGNESIO.**

El magnesio, el metal estructural más liviano del mundo, es un material de color blanco plateado, de sólo 2/3 del peso del aluminio. El magnesio no tiene suficiente resistencia en su estado puro para usos estructurales, pero cuando se mezcla con zinc, aluminio y manganeso se produce una aleación que tiene la más alta relación de resistencia a peso, si se le compara con cualquiera de los metales más comúnmente usados.

TIPOS, CARACTERÍSTICAS Y USOS.- De todos los metales, el magnesio es probablemente el más pródigamente distribuido en la naturaleza. Se puede extraer de minerales tales como la dolomita y la magnesita, de fuentes subterráneas de agua salada, de soluciones de lejía de potasa y del agua de mar. Teniendo aproximadamente 10 millones de libras de magnesio en una milla cúbica de agua del mar, no hay peligro de que se agote la fuente de abastecimiento.

En la fabricación de los aviones comunes actuales se requiere aproximadamente media tonelada de este metal, que se usa en centenares de puntos de vital importancia. Entre las piezas de los aviones que se han hecho de magnesio, con considerable ahorro de peso, están los contornos aerodinámicos de las ametralladoras, las compuertas de la rueda de proa, el revestimiento de los flaps, el revestimiento del alerón, los tanques principales de aceite, los pisos, las piezas del fuselaje, los extremos del ala, las barquillas del motor, los frenos de picada, los tableros de instrumentos, los mástiles de antena, los tanques de fluido hidráulico, las cajas de los cilindros de oxígeno, los conductos, los asientos del piloto, las cajas de municiones y los tubos de cohetes.

Las características de fabricación a máquina de las aleaciones de magnesio son excelentes. Usualmente se puede usar el máximo de velocidad de las herramientas mecánicas con cortes profundos y grandes límites de avance. Para trabajar las aleaciones de magnesio se necesita aproximadamente la sexta parte de la energía requerida para las de acero dúctil. Se puede producir un acabado de superficie excelente y, en la mayoría de los casos, no es esencial el esmerilado. Las operaciones normales de torneado se pueden llevar a cabo a tolerancias de unos cuantos diez milésimos de pulgada. El metal no tiene tendencia a romperse o resbalar.

Las láminas de aleación de magnesio pueden trabajarse mediante casi los mismos métodos que otros metales laminados. Las láminas se pueden cortar casi de la misma manera que las de otros metales, excepto que se produce una fractura áspera y escamosa en las láminas de un espesor mayor de 0.064 de pulgada.

Las aleaciones de magnesio poseen buenas características de fundición. Sus propiedades se pueden comparar favorablemente con las del aluminio fundido. En la forjadura, se usan ordinariamente prensas hidráulicas, aunque en ciertas condiciones, se puede llevar a cabo la forjadura en prensas mecánicas o con martinets.

Las aleaciones de magnesio se pueden someter a tratamientos tales como recocido, enfriamiento rápido, tratamiento térmico por solución, envejecimiento y estabilización. Las láminas y las planchas se recuecen en el taller de laminación. El

tratamiento térmico por solución se aplica para poner la mayor cantidad de los ingredientes de aleación en condición de solución sólida, lo cual da por resultado una alta resistencia a la tensión y un máximo de ductilidad. El envejecimiento se aplica a las piezas fundidas después del tratamiento térmico, cuando se desea obtener un máximo de dureza y resistencia a la deformación.

El empleo del magnesio implica peligros de incendio de una naturaleza impredecible. Cuando se tiene en grandes secciones, su alta conductividad térmica hace difícil que se encienda e impide su combustión. No arde hasta alcanzar su punto de fusión que es 1204°F sin embargo, el polvo de magnesio y las astillas finas se encienden fácilmente. Se deben tomar las medidas del caso para evitar esto siempre que sea posible y apagarlas inmediatamente. Se deberá tener a mano para uso inmediato una cantidad de polvo extintor (tal como esteatita, limaduras de hierro fundido sin óxido o polvo de grafito).

**PRECAUCIÓN.-** Cualquier extintor común de agua u otro líquido de espuma, hace que el magnesio arda más rápidamente y puede causar pequeñas explosiones.

**IDENTIFICACIÓN.** Las aleaciones de magnesio producidas en los Estados Unidos consisten en magnesio mezclado con diferentes proporciones de aluminio, manganeso y zinc. Estas aleaciones se designan mediante una letra del alfabeto con el número 1, que indica alta pureza y máxima resistencia a la corrosión.

Estas aleaciones están designadas de la misma manera que las aleaciones de aluminio. Así, tenemos 265, que representa una aleación de fundición y 3S, 57S, etc, que indican aleaciones forjadas.

### **1.1.31. SUBSTITUCIÓN E INTERCAMBIABILIDAD DE LOS METALES PARA AVIONES**

Al seleccionar los materiales intercambiables o sustitutos para la reparación y mantenimiento de los aviones, es de la mayor importancia revisar las órdenes técnicas apropiadas, cuando los materiales determinados no se tienen en existencia ni se pueden obtener de otras fuentes. Es imposible determinar que otro material es tan fuerte como el original únicamente observándolo.

Hay cuatro requisitos que se deben tener claramente presentes al hacer esta selección. El primero y más importante de estos es mantener la resistencia original de la estructura. Los otros tres son: mantener la uniformidad de los contornos aerodinámicos; mantener el peso original, si es posible o mantener el peso aumentado a un mínimo; y mantener las propiedades originales de resistencia a la corrosión del metal.

La importancia de revisar la orden técnica determinada puede apreciarse, comprendiendo que diferentes fabricantes diseñan miembros estructurales para satisfacer varios requisitos de carga de aviones determinados. La reparación estructural de estos miembros, aparentemente similares en construcción, variará, por consiguiente, las características de carga en los diferentes aviones.

Normalmente, el contratista prepara las instrucciones de reparación estructural, (incluyendo las tablas de intercambiabilidad y de sustitución para los metales ferrosos y no ferrosos, y sus especificaciones para todos los tipos de aviones usados por la Fuerza Aérea). Tales instrucciones están por lo general comprendidas en dos series distintas de folletos y manuales. Estos son los manuales de la serie 1-1A conocidos como manuales de ingeniería en general y la orden técnica 3 del manual básico, que abarca las instrucciones de reparación estructural para modelos determinados de aviones.

Consulte las OT 1-1A, 1-1A-9 o la OT-3 en cuanto al tipo específico de avión, cuando se le presente un problema relativo a mantenimiento y reparación que implique sustitución e intercambiabilidad de metales estructurales de aviones. Siempre consulte la OT que se haya expedido más recientemente.

## **1.2. REMACHES**

El aluminio y sus aleaciones son difíciles de soldar. Para hacer una buena unión y una junta resistente se deben soldar o remachar las piezas de aluminio. El remachado es satisfactorio desde el punto de vista de resistencia y nitidez, y es mucho más fácil que soldar. Es el método más común usado para asegurar o unir aleaciones de aluminio en la construcción y reparación de los aviones.

Un remache es un pasador de metal que se usa para sostener juntas dos o más láminas metálicas, planchas o pedazos de material. Cuando el remache se fabrica se le hace una cabeza en un extremo. El vástago del remache se introduce por los agujeros apareados en dos piezas de material que se van a unir, y al extremo se le da entonces la forma de un hongo para formar una segunda cabeza y sujetar firmemente las dos piezas unidas. La segunda cabeza formada, ya sea a mano o por medio de equipo neumático, se llama "cabeza de taller". La cabeza de taller tiene la misma función que la tuerca de un perno.

Miles de remaches son necesarios en la construcción de los aviones modernos. Más de 150, 000 remaches se requieren en la construcción de un bombardero mediano y casi medio millón se usan en un bombardero grande. Estas cifras indican la importancia de los remaches y del remachado. Usted, como mecánico de estructuras de aviones, debe ser un remachador experto y tener un pleno conocimiento de los diferentes tipos de remaches y sus usos. Debe ser capaz de identificar las formas de cabezas y la composición de la aleación y escoger el remache correcto para un trabajo determinado.

### **1.2.1. TIPOS**

Se pueden obtener muchos tipos de remaches. Existe un tipo para casi toda ubicación y clase de tensión estructural que usted pueda encontrar. Los remaches se dividen en dos grupos principales: los remaches comunes de vástago macizo y los remaches especiales. Estos últimos son los que se usan en casos especiales.

### **1.2.2. REMACHES DE VÁSTAGO MACIZO**

#### **INFORMACIÓN GENERAL.**

Estos son los remaches generalmente usados en el trabajo de reparación. Se identifican en cuanto a la clase de material de que están hechos, su tipo de cabeza, el tamaño del vástago y su condición de temple. Las designaciones del tipo de cabeza de los remaches de vástago macizo, tales como cabeza universal, cabeza redonda, cabeza plana, cabeza embutida y cabeza brazier dependen de la forma del corte transversal de la cabeza. La designación de temple y la probable resistencia se indican por medio de marcas especiales en la cabeza del remache.

La Fuerza Aérea y la Armada han adoptado conjuntamente un sistema de numeración en clave. En los catálogos los remaches están enumerados, de manera que se pueda pedir los que poseen las características requeridas. El número de clave del remache también incluye el diámetro y el largo del vástago del remache. Esto es lo que se conoce como Norma AN (Fuerza Aérea y Armada).

**MATERIALES.** El material que se usa para la mayor parte de los remaches de vástago macizo para aviones es la aleación de aluminio. Las condiciones de resistencia y temple de los remaches de aleación de aluminio se identifican por medio de dígitos y letras parecidos a los adoptados para la identificación de las condiciones de resistencia y temple del aluminio y del material de lámina de aleación de aluminio. Los cinco grados de remaches usualmente obtenibles son: 1100, 2017T, 2024T, 2117T y 5056.

El remache 1100, que es 99.45% de aluminio puro es muy suave. Se usa para remachar las aleaciones de aluminio suave, que se usan para las piezas no estructurales (todas las piezas donde la resistencia no es un factor que se ha de considerar). El remachado de los estuches de los mapas es un buen ejemplo de su uso.

El remache 2117T, conocido como el remache de montaje, se usa principalmente para remachar las estructuras de aleación de aluminio. El remache de montaje es de gran demanda, porque está listo para usarse tal como se recibe, sin que necesite tratamiento térmico ni recocido. También tiene una alta resistencia a la corrosión.

Los remaches 2017T y 2024T se usan en los lugares donde se requiere una resistencia mayor que la obtenible con el remache 2117T. El remache 5056 es para remachar estructuras de aleación de magnesio. Tiene características de alta resistencia a la corrosión, pero su resistencia al esfuerzo cortante es muy reducida.

Los remaches de acero dulce se usan para remachar piezas de acero. Los remaches de acero resistente a la corrosión se usan para remachar planchas de acero resistente a la corrosión en los mamparas contra incendio, en los soportes del tubo de escape y en estructuras similares.

Los remaches de monel se usan para remachar aleaciones de níquel y acero. En algunos casos pueden servir de sustituto de los remaches de acero resistente a la corrosión.

El uso de remaches de cobre en la reparación de aviones es muy limitado. Se pueden usar únicamente en aleaciones de cobre o en materiales no metálicos tales como el cuero.

**1.2.3. CONDICIÓN DE TEMPLE.** El temple es un factor importante en el procedimiento de remachado, especialmente cuando se trata de remaches de aleación de aluminio. Todos los remaches de los aviones se instalan en frío. Los remaches de aleación de aluminio tienen la misma característica de tratamiento térmico que el material laminado de aleación de aluminio. Se pueden endurecer y recocer de la misma manera que el aluminio en láminas. El remache debe ser suave o comparativamente suave para poderle formar una buena cabeza de taller. Los remaches 2017T y 2024T son recocidos antes de ser instalados. Ellos se endurecen por envejecimiento.

El procedimiento del tratamiento térmico de los remaches es casi igual al del material de láminas. Se necesita ya sea un horno de aire eléctrico, un baño de sal o un baño de aceite caliente. La variación del tratamiento térmico, según la aleación es de 625° a 930°F. Para conveniencia de manipulación, los remaches son calentados en una bandeja o en una cesta de alambre. Son templados en agua fría (70°F) inmediatamente después del tratamiento térmico.

Los remaches 2017T y 2024T, que se pueden someter a tratamiento térmico, comienzan a endurecerse por envejecimiento unos cuantos minutos después de haber sido expuestos a la temperatura atmosférica. Por consiguiente, se deben usar inmediatamente después del enfriamiento por inmersión o guardarlos en un depósito frío. Los medios que más comúnmente se emplean para mantener los remaches termo tratable a baja temperatura, a menos de 32°F, es mantenerlos en un refrigerador eléctrico. Estos remaches se les llaman remaches "de nevera". En esta condición de almacenamiento pueden permanecer lo suficientemente suaves para ser instalados durante periodos hasta de dos semanas. Cual quiera de estos

remaches que no se usen dentro de este lapso deberán sacarse para volverlos a someter a tratamiento térmico.

Los remaches de nevera alcanzan aproximadamente la mitad de su resistencia máxima más o menos una hora después de instalados y logran su resistencia completa en cuatro días aproximadamente. Cuando los remaches 2017T se han dejado expuestos a la temperatura ambiente durante una hora o más, deben volverse a tratar térmicamente. Esto también se aplica a los remaches 2024T expuestos a la temperatura ambiente durante un periodo mayor de 10 minutos.

Una vez que se haya sacado del refrigerador un remache de nevera, no se deben mezclar con los remaches que quedan aún en almacenamiento en frío. Si se sacan de la nevera más remaches de los que se pueden usar en 15 minutos, los remaches sobrantes deben ponerse en una vasija aparte y almacenarse para volver a someterlos a tratamiento térmico. El tratamiento térmico de los remaches se puede repetir varias veces si se hace correctamente. En el cuadro siguiente se indica el tiempo adecuado de calentamiento y las temperaturas convenientes.

Cuadro 1.2 Tiempo adecuado de calentamiento y las temperaturas convenientes para tratamiento térmico de los remaches.

<b>TIEMPO DE CALENTAMIENTO - HORNO DE AIRE</b>		
<b>Aleación</b>	<b>Tiempo y Temperatura</b>	<b>Temperatura del Remache</b>
2024	1 hora	910°-930°F
2017	1 hora	925°-950°F
<b>TIEMPO DE CALENTAMIENTO - BAÑO DE SAL</b>		
2024	30 minutos	910° - 930°F
2017	30 minutos	925°- 950°F

**1.2.4. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.** Este factor se debe tener en cuenta al escoger remaches para aviones. Casi todos los metales y, por consiguiente, el material de los remaches para aviones están expuestos a la



corrosión. La corrosión puede ser el resultado de condiciones climáticas peculiares a la ubicación geográfica de las operaciones y al procedimiento de fabricación usado.

Se reduce a un mínimo mediante el uso de metales que son altamente resistentes a la corrosión y que poseen la correcta relación de resistencia a peso.

Los metales ferrosos puestos en contacto con el aire salado húmedo comienzan a enmohecerse si no se protegen adecuadamente. Los metales no ferrosos, aquellos que no son a base de hierro, no se enmohecen pero les ocurre un proceso similar conocido como corrosión. La sal en el aire húmedo, como el que se encuentra en las zonas costeras, ataca a las aleaciones de aluminio. Es una experiencia común inspeccionar los remaches de un avión que ha estado estacionado en una base costera y encontrarlos muy corroídos. Esto es un ejemplo de corrosión causada por la ubicación geográfica de las operaciones.

Si un remache de cobre se inserta en una estructura de aleación de aluminio, se ponen en contacto dos metales disímiles. Al entrar en contacto dos metales disímiles en presencia de la humedad, se produce entre ellos un flujo de corriente eléctrica y se forman productos químicos derivados. Esto, principalmente, da por resultado la disolución de uno de ellos.

Ciertas aleaciones de aluminio reaccionan mutuamente y, por consiguiente, deben ser consideradas como metales disímiles. Las aleaciones de aluminio usadas más comúnmente se pueden dividir en dos grupos que se muestran en la Tabla 1-5.

Tabla 1-5. Grupos de Aluminio

Grupo A	Grupo B
1100	2117
3003	2017
5052	2124
6053	7075

Los miembros de los grupos A y B se pueden considerar como similares y no reaccionarán mutuamente dentro del grupo. Sin embargo, ocurrirá una acción de

corrosión si cualquier metal del grupo A se pone en contacto con uno del grupo B en presencia de la humedad.

Evite el uso de metales disímiles siempre que sea posible. Su incompatibilidad es un factor que se consideró cuando se adoptaron las normas AN. Para cumplir con las normas AN, los fabricantes deben poner una capa protectora en la superficie de los remaches, que puede ser de cromato de zinc, rocío metálico o un acabado anodizado.

La capa protectora se identifica en un remache por su color. Un remache que tenga una capa de cromato de zinc es amarillo, una superficie anodizada es color gris perla, el remache rociado con metal se identifica por su color gris plateado. Si se presenta una emergencia en la cual es necesario aplicar en el trabajo una capa protectora, pinte el remache con cromato de zinc antes de usarlo y otra vez luego de haberlo colocado.

#### **1.2.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS REMACHES.**

En las cabezas de los remaches se usan diferentes marcas para clasificar sus características. Estas marcas pueden ser un hoyuelo, una punta, dos puntas, un par de guiones, una cruz, un triángulo sencillo o un guión todos en relieve, mientras que otras cabezas no tienen marca alguna. Las diferentes marcas indican la composición del material del remache. Los remaches, además son de diferentes colores. Esto se explicó anteriormente como un medio para identificar la capa de la superficie protectora usada por los fabricantes.

**1.2.6. TIPOS DE CABEZAS.** Los remaches de cabeza redonda se usan en el interior de los aviones, excepto en los lugares donde es necesario dejar cierta tolerancia para miembros adyacentes. El remache de cabeza redonda tiene una superficie superior redondeada y profunda. La cabeza es lo suficientemente grande para reforzar la lámina alrededor del orificio y, al mismo tiempo, ofrecer resistencia a la tensión.

El remache de cabeza plana, como el de cabeza redonda, se usa en las estructuras interiores. Se emplea en los lugares donde es necesario obtener un

máximo de resistencia y donde no hay suficiente tolerancia para usar un remache de cabeza redonda. Rara vez se usa en una superficie exterior.

El remache de cabeza brazier tiene una cabeza de gran diámetro, particularmente adaptable para remachar material laminado delgado (revestimiento). El remache de cabeza brazier ofrece apenas una leve resistencia al flujo del aire. Debido a este factor se usa con frecuencia para remachar el revestimiento en las superficies exteriores, especialmente en las secciones posteriores del fuselaje y la cola. Se usa para remachar láminas delgadas expuestas al torbellino de la hélice. También se fabrica una cabeza brazier modificada, la cual es sencillamente una cabeza brazier de diámetro reducido.

El remache de cabeza universal es una combinación de los remaches de cabeza redonda, cabeza plana y cabeza brazier. Se usa en la construcción de aviones y en las reparaciones tanto interiores como exteriores. Cuando es necesario reemplazar remaches de cabeza protuberante remaches de cabeza redonda, cabeza plana y cabeza brazier se pueden reemplazar por remaches de cabeza universal después que se hayan agotado las existencias de otros remaches intercambiables.

El remache de cabeza embutida es de superficie plana y biselado hacia el vástago, de manera que se ajusta en un orificio avellanado y queda al ras con la superficie del material remachado. El ángulo de inclinación de los lados de la cabeza puede variar de 78° a 120°. Los fabricantes los están normalizando gradualmente a 100°. Estos remaches se usan para sujetar láminas sobre las cuales se deben acomodar otras láminas. También se usan en superficies exteriores de los aviones, porque ofrecen muy poca resistencia al torbellino de la hélice y ayudan a disminuir el flujo del aire turbulento.

**1.2.7. MARCAS DE LA CABEZA.** Las marcas que hay en las cabezas de los remaches indican el material del cual están hechos y, por consiguiente, su resistencia. La siguiente tabla identifica las marcas de las cabezas de los remaches y los materiales indicados por dichas marcas. Usted observará que hay tres materiales indicados por una cabeza lisa, sin embargo, es posible distinguirlos por su diferencia de color: el 1100 es de color aluminio; el de acero dulce es de un

típico color de acero y el remache de cobre es de color de cobre. Cualquiera de las marcas de la cabeza aparecerá en cualquiera de los estilos de cabeza del mismo material.

Cuadro 1-3. MARCAS DE LA CABEZA Y COMPOSICIÓN DEL REMACHE

<b>Marcas de la cabeza</b>	<b>Material</b>
Cabeza lisa	Aluminio puro, 1100; acero dulce; o cobre.
Cabeza con hoyuelos	Aleación de aluminio 2117T
Punta en relieve	Aleación de aluminio 2017T
Guión doble en relieve	Aleación de aluminio 2024T
Cruz en relieve	Aleación de aluminio 5056
Triángulo en relieve	Acero dulce, cabeza embutida
Guión en relieve	Acero resistente á la corrosión
Dos puntas en relieve	Monel.

Los remaches de aluminio y de aleación de aluminio vienen empacados en cajas que tienen marbetes de color. El color del marbete indicará la composición de los remaches que hay dentro de la caja. Los remaches y los colores correspondientes de los marbetes son 1100, blanco; 2117T, anaranjado; 2017T amarillo; 2024T, rojo; y 5056, azul.

**1.2.8. NUMERACIÓN EN CLAVE.** Cada tipo de remache se identifica por un número de pieza para que la persona que use el remache pueda seleccionar correctamente el remache para el trabajo que se va a efectuar.

El tipo de cabeza del remache se identifica por un número, de acuerdo con la Norma de la Fuerza Aérea y la Armada (comúnmente llamado Norma AN). Los números escogidos están en serie y cada serie representa un tipo de cabeza de remache en particular. El número de serie será el número de la página del libro de normas de la Fuerza Aérea y la Armada. Las series más comunes y los tipos de cabeza de remaches que representan son:

#### Cuadro 1-4. Identificación del tipo de la cabeza del remache

AN420	Remaches de cabeza embutida
AN430	Remaches de cabeza redonda
AN440	Remaches de cabeza plana
AN450	Remaches de cabeza brazier
AN470	Remaches de cabeza universal

También hay otras letras y números que se añaden a un número de pieza. Las letras designan el contenido de la aleación; los números, el diámetro y la longitud del remache. Las letras que se usan comúnmente para la designación de aleaciones constan en el siguiente cuadro.

#### Cuadro 1-5. Letras que designan el contenido de la aleación del remache

A	Aleación de aluminio de composición 1100 o 3003
AD	Aleación de aluminio de composición 2117T
D	Aleación de composición 2017T
DD	Aleación de aluminio de composición 2024T
B	Aleación de aluminio de composición 5056
C	Cobre
M	Monel

La falta de una letra después del número de norma AN indica un remache fabricado de acero dulce.

El primer número que sigue a las letras que designan la composición del material expresa el diámetro del vástago del remache en treintaidosavos de pulgada. Por ejemplo: 3, 3/32, 5, 5/32, etc. (Vea la Figura 1-1).

El último número (números) separado por un guión del número anterior, expresa la longitud del vástago del remache en dieciseisavos de pulgada. Por ejemplo: 3, 3/16, 7, 7/16, etc. (Vea la Figura 1-1).

1. Diámetro del vástago
2. Longitud del remache
3. Ángulo de la cabeza embutida

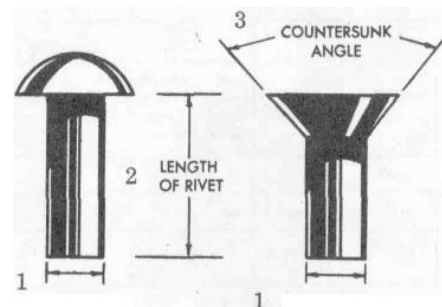


Figura 1-1. Métodos para Medir los Remache

Usando la información anterior, supongamos que vamos a definir el número de pieza AN470AD3-5 que corresponde a un remache.

AN470AD3-5 — número de pieza completo  
AN — número de la norma de la Fuerza Aérea y la Armada  
.... 470 — remache de cabeza universal  
..... AD — aleación de aluminio 2117T  
..... 3 — diámetro de 3/32 de pulgada  
..... -5 — longitud de 5/16 de pulgada

### **1.2.9. REMACHES ESPECIALES**

Hay muchos lugares en un avión en donde es imposible el acceso a ambos lados de una pieza estructural remachada o donde el espacio limitado no permitirá el uso de una barra contrarremachadora. Además, en la fijación de muchas piezas no estructurales, tales como los accesorios internos de un avión, los pisos, los descongeladores, etc., no es necesaria la resistencia total de los remaches de vástago macizo.

Se han inventado remaches especiales para usarse en tales sitios que pueden ser remachados desde el frente, que son más livianos que los remaches de vástago macizo, pero muy fuertes.

Estos remaches son fabricados por diferentes corporaciones y tienen peculiaridades características que hacen necesario el empleo de herramientas y procedimientos especiales para su instalación y remoción.

### **1.2.10. REMACHES QUE SE EXPANDEN MECÁNICAMENTE.**

Ahora trataré aquí sobre tres tipos de remaches que se ensanchan mecánicamente: los remaches de acción automática (cierre por fricción), remaches de acción automática (cierre mecánico) y los remaches de tracción.

### **1.2.11. REMACHES DE ACCIÓN AUTOMÁTICA (CIERRE POR FRICCIÓN).**

Aun cuando los remaches ciegos de acción automática (cierre por fricción) son fabricados por varias compañías, a todos ellos se les aplica la misma información

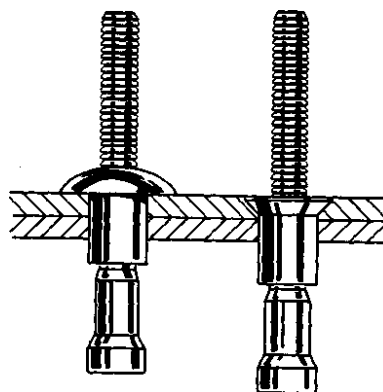
básica general en cuanto a su fabricación, composición, usos, selección y procedimientos de instalación e inspección.

FABRICACIÓN.- Los remaches de acción automática cierre por fricción se fabrican en dos partes: una cabeza de remache con un vástago o manguito hueco y una caña que se extiende a través del vástago hueco. La Figura 1-2 ilustra un remache de acción automática con cabeza protuberante y otro con cabeza embutida, fabricados por una corporación.

Los remaches de acción automática (cierre por fricción) se fabrican en dos estilos comunes de cabeza: una cabeza protuberante similar a la cabeza AN470 o cabeza universal y una cabeza embutida de 100°. Otros tipos de cabeza de remache se pueden obtener de algunos fabricantes.

COMPOSICIÓN. Los remaches de acción automática (cierre por fricción) se fabrican de varios materiales. Hay remaches fabricados en las siguientes combinaciones de materiales: caña de aleación de aluminio 2017 y manguito de aleación de aluminio 2117; caña de aleación de aluminio 2017 y manguito de aleación de aluminio 5056; y caña de acero y manguito de acero.

Usos. Los remaches de acción automática (cierre por fricción) están fabricados de manera que su instalación requiera sólo una persona; no es necesario que el trabajo sea accesible por ambos lados; y la resistencia de tracción de la caña del remache es tal que siempre se puede lograr un trabajo uniforme.

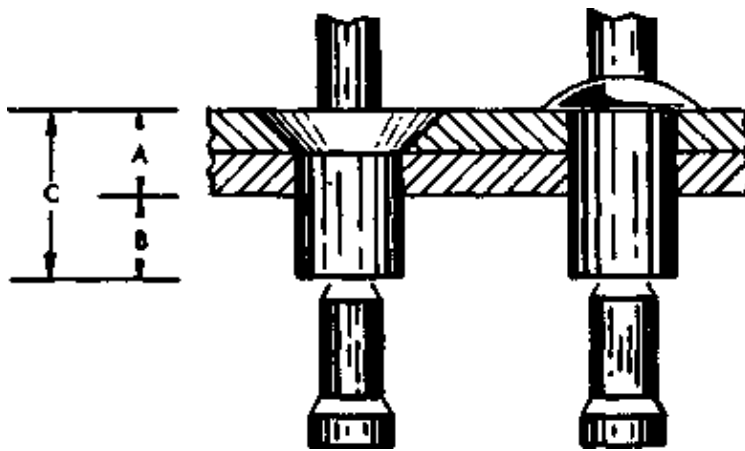


Cabeza protuberante    Cabeza embutida

Figura 1-2. Remaches de Acción Automática (Cierre por Fricción)

SELECCIÓN.- Los factores que hay que tener en cuenta en la selección del remache correcto son: el lugar donde se va a instalar, la composición del material que se está remachando, el espesor de dicho material y la resistencia deseada.

El espesor del material que se está remachando determina la longitud total del vástago del remache. Por regla general, el vástago del remache deberá quedar fuera del espesor del material, aproximadamente de 3/16 de pulgada a 1/8 de pulgada antes de halar la caña. (Vea la Figura 1-3).



A - Espesor del material (amplitud de agarre)

B - De 3/64 a 1/8 de pulgada

C - Longitud total del vástago del remache

Figura 1-3. Determinación de la Longitud de Agarre del Remache

HERRAMIENTAS PARA LA INSTALACIÓN. Las herramientas que se usarán para instalar remaches de acción automática (cierre por fricción) dependen del fabricante del remache que se está instalando.

Cada compañía ha diseñado herramientas especiales que deberán usarse siempre para obtener resultados satisfactorios con su producto. Hay herramientas manuales lo mismo que herramientas neumáticas.



Para este fin se fabrican pistolas remachadoras operadas manualmente y por motor. La nomenclatura para las diferentes herramientas y conjuntos disponibles depende del fabricante. La aplicación y uso del equipo es básicamente el mismo. Ya sea que se le llame herramienta manual, herramienta de aire, pistola remachadora manual o pistola remachadora neumática, (Vea Figura 1-4), todas estas se usan con un solo fin: instalar un remache en forma correcta.

Las herramientas neumáticas funcionan con la misma presión de aire que los martillos neumáticos de remachar.

Después de instalar el remache de acción automática (cierre por fricción), recorte la caña para que quede a ras con la cabeza del remache. Use un par de alicates de corte diagonal uniformemente afilados en el lado cortante. Oprima firmemente los alicates contra la cabeza del remache para cortar la caña tan cerca de la cabeza como sea posible. Se puede usar una lima para limar aún más la caña pero tenga cuidado de no limar la cabeza misma

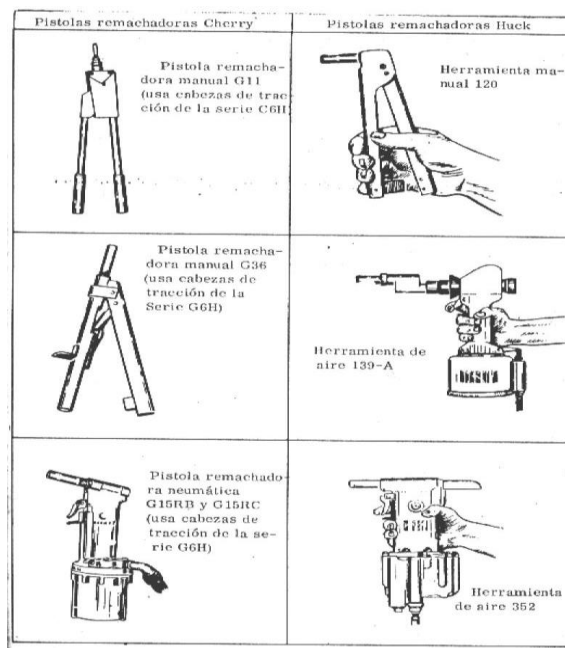


Figura 1-4. Pistolas Remachadoras de Acción Automática (Cierre por Fricción)

PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN. El orden de los pasos que se ha de seguir en la instalación de los remaches de acción automática (cierre por fricción) es

básicamente el mismo que para los remaches de vástago macizo, pero los métodos y el equipo usados varían. Los siguientes pasos son típicos de cualquier instalación:

- ✓ Introduzca el remache seleccionado en el agujero perforado asegurándose que la cabeza del remache esté firmemente asentada contra el metal.
- ✓ Coloque la herramienta seleccionada en la caña del remache. La herramienta seleccionada se determina por el diámetro del vástago del remache, el fabricante del remache y el número de remaches que se van a instalar.
- ✓ Aplíquese fuerza de tracción a la caña del remache hasta que la caña sobresalga.
- ✓ Compruebe la instalación del remache aplicándole una presión aproximada de 15 libras al extremo de la caña.
- ✓ Recorte la caña a ras con la cabeza del remache.

INSPECCIÓN. La inspección de los remaches de acción automática (cierre por fricción) instalados es muy limitada. Frecuentemente, la única inspección que puede hacerse es en la cabeza del remache. La cabeza del remache deberá quedar bien ajustada contra el metal. La caña del remache deberá recortarse a ras con la cabeza del remache, ya sea una cabeza protuberante o una embutida.

Si usted puede ver el lado del remache instalado que tiene la cabeza de taller, inspeccione ésta para ver si llena los requisitos ilustrados en la Figura 1-5. Cuando la cabeza del remache se clasifica como insatisfactoria, saque el remache e instale otro en su lugar.

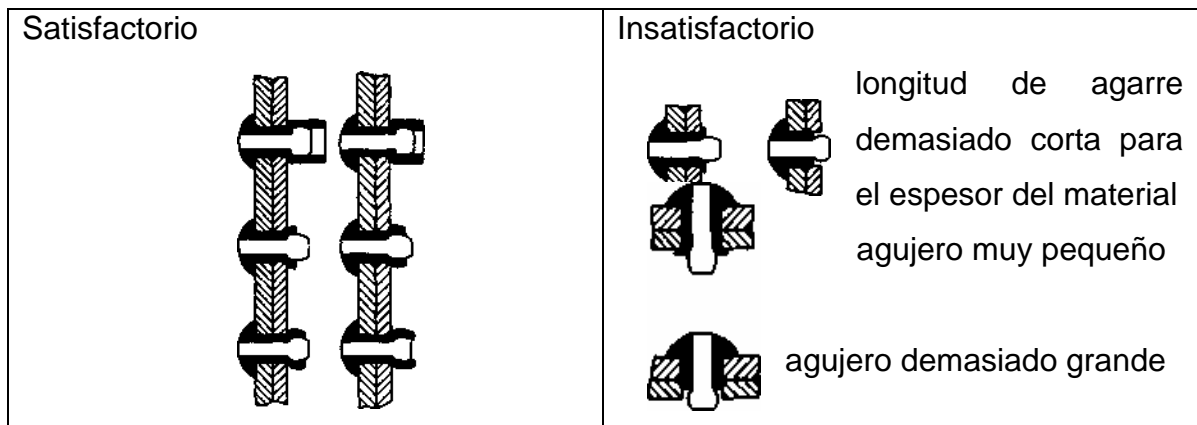


Fig.1-5 Inspección de los remaches de acción automática (cierre de fricción)

PROCEDIMIENTOS DE QUITADA. Los remaches de acción automática (cierre por fricción) se quitan de la misma manera que los remaches de vástago macizo, excepto por el paso preliminar de sacar la caña (vea la Figura 1-6). Deberán seguirse los siguientes pasos .en su orden apropiado:

- ❖ Saque la caña del remache con un punzón botador.
- ❖ Perfore y saque la cabeza del remache usando una broca del mismo tamaño que el vástago del remache.
- ❖ Levante la cabeza del remache debilitado con un punzón botador.
- ❖ Saque el resto del vástago del remache con un punzón. Si no sale el vástago, perfórelo teniendo cuidado de no alargar el agujero en el material.

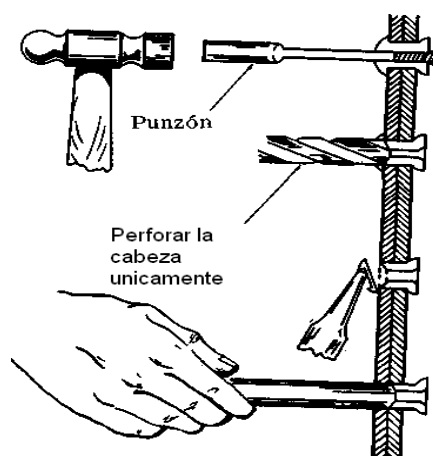


Figura 1-6 Quitada de los remaches de acción automática (cierre por fricción)

### 1.2.12. REMACHES DE ACCIÓN AUTOMÁTICA (CIERRE MECÁNICO)

Los remaches de acción automática (cierre mecánico) son similares a los de acción automática (cierre por fricción), excepto por la manera en que son retenidos en el material. Este tipo de remache tiene un collar de cierre mecánico positivo que resiste la vibración que haría que los remaches de cierre por fricción se aflojaran y posiblemente se cayeran (vea Figura 1-7). Además, la caña del remache de cierre mecánico se rompe a ras con la cabeza y usualmente no se necesita recortar más la caña cuando se instala correctamente. Los remaches de acción automática (cierre mecánico) tienen todas las características de resistencia de los remaches de vástago macizo y en casi todos los casos se puede sustituir remache por remache.

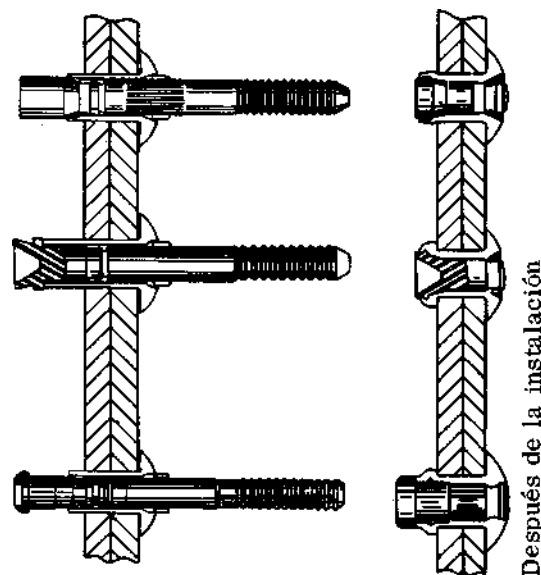


Figura 1-7 Remache de acción automática (cierre mecánico)

**FABRICACIÓN.** A diferencia del remache de cierre por fricción, el remache de cierre mecánico tiene un collar de fijación que forma un cierre positivo para retener la caña en el vástago del remache. Este collar se asienta en posición durante la instalación del remache.

En la instalación del remache se llevan a cabo tres operaciones. Cuando se aplica una fuerza de tracción, en la caña, esta es llevada a su posición y aprieta las cabezas de remaches (cabezas fabricadas y de taller) contra el material; en un punto predeterminado, un yunque interior incorporado en el conjunto impulsor lleva

a la fuerza el collar de fijación a su posición en la cabeza fabricada; y la caña del remache sobresale aproximadamente a ras con la cabeza del remache. La Figura 1-7 ilustra la posición final del collar de fijación en la cabeza del remache).

COMPOSICIÓN. Los remaches de acción automática (cierre mecánico) se consiguen de dos fabricantes, por lo menos. Se fabrican con manguitos (vástagos de remache) de aleación de aluminio 2027 y 5056, de monel y de acero inoxidable.

USOS. El remache de acción automática tipo de cierre mecánico se puede usar en las mismas aplicaciones que el remache de cierre por fricción. Además, debido a su mayor característica de retención de la caña, se recomienda su instalación en áreas expuestas a vibración excesiva.

SELECCIÓN. La composición del material que se está uniendo determina la composición del manguito del remache remaches de aleación de aluminio 2017 para la mayor parte de las aleaciones de aluminio, remaches de aluminio para magnesio, etc.

Tanto los remaches de cierre Cherry (fabricados por la División de Remaches Cherry) como el remache de cierre cónico Keystone (fabricado por la compañía Manufacturera Huck) usan amplitudes de agarre medidas en milésimos de pulgada. La variación entre la amplitud de agarre máxima para un remache y la amplitud de agarre mínima del remache más largo siguiente es tan pequeña que no se tiene dificultad en obtener la longitud apropiada para cualquier instalación.

Se recomienda que el espesor del material que se está remachando se calcule en milésimos de pulgada. Este método hará mucho más fácil determinar el remache que se ha de seleccionar para la instalación. La designación de la amplitud de agarre para los remaches de acción automática (cierre mecánico) se basa en el espesor mínimo o máximo del material en el cual el remache determinado se puede instalar conforme a las especificaciones.

HERRAMIENTAS PARA LA INSTALACIÓN. Los remaches de acción automática requieren conjuntos impulsores especiales. Es mejor usar herramientas fabricadas por la misma compañía que fabricó el remache.

El remache de cierre cónico Keystone, de la Huck, se instala usando la herramienta para remaches ciegos modelo CP350 (que se consigue en la Compañía Manufacturera Huck). El extremo delantero de la herramienta incluye: un juego de quijada del mandril que se ajustan a las ranuras acanaladas que hay en la caña del remache y lo hacen pasar a través del vástago del remache para meter el remache; un yunque exterior que descansa contra la parte exterior de la cabeza fabricada durante la operación de inserción del remache; y un yunque interior que avanza automáticamente para poner el collar de fijación en posición, después que se ha formado la cabeza ciega (vea Figura 1-8).

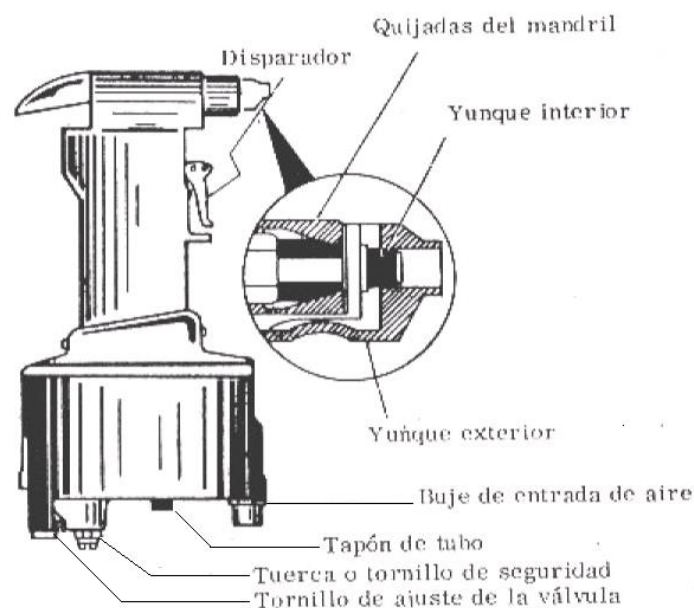


Figura 1-8 Herramienta para instalar el remache ciego, modelo huck CP350

- ❖ Un cambio en el diámetro del remache requiere un cambio en las quijadas del mandril, el yunque exterior y el cojinete de empuje interior, y un ajuste de la presión de operación de la válvula de cambio. Los procedimientos de ajuste son especificados por el fabricante.

Los remaches Cherry se instalan usando la cabeza de tracción H-610 fabricada por la División de Remaches Cherry, Compañía Townsend (vea Figura 1-9). Se necesita una cabeza de tracción diferente para cada diámetro de remache que se está instalando. La cabeza de tracción H-610 se hace para usarse con pistolas remachadoras manuales o de motor, fabricadas por la misma compañía.

No necesita reguladores de presión de aire, ningún ajuste de presión especial para los diferentes diámetros y no hay necesidad de preocuparse por las variaciones en la presión de aire.

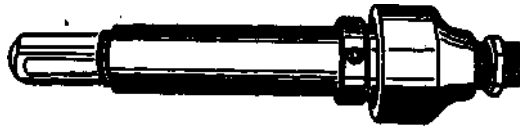


Figura 1-9. Cabeza de Tracción H-610

PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN. Los procedimientos usados para instalar remaches de acción automática (cierre mecánico) son básicamente los mismos que para la instalación de remaches tipo de cierre por fricción. Las precauciones que se han de observar son las siguientes:

- ❖ Asegúrese de seleccionar la amplitud de agarre correcta.
- ❖ Use siempre la herramienta de tracción o de conjunto delantero correcta para el diámetro del remache seleccionado
- ❖ Cuando inserte el remache en la herramienta y el material, mantenga una ligera presión contra la cabeza del remache.
- ❖ Determine si el remache está completamente introducido antes de levantar la herramienta de la cabeza del remache. (La caña deberá romperse).
- ❖ Revise cada remache después que los haya instalado en orden, para ver si tienen la rotura apropiada de la caña.

INSPECCIÓN. La inspección visual del asentamiento del pasador en la cabeza fabricada es el medio más confiable y sencillo de inspeccionar los remaches de cierre mecánico. Si se ha usado la amplitud de agarre apropiada y el collar de fijación y el extremo roto de la caña están aproximadamente a ras con la cabeza fabricada,

PROCEDIMIENTOS DE QUITADA. El remache de cierre mecánico se puede quitar fácilmente siguiendo los procedimientos ilustrados en la Figura 1-10.

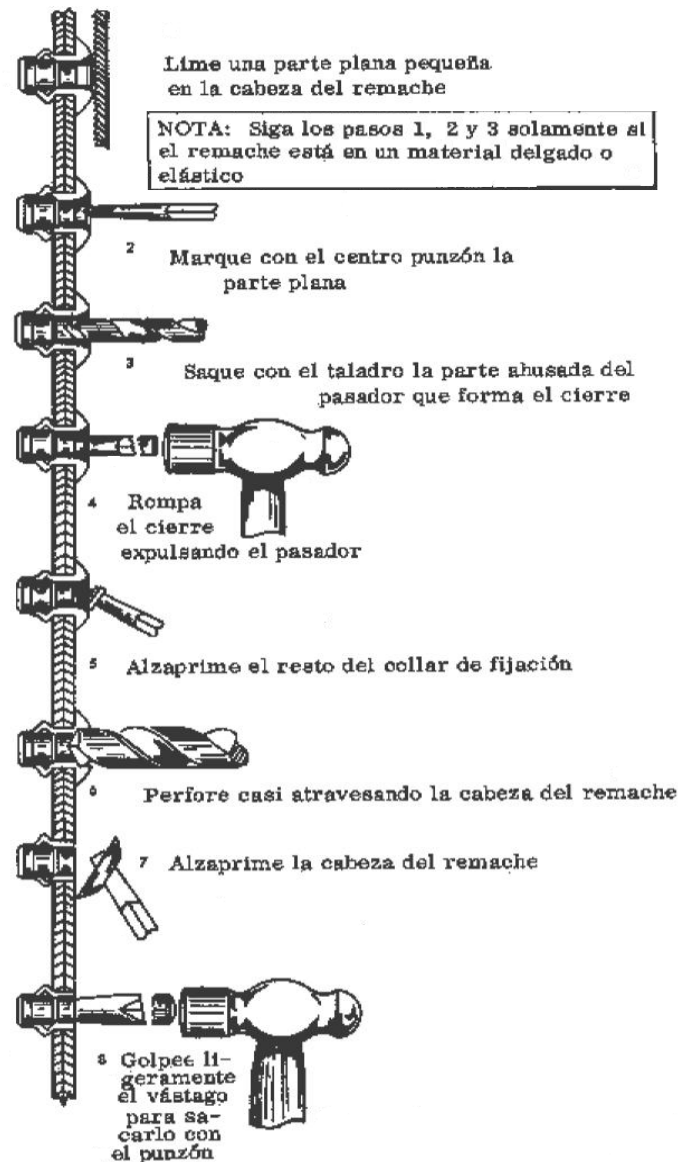
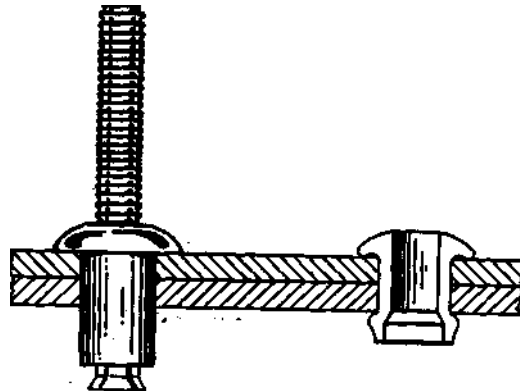


Figura 1-10 Quitada del remache

**1.2.13. REMACHES DE TRACCIÓN.** Este tipo de remache ciego ensanchado mecánicamente se usa como remache de unión para fijar conjuntos a tubos huecos, y como arandela. Se diferencia de los dos remaches discutidos anteriormente en que la caña pasa completamente a través del manguito del remache durante la instalación. Es estructuralmente débil, debido al centro hueco que le queda después que se completa la instalación.



La Figura 1-11 ilustra un remache típico antes y después de su instalación.



Antes de la instalación      Después de la instalación

Figura 1-11 Remache de tracción

**1.2.14. TORNILLOS Y REMACHES DE SEGURIDAD DILL (DILL LOK-SKRUS Y LOK-RIVETS).** Los tornillos y remaches de seguridad Dill (Dill Lok-Skrus y Lok-Rivets, Figura 1-12) son marcas de fábrica para los remaches con roscas internas (de dos piezas) y se usan para la fijación ciega de accesorios tales como contornos aerodinámicos, filetes, cubiertas de puertas de acceso, marcos de puertas y ventanas, paneles de piso, etc.

Las partes principales de un tornillo Dill son el barril, la cabeza y el tornillo de fijación. El barril está hecho de aleación de aluminio y viene con extremos cerrados o abiertos. La cabeza es de aleación de aluminio o de acero.

Los tres tipos de cabeza más comúnmente usados son la cabeza al ras, la plana y la embutida.

EQUIPO PARA LA INSTALACIÓN. Para la instalación de los tornillos de seguridad Dill se requieren herramientas de mano y neumáticas especiales. Una hoja intercambiable se pone en el mango de la herramienta y se sujeta en su lugar por medio de un tornillo de fijación. La hoja tiene una parte achatada que entra en la ranura del extremo del barril del tornillo Dill. El atornillador de la

cabeza tiene salientes que encajan en las depresiones que hay en la cabeza del tornillo.

La hoja tiene una parte achatada que entra en la ranura del extremo del barril del tornillo Dill. El atornillador de la cabeza tiene salientes que encajan en las depresiones que hay en la cabeza del tornillo Dill. Los atornilladores de cabeza y las hojas son intercambiables y pueden usarse con los diferentes tamaños y estilos de tornillos de seguridad Dill.

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN. El procedimiento para taladrar los agujeros para los tornillos Dill es idéntico al que se usa para los remaches de vástago macizo comunes. Cuando instale un tornillo de seguridad Dill inserte la herramienta de manera que la hoja se extienda a través de la ranura del barril y que el atornillador sé ajuste firmemente en la ranura de la cabeza. Inserte el sujetador taladrado. Junte el conjunto del mango del trinquete y ajuste la palanca de la uña para que el trinquete trabaje en la dirección apropiada. Sujete estacionario el mango del trinquete y haga girar hacia la izquierda el mango de la hoja hasta que el barril quede firmemente apoyado contra la lámina por el lado opuesto. Presione firmemente la herramienta contra el tornillo Dill para mantener la hoja de la herramienta y el atornillador en las ranuras.

Los accesorios se fijan usando el tornillo de fijación y un destornillador corriente.

Para obtener información más específica sobre la selección de remaches con rosca interna (de dos piezas), las herramientas para la instalación y los procedimientos para la instalación, consulte la O. T. 1-1A-8.



Figura 1-12. Remache con Rosca Interna (Dos Piezas)

### 1.2.15. REMACHES DEUTSCH.

Este remache es un remache ciego de alta resistencia usado en los aviones de último modelo. Tiene una resistencia al esfuerzo cortante de 75, 000 libras por pulgada cuadrada como mínimo y puede ser instalado por una sola persona.

El remache Deutsch se compone de dos partes: el manguito de acero inoxidable y el pasador de acero endurecido (vea Figura 1-13). El pasador y el manguito tienen una capa de lubricante y un anticorrosivo.

El remache Deutsch viene en diámetros de 3/16, 1/4 y 3/8 de pulgada. Las longitudes de agarre para este remache varían de 3/16 a una pulgada

PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN. Para instalar un remache Deutsch use un martillo corriente de una pistola remachadora neumática y una buterola de cabeza plana. Asiente el remache en el agujero perforado previamente y luego meta el pasador dentro del manguito.

NOTA: Si el remache Deutsch se introduce en un agujero apretado, se deberá usar un punzón botador para asentar el remache contra el material. El punzón no deberá tocar el pasador y apoyarse contra la cabeza del remache, para evitar la expansión prematura del manguito y la cabeza.

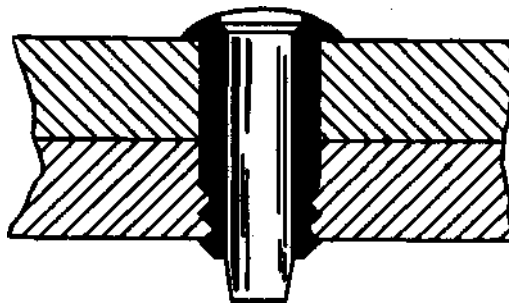


Figura 1-13. Remache Deutsch

La acción de remachado hace que el pasador ejerza presión contra el manguito y fuerza sus lados hacia afuera. Este estiramiento forma una cabeza de taller en el extremo del remache y proporciona una fijación positiva para el sujetador. El reborde en la parte superior de la cabeza del remache fija el pasador en el remache cuando se dan los últimos golpes de remachado.

La cabeza de un remache Deutsch nunca deberá fresarse ni limarse. El fresado o limado destruirá la acción fijadora del anillo en la parte superior de la cabeza del remache.

Otra característica del remache Deutsch es que se puede instalar sin que atraviese del todo la segunda pieza de material. Sin embargo, este tipo de instalación no se recomienda, a menos que la segunda pieza sea muy gruesa.

Una de las principales restricciones para el uso del remache Deutsch es que no se usa ninguna herramienta contrarremachadora para resistir los golpes del remachado. La estructura donde se hace la instalación debe ser pesada y lo suficiente sólida para resistir las fuerzas de remachado.

QUITADA DEL REMACHE DEUTSCH. Si se va a quitar un remache Deutsch que atraviesa el material, use los mismos procedimientos que usaría para quitar un remache de vástago macizo. La cabeza se puede perforar con una broca y el pasador se puede sacar con un punzón botador un poco más pequeño que el diámetro del pasador del remache. Para sacar el manguito del material, use un punzón botador un poco más pequeño que el diámetro del manguito.

#### **1.2.16. REMACHES HI-SHEAR.**

Los remaches Hi-Shear (marca de fábrica) de pasador están clasificados como remaches especiales pero no son del tipo ciego. Para instalar este tipo de remache se necesita tener acceso a ambos lados del material. Los remaches Hi-Shear tienen la misma resistencia al esfuerzo cortante que los pernos de diámetros iguales; aproximadamente el 40 por ciento del peso de un perno. Son hasta tres veces más fuertes que los remaches de vástago macizo.

Los remaches de pasador son esencialmente pernos sin roscas. El pasador tiene una cabeza en un extremo y está ranurado alrededor de la circunferencia en el otro extremo. En el extremo ranurado llevar estampado un collar de metal que produce un firme ajuste. (Vea la Figura 1-14).

SELECCIÓN. La longitud apropiada del remache se puede determinar por tanteo o por el número de pieza. Para determinar la longitud de agarre por tanteo, introduzca en el agujero el remache del diámetro apropiado. La parte recta del vástago no deberá sobresalir más de 1/16 de pulgada del material. Ponga un collar sobre el extremo ranurado del remache. Compruebe la posición del collar.

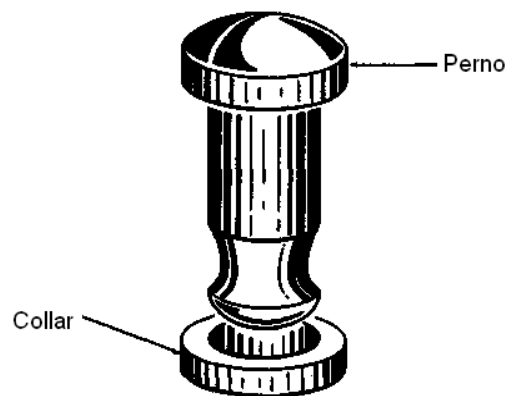
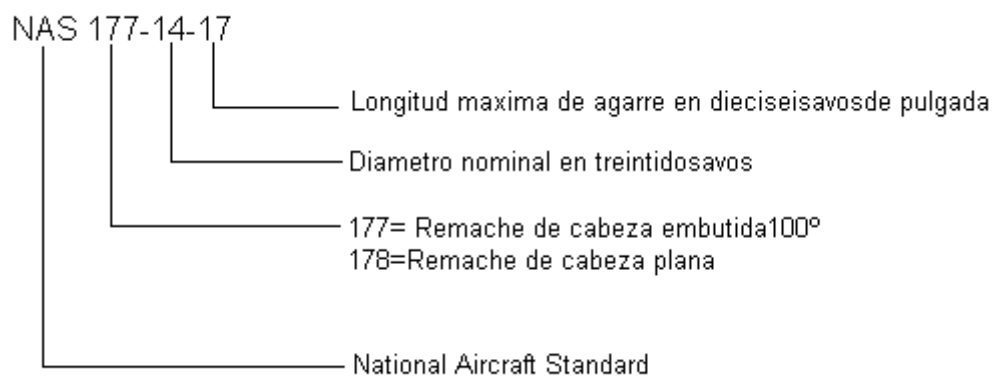


Figura 1-14. Remache Hi-Shear (de Pasador)

Los números de piezas para los remaches de pasador se pueden interpretar para obtener el diámetro y la longitud de agarre de los remaches individuales. Una división típica de un número de pieza sería como sigue:



HERRAMIENTAS PARA LA INSTALACIÓN. Los remaches Hi-Shear se instalan con barras contrarremachadoras corrientes y martillos neumáticos para remachar.

Dichos remaches requieren el uso de una buterola especial que comprende el estampado y recorte del collar y un orificio de descarga por el cual sale el exceso del material del collar. Para cada diámetro de vástago se requiere una buterola de distinto tamaño.

PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN. Prepare los agujeros para los remaches de pasador con el mismo cuidado que para otros remaches o pernos de poca tolerancia. Algunas veces puede ser necesario refrentar el área debajo de la cabeza del pasador para que la cabeza del remache pueda quedar bien ajustada contra el material. El área refrentada deberá ser 1/16 de pulgada más grande que el diámetro de la cabeza.

Los remaches de pasador pueden instalarse desde cualquier extremo. Los procedimientos que se han de seguir para instalar un remache con pasador por el extremo del collar (Vea la figura 1-15)

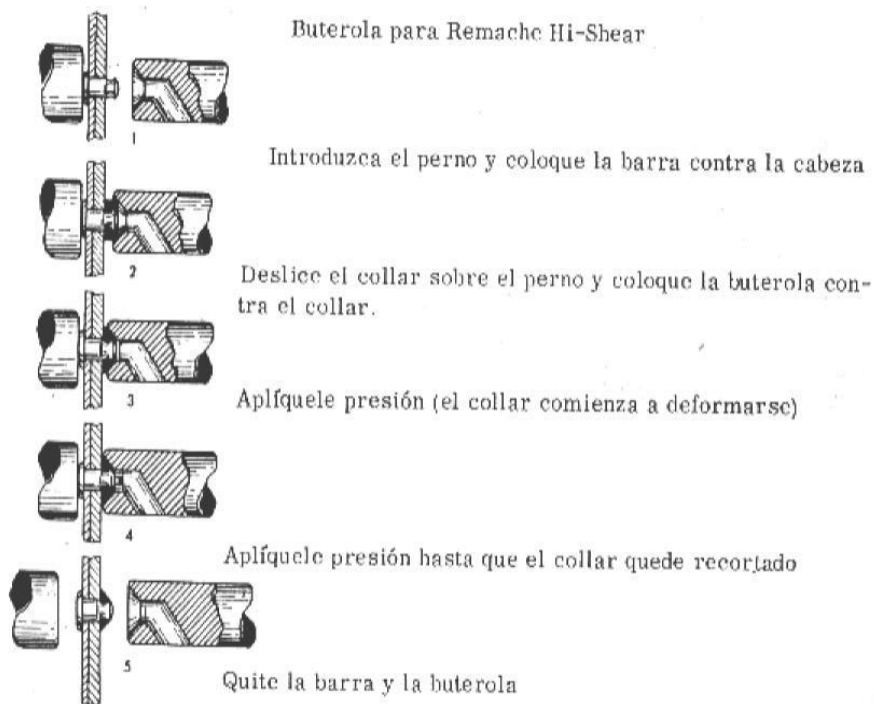


Figura 1-15 Usando la buterola para remache de pasador

**INSPECCIÓN.** Los remaches de pasador deberán inspeccionarse por ambos lados del material. La cabeza del remache no deberá desfigurarse y deberá ajustarse bien contra el material. La Figura 1-16 ilustra remaches aceptables y los no aceptables.

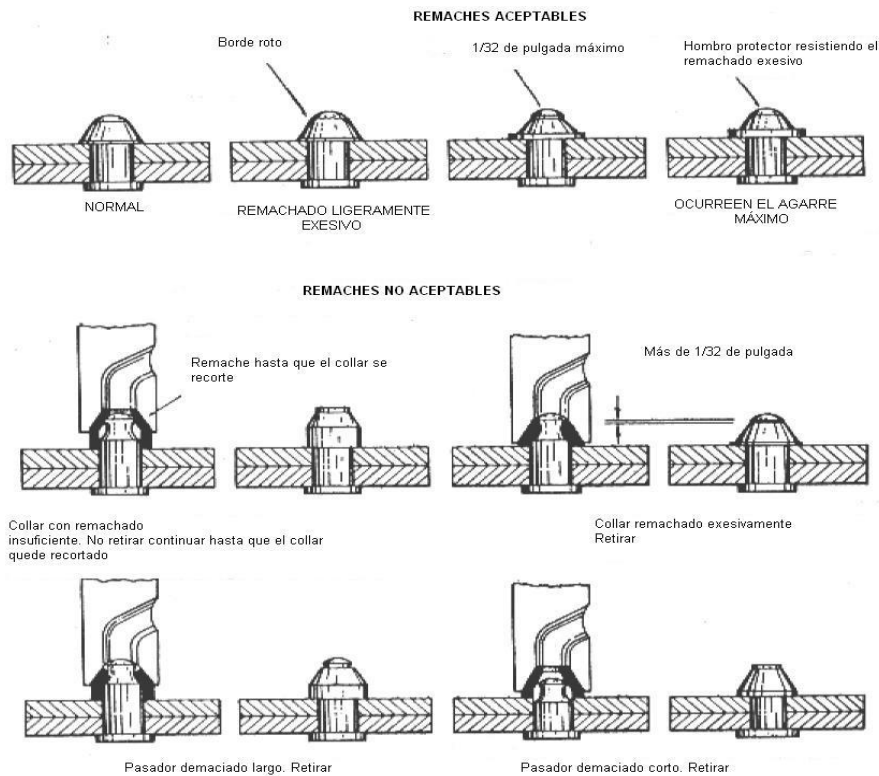
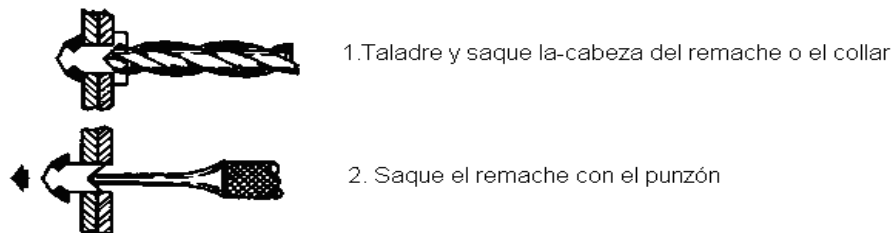


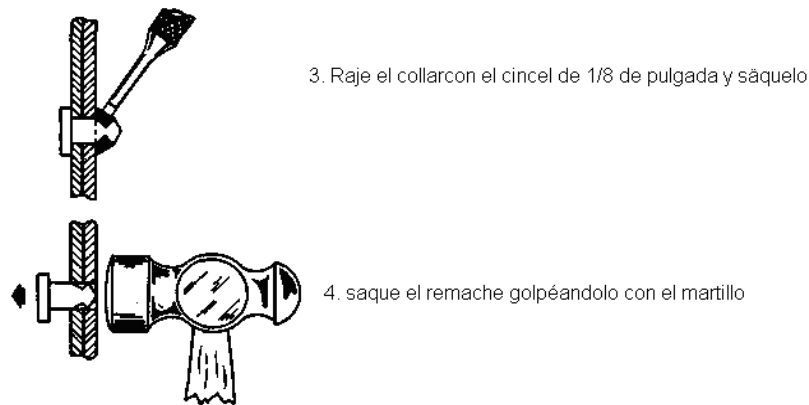
Figura 1-16 Inspección del remache de pasador

**QUITADA DE LOS REMACHES DE PASADOR.** El método convencional de quitar remaches perforando la cabeza se puede utilizar en cualquier extremo del remache de pasador. (Vea la Figura 1-17). Se recomienda marcar el centro con un punzón, antes de aplicar la presión de perforación.

En algunas ocasiones se pueden considerar más convenientes los métodos sustitutos enumerados a continuación, para casos particulares.



SACANDO EL REMACHE POR EL EXTREMO DE LA CABEZA



SACANDO EL REMACHE POR EL EXTREMO DEL COLLAR

Figura 1-17 Quitada de los remaches de pasador

### 1.2.17. PLAN DE REMACHADO.

El plan de remachado consiste en determinar el número de remaches requeridos, el tamaño y estilo de los remaches que se van a usar, su mantenimiento, condición de temple y resistencia, el tamaño de los orificios para los remaches, la distancia de dichos orificios y de los remaches desde el borde del parche y el espaciamiento de los remaches en toda la reparación. Como las distancia se miden a base de los diámetros de los remaches, la aplicación de las medidas es sencilla, una vez que se ha determinado el diámetro correcto del remache.

**1.2.18. SELECCIÓN DE LOS REMACHES.** El tamaño, resistencia y tipo de la cabeza requerida en un remache está regido por factores tales como la clase de tensiones que hay en el punto remachado, la clase y espesor del material que se va a remachar y la ubicación de la pieza remachada en el avión.

El tipo de cabeza requerido para un trabajo en particular se determina por su ubicación en la instalación. Cuando se requiere una superficie aerodinámica lisa,



deberán usarse remaches de cabeza embutida. Los remaches de cabeza universal se pueden usar en la mayor parte de otras ubicaciones. Si se requiere más resistencia y lo permite la tolerancia, se pueden usar remaches de cabeza redonda; si no hay la tolerancia necesaria, se pueden usar remaches de cabeza plana.

El tamaño (o diámetro) del vástago del remache seleccionado, deberá corresponder en general al espesor del material que se está remachando. Si se usa un remache demasiado grande en un material delgado, la fuerza necesaria para introducir el remache correctamente producirá una combadura inconveniente alrededor de la cabeza del remache. En cambio, si se selecciona un remache con un diámetro demasiado pequeño para un material grueso, la resistencia al esfuerzo cortante del remache no será lo suficiente para soportar la carga de la junta. Por regla general, el diámetro del remache no deberá ser menor que el espesor combinado de las piezas componentes de la junta. Los remaches más comúnmente escogidos para el montaje y la reparación de los aviones varían de 3/32 de pulgada a 3/8 de pulgada de diámetro. Por lo general, los remaches que tienen un diámetro menor de 3/32 de pulgada no se usan nunca en ningunas piezas estructurales que tengan que soportar tensiones.

Cuando los remaches van a pasar por completo a través de miembros tubulares, escoja un remache que tenga un diámetro equivalente a por lo menos 1/8 del diámetro exterior del tubo. Si se va a meter o acoplar el extremo de un tubo dentro de otro, tome el diámetro externo del tubo exterior y establezca 1/8 de esa distancia como el diámetro mínimo del remache. Una buena práctica es la de calcular el tamaño mínimo del remache y luego usar el remache siguiente en tamaño.

Cuando se determina la longitud total de un remache para su instalación, se debe conocer el espesor combinado de los materiales que se van a unir. Esta medida se conoce como longitud de agarre (vea B, Figura 1-18). La longitud total del remache (vea A, Figura 1-18) deberá ser igual a la longitud de agarre más la cantidad necesaria del vástago del remache para formar una cabeza de taller apropiada. La longitud del remache requerida para, formar una cabeza de taller es 1-1/2 veces el diámetro del vástago del remache (vea C, Figura 1-18).

Usando la Figura 1-18 y la información anterior, determinamos que  $A = B + C$ . (A, longitud total del remache; B, longitud de agarre; C, material necesario para formar una cabeza de taller).

Los remaches instalados correctamente se muestran en D de la Figura 1-18. Observe cuidadosamente el método usado para medir las longitudes totales de los remaches de cabeza embutida y de otro tipo de cabeza.

Siempre que sea posible, seleccione los remaches del mismo número de aleación que el material que se está remachando. Por ejemplo, use remaches 1100 y 3003 en las piezas fabricadas de aleaciones 1100 y 3003, y remaches 2117T y 2017T en las piezas fabricadas de aleaciones 2017 y 2024.



A — Longitud total del remache

B — Longitud de agarre

C — Cantidad de longitud del remache necesaria para la cabeza de taller apropiada (1-1/2 x diámetro del remache)

D — Remaches instalados

Figura 1-18. Manera de Determinar la Longitud del Remache

El remache 2117T se usa comúnmente para trabajos de reparación en general, ya que no requiere ningún tratamiento térmico, es bastante suave y fuerte, y altamente resistente a la corrosión con casi todos los tipos de aleaciones. El remache 2024T es el más fuerte de los remaches de aleación de aluminio y se usa en las piezas de alta tensión. Sin embargo, debe estar suave cuando se instale. Nunca reemplace remaches 2024T por remaches 2117T o 2017T.

Se puede determinar el tipo de la cabeza del remache que debe escoger para un trabajo de reparación en particular, observando el tipo usado por el fabricante dentro del área cercana. Una regla en general que se puede seguir cuando se trata de un avión remachado al ras, es aplicar remaches al ras en la superficie superior del ala y los estabilizadores; en el borde de ataque inferior detrás del larguero; y en el fuselaje, detrás del punto alto del ala. Use remaches de cabeza universal en todas las otras áreas de superficie.

**Espaciamiento.** En general, trate de hacer que el espaciamiento de los remaches en una fabricación esté de acuerdo con el espaciamiento usado por el fabricante en el área cerca del daño. Aparte de esta regla fundamental no hay reglamentos específicos que rijan el espaciamiento de los remaches en todos los casos. Sin embargo, hay ciertos requisitos mínimos que se debe observar.

La distancia del borde o distancia desde el centro del primer remache al borde de la lámina no debe ser menor de 2 diámetros del remache ni mayor de 4. La distancia del borde recomendada es aproximadamente 2-1/2 veces el diámetro del remache. Si se pone remaches demasiado cerca del borde de la lámina, ésta probablemente se rajará o se separará de los remaches; y si los coloca demasiado lejos del borde, la lámina se doblará hacia arriba en los bordes.

**El paso de los remaches** es la distancia entre los centros de los remaches vecinos en la misma hilera. El paso de remache más pequeño permisible es de 3 veces el diámetro del remache. El paso regular de los remaches usualmente varia de 6 a 8 veces el diámetro del remache aun cuando puede variar entre 4 a 10 el tamaño de dicho diámetro. El paso transversal es la distancia entre las hileras de remaches y, por lo general, es igual al 75% del paso del remache. El paso transversal permisible más pequeño es de 2-1/2 veces el diámetro del remache.

Cuando esté haciendo el empalme de un tubo dañado y los remaches pasen completamente a través del tubo, espacie los remaches a intervalos de 4 a 7 diámetros, si los remaches contiguos están a ángulo recto entre sí; y a intervalos de 5 a 7 diámetros, si los remaches están en línea (paralelos entre sí). El primer remache a cada lado de la junta no debe estar a menos de 2-1/2 veces el diámetro del remache, desde el extremo de la manga.

Las reglas generales para el espaciamiento de remaches instalados en hilera recta, son bastante sencillas. En una distribución de una sola hilera, determine primero la distancia del borde en cada extremo de la hilera, luego trace el paso de los remaches (distancia entre los remaches), como se muestra en la Figura 1-19. En la distribución de 2 hileras, trace la primera hilera como lo acabamos de describir, coloque la segunda hilera una distancia igual al paso transversal, desde la primera hilera y luego trace los puntos de los remaches en la segunda hilera, de manera que queden en un punto medio entre aquéllos que están en la primera hilera. En la distribución de 3 hileras, primero trace la primera y tercera hileras, luego determine los lugares en donde se van a colocar los remaches de la segunda hilera, usando una regla, como se muestra en la Figura 1-19.

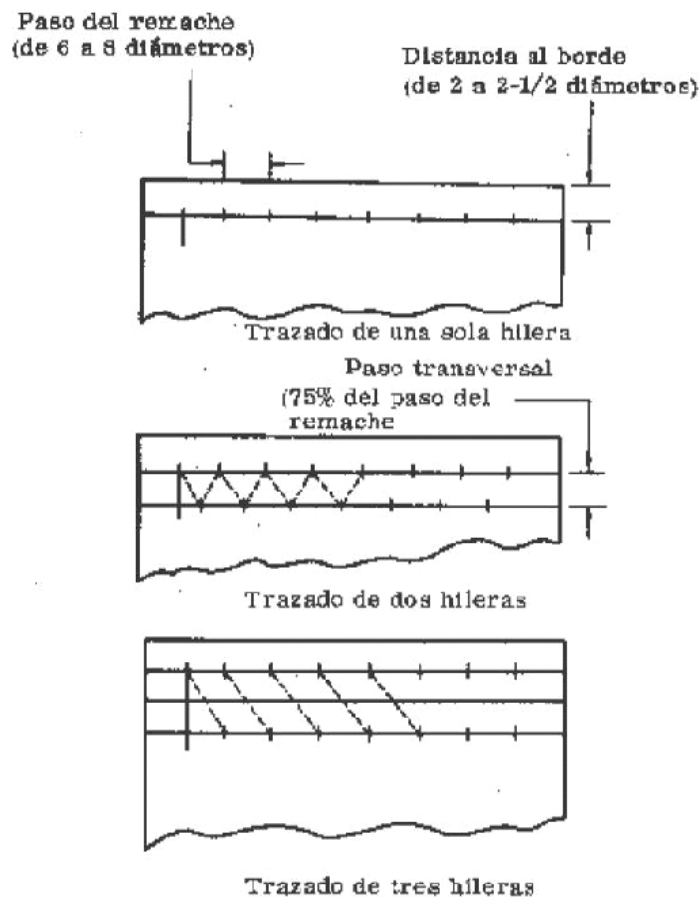


Figura 1-19 Espaciamiento de los remaches

### **1.2.19. MANERA DE TALADRAR HUECOS PARA LOS REMACHES.**

Se deben usar brocas espirales corrientes para taladrar los huecos para los remaches. Los lugares donde se van a taladrar los huecos para los remaches, deben ser marcados con un centro punzón y el trabajo de taladrar se debe hacer con un taladro de poca potencia. La marca del centro punzón debe ser lo suficientemente grande para impedir que la broca se resbale de su posición; sin embargo, no debe ser hecha con suficiente fuerza como para abollar el material circundante. Véase la figura 1-20. El trabajo de taladro se puede hacer con un taladro de mano si no hubiese disponible uno neumático. La velocidad de la broca es más lenta cuando el trabajo se hace a mano. Hay una tendencia a aplicar más presión; por consiguiente, se puede formar una rebaba cuando la broca atraviesa el material.

Es muy importante que el agujero del remache sea del tamaño y forma correctos y que no tenga rebabas. Si el agujero es muy pequeño se arrancará la capa protectora del remache al insertar éste en el agujero. Si es demasiado grande, el remache no lo llenará por completo al remacharlo, la unión no desarrollará toda su resistencia y puede ocurrir una falla estructural en ese punto.

Si fuera necesario avellanar el agujero, tome en consideración el espesor del metal y adopte el método de avellanado recomendado para ese espesor. Si es necesario hacerle hoyuelos, mantenga a un mínimo los golpes del martillo o las presiones para la formación de hoyuelos, de manera que no se produzca endurecimiento indebido en el trabajo en el área adyacente.

En algunos casos, el uso de un taladro de ángulo recto es especialmente ventajoso para taladrar en lugares restringidos, en pequeños herrajes y en abrazaderas. (Véase la figura 1-20).

LA PERFORACIÓN. Para hacer un agujero de remache del tamaño correcto, perfórelo primero a un tamaño un poco más pequeño; esto es lo que se conoce como preperforación o agujero guía. Escarie el agujero guía con una broca espiral del tamaño correcto para obtener la dimensión requerida. En el Tabla 1-7 se muestran los tamaños de la broca que debe usarse para hacer el orificio guía y

para escariar. La tolerancia recomendada para los agujeros de remaches es de 0.002 a 0.004 de pulgada.



Figura 1-20 Manera de taladrar huecos para los remaches

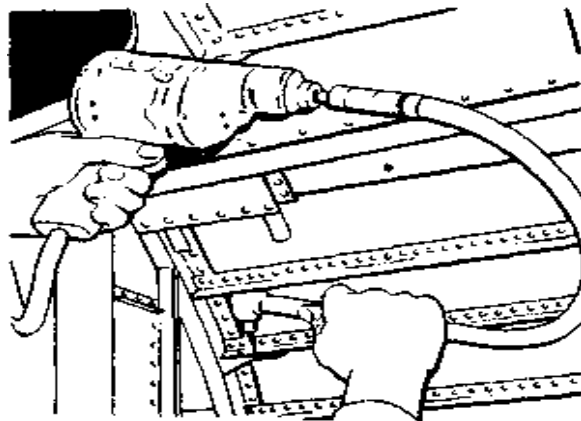


Figura 1-21 taladro de ángulo recto

Tabla 1-7 Tamaños de Broca Espiral para Hacer el Agujero y para Escariar

Diámetro de Remache	Tamaño de la Broca Para el Agujero Guia	Tamaño de la Broca Para Escariar
3/32	3/32 (0.0937)	40 (0.098)
1/8	1/8 (0.125)	30(1.1285)
5/32	5/32 (0.1562)	21 (0.159)
3/16	3/16 (0.1875)	11 (0.191)
1/4	1/4 (0.250)	F(0.257)
5/16	5/16(1.3125)	O (0.3 16)
3/8	3/8 (0.375)	V (0.377)

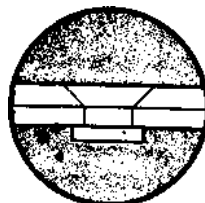
**1.2.20. AVELLANADO Y FORMACIÓN DE HOYUELOS.** Un avellanado hecho incorrectamente reduce la resistencia de una unión remachada al ras y puede hasta causar tallas en la lámina o en la cabeza de los remaches. Los dos métodos de avellanado comúnmente usados para el remachado al ras en la construcción y reparación de aviones son el avellanado a máquina o a broca y la formación de hoyuelos o avellanado a presión. El método apropiado para cualquier aplicación en particular depende del espesor de las piezas que se van a remachar, la altura y ángulo de la cabeza embutida las herramientas disponibles y la accesibilidad.

Como regla general, use el método de avellanado a broca cuando el espesor del material es mayor que el espesor de la cabeza del remache, y el método de formación de hoyuelos, en los materiales más delgados. La Figura 1-22 ilustra la regla para el avellanado y la formación de hoyuelos. Observe en la parte superior de la figura que el material es bastante grueso y que la cabeza del remache embutido se extiende sólo aproximadamente la mitad a través de la capa superior del metal. El avellanado dejará suficiente material para el agarre y no se producirán combas en el material.

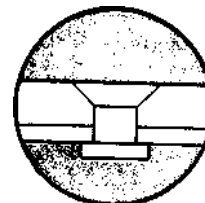
En el centro de la figura, la cabeza embutida penetra completamente hasta la capa superior. Esta condición es permisible, pero no muy satisfactoria para el mecánico



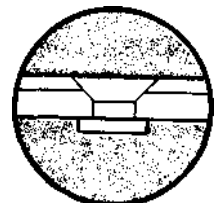
Avellanado preferido



Avellanado Inaceptable



Avellanado permisible



## Figura 1-22 Avellanado

El avellanado a máquina o a broca se lleva a cabo usando una herramienta cortante adecuada, labrada a máquina al ángulo conveniente, la cual corta el borde del agujero para que el remache embutido ajuste con toda precisión en la depresión.

Sostenga firmemente la herramienta de avellanar a ángulo recto con el material. No la incline. La inclinación de la herramienta alarga la "cavidad" e impide que la cabeza embutida del remache ajuste correctamente.

Formación de hoyuelos se puede efectuar por dos métodos. Se pueden usar juegos de dados machos y hembras o usar el remache como el dado macho y el dado de embutir como el dado hembra.

El remache debe quedar bien ajustado a la cavidad, a fin de obtener el máximo de resistencia.

Los dados para la formación de hoyuelos están hechos de manera que correspondan a cualquier tamaño y grado de cabeza de remache embutido existente. Los dados, por lo general, están numerados y la combinación correcta de punzón y dado que se debe usar está indicada en tablas especificadas por el fabricante. Tanto el dado macho como el hembra son hechos a máquina con gran exactitud y tienen superficies muy bien pulidas. El dado macho o punzón es de forma cónica para que corresponda a la cabeza del remache y tiene un pequeño eje guía concéntrico que entra en el agujero del remache y el dado hembra. El dado hembra tiene un grado correspondiente de avellanado dentro del cual acopla la guía macho.

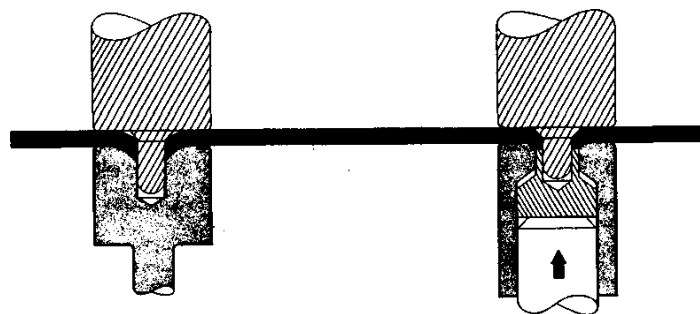
Cuando se realice el hoyuelo en un agujero, se debe apoyar el dado hembra en alguna superficie firme, poner el material en el dado hembra e insertar el dado macho en el agujero en el cual se va a hacer el hoyuelo; luego martille el dado macho, dándole varios golpes fuertes con el martillo hasta que se forme el hoyuelo.

En la formación de hoyuelos, el agujero guía del dado hembra es más pequeño que el diámetro del remache que se va a usar. Por consiguiente, el agujero del



remache debe ser escariado al diámetro exacto, después que se haya completado la operación de formación de hoyuelos para que el remache se ajuste bien.

Cuando se use un remache embutido como dado macho para la formación de hoyuelos, poner el dado hembra en la posición usual y apoyar contra una barra contrarremachadora. Poner el remache del tipo requerido dentro del agujero y golpearlo con un martillo neumático de remachar. A este método de avellanado se le llama con frecuencia "acuñación" (coin pressing) y debe usarse únicamente cuando el dado macho regular está roto o no se puede conseguir.



Formación radial de hoyuelos

Formación de hoyuelos por acuñación

Figura 1-23. Dados para Formación Radial de Hoyuelos y Acuñación

### PROCEDIMIENTO TÉRMICO DE FORMACIÓN DE HOYUELOS.

Consiste en dos procedimientos distintos: la formación radial de hoyuelos y la formación de hoyuelos por acuñación. La diferencia principal entre la formación radial de hoyuelos y por acuñación está en la construcción del dado hembra. En la formación radial de hoyuelos se usa un dado hembra macizo, mientras que en la formación de hoyuelos por acuñación se usa un dado hembra con martinete corredizo. (Vea la Figura 1-22). Es este martinete corredizo de acuñación el que hace que el proceso de formación de hoyuelos por acuñación sea superior.

La formación de hoyuelos por acuñación ofrece varias ventajas, algunas de las cuales son las siguientes: mejora la configuración del hoyuelo, produce una superficie aerodinámica de revestimiento más satisfactoria, elimina las rajaduras radiales y periféricas, garantiza una unión más fuerte y segura y permite que se usen dados idénticos, para la formación de hoyuelos, tanto en el revestimiento como debajo de la estructura.

Los materiales tales como el acero resistente a la corrosión, el magnesio y el titanio, presentan cada cual diferentes problemas de formación de hoyuelos.

Los hoyuelos por acuñación se pueden hacer satisfactoriamente en la aleación de aluminio 2024T, ya sea en caliente o en frío. Sin embargo, es posible que se produzcan rajaduras cerca del hoyuelo, con el método de formación de hoyuelos en frío, debido a los puntos duros del metal. La formación de hoyuelos en caliente evitará tales rajaduras.

Los dados de formación de hoyuelos con martinete por acuñación tienen ciertas características inherentes. Las caras de los dados macho y hembra son combas; el dado macho es cóncavo y el dado hembra es convexo, a un ángulo de  $2^\circ$  en la guía, lo cual facilita la retirada del metal después que se ha hecho el hoyuelo.

Cuando los dos dados se han cerrado al punto en donde las fuerzas de ambos están comprimiendo el material, el martinete de acuñación empuja a la fuerza el metal dentro de las esquinas agudas de los dados.

Cuando se hace formación de hoyuelos en frío los dados se usan solos. Cuando se emplea el procedimiento en caliente, se coloca sobre uno o ambos dados un calentador de tira o de bloque y se conecta a la corriente eléctrica.

Los dados deben mantenerse siempre limpios y en buenas condiciones de funcionamiento. Es aconsejable limpiarlos regularmente con lana de acero. Se deben tomar precauciones especiales cuando los dados están en la máquina. Si se hace funcionar la máquina con los dados puestos pero sin material entre ellos, el dado macho agrandará y dañará el martinete de acuñación.

Hay dos tipos de equipo que se utilizan en el procedimiento térmico de formación de hoyuelos: el formador de hoyuelos fijo y el portátil.

Siempre que sea posible, la formación de hoyuelos por acuñación se deberá hacer con el equipo fijo y antes de montar las piezas. Sin embargo, se presentan muchos casos en los cuales es necesario hacer los hoyuelos después que las piezas se han montado a otras estructuras. En tales casos las operaciones de formación de hoyuelos se llevan a cabo con equipos portátiles de compresión. La

mayoría de los remachadores de compresión se pueden usar para hacer hoyuelos en frío o combinarse con una caja de empalmes para la formación de hoyuelos en caliente.

Hay casos de formación de hoyuelos en los cuales no es posible usar ningún equipo de remachador de compresión ni del tipo de horquilla. En estas circunstancias es necesario usar un martillo neumático y una herramienta del tipo de barra remachadora para sujetar los dados formadores de hoyuelos.

## 1.3 HERRAMIENTAS

**1.3.1. CALZADOR DE AGUJEROS.** Cuando se reemplazan secciones del revestimiento por nuevas secciones se deben perforar los agujeros en la lámina de reemplazo y en el parche en forma tal que coincidan con los agujeros existentes en la estructura. Estos agujeros se pueden localizar con un calzador de agujeros de agujeros. La clavija de la pata inferior del duplicador entra en el agujero del remache existente. El agujero en la pieza nueva se hace taladrando a través del buje de la pata superior. Si el calzador se ha usado correctamente, los agujeros taladrados de esta manera quedarán perfectamente alineados. Para cada diámetro de remache que se use se deberá emplear un calzador diferente.



Figura 1-24 Duplicador de agujeros

**1.3.2. LOS CORTADORES DE REMACHES.** En caso de que usted no pueda obtener remaches del largo requerido, puede usar el cortador de remaches para cortarlos al largo deseado. Cuando use el cortador de remaches giratorio, introduzca el remache en el agujero correcto, coloque el número requerido de suplementos debajo de la cabeza del remache y apriete el cortador como si fuera un par de alicates. La rotación de los discos cortará el remache al largo correcto (de acuerdo con el número de suplementos introducidos debajo de la cabeza). Cuando use el cortador de remaches grande, colóquelo en un tornillo de banco, inserte el remache en el agujero apropiado y córtelo halando el mango. Si no hay disponibles cortadores de remaches corrientes, se pueden usar los alicates de corte diagonal como cortadores de remaches de emergencia.



Figura 1-25 Cortador de remaches

**1.3.3. LAS BARRAS CONTRARREMACHADORAS.** Una barra contrarremachadora es una herramienta que se sujeta contra el extremo del vástago de un remache mientras se está formando la cabeza de taller. La mayoría de las barras contrarremachadoras son hechas de un material de aleación en barras, pero las hechas de acero de más alto grado duran más y requieren menos reacondicionamiento. Las barras contrarremachadoras vienen en varias formas y tamaños diferentes, para facilitar el contrarremachado de los remaches en todos los lugares en los cuales se usan los remaches. En la Figura 1-24 se muestran algunas de las diferentes barras contrarremachadoras.

Las barras contrarremachadoras deben mantenerse limpias, lisas y bien pulidas. Sus bordes deben estar ligeramente redondeados para no dañar el material alrededor del punto donde se instala el remache. La superficie de la barra

contrarremachadora por lo general es cóncava para que se adapte a la forma de la cabeza de taller que se va a hacer y debe tener un radio ligeramente mayor que la cabeza, para obtener así un contrarremachado macizo y no dañar el material que se va a remachar. El peso medio de las barras contrarremachadoras es de seis libras. Estas barras contrarremachadoras algunas veces son llamadas "buterolas", "sufrideras" o "bloques de remachar".

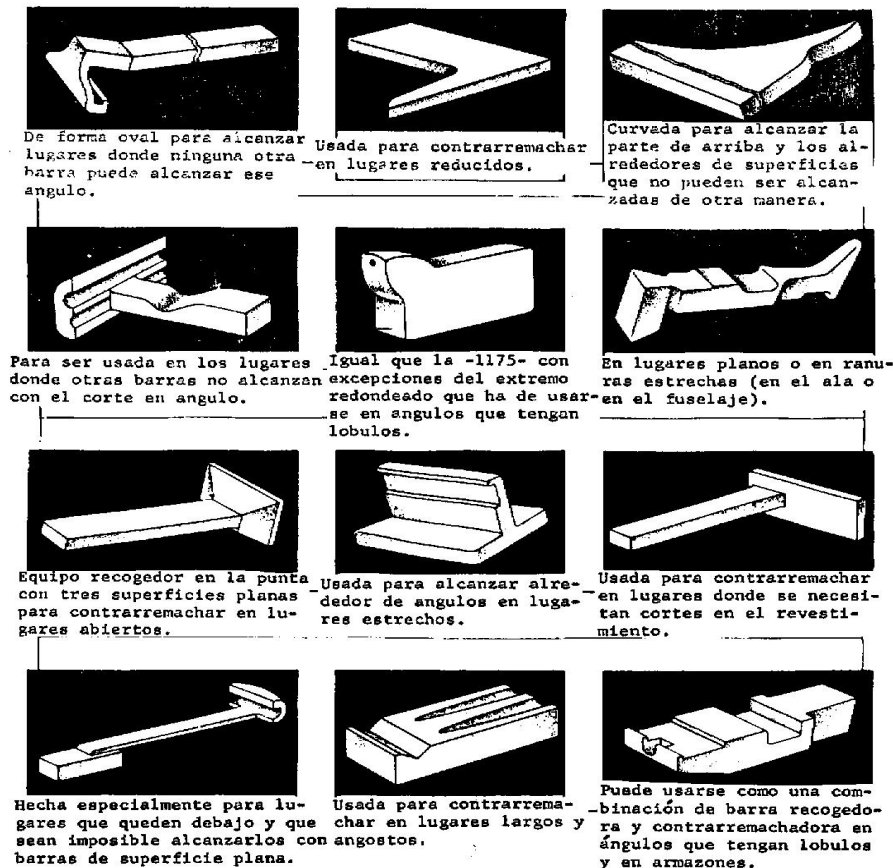


Figura 1-26 Tipos de barras contrarremachadoras

**1.3.4. BUTEROLAS DE MANO Y BUTEROLAS ESPECIALES.** Una buterola de mano es una herramienta provista de un dado para instalar un tipo particular de remache. Hay buterolas que se adaptan a todos los tamaños y formas de la cabeza del remache. La de tipo común está hecha de acero al carbono para herramienta, de ½ pulgada, es aproximadamente de unas 6 pulgadas de largo y está estriada para que no se resbale en la mano. Sólo la superficie de la buterola está endurecida y pulida. Las buterolas para los remaches de cabeza redonda y de cabeza brazier son cóncavas o en forma de copa para que se adapten a la cabeza del remache. Al escoger la buterola correcta, asegúrese de que proporcionará la tolerancia

adecuada entre la misma y los lados de la cabeza del remache y entre las superficies de metal y la buterola. Para los remaches embutidos o de cabeza plana se usa una buterola al ras o plana. A fin de asentar correctamente los remaches de cabeza embutida, asegúrese de que las buterolas planas tengan por lo menos 1 pulgada de diámetro.



Figura 1-27 Buterolas

Las buterolas especiales se usan para "estirar" las láminas a fin de eliminar cualquier abertura que haya entre ellas, antes de meter el remache. Cada buterola tiene un agujero de 1/32 de pulgada mayor que el diámetro del vástago del remache para el cual se hizo. Ocasionalmente la buterola y la herramienta para poner la cabeza del remache están incorporados en una sola herramienta. La parte de la herramienta para hacer la cabeza consiste en un agujero poco profundo para que la buterola ensanche el remache y forme la cabeza cuando se golpee con un martillo.

**1.3.5. CLECOS.** Antes de llevar a cabo cualquier trabajo de remachado, las láminas de metal deben sujetarse en forma segura en posición para evitar que se resbalen o se corran durante el procedimiento de remachado.

Hay una diversidad de afianzadores o clecos de revestimiento disponibles para alinear los huecos u orificios. Estos vienen dados en diferentes dimensiones, dependiendo del diámetro del agujero son muy útiles al momento de remachar o hacer perforaciones ya que no permiten que las láminas se muevan (Figura 1-25)



Figura 1-28 Afianzadores o Clecos

**1.3.6. PISTOLAS REMACHADORAS NEUMÁTICAS.** La herramienta más común para formar cabeza en los remaches, que se usa en el trabajo de reparación de estructuras de aviones es el martillo neumático liviano, de acción lenta, llamado pistola remachadora. Las pistolas remachadoras neumáticas se pueden obtener en diferentes tamaños y formas (vea la Figura 1-26). La capacidad de cada pistola remachadora, según la recomienda el fabricante, está usualmente estampada en el cilindro de la misma. Las pistolas remachadoras funcionan con presiones de aire de 90 a 100 libras por pulgada cuadrada.

Las pistolas remachadoras neumáticas se usan junto con las buterolas intercambiables de varios tamaños y formas que se adaptan al tipo y ubicación del remache. El vástago de la buterola tiene una forma especial para que entre en la pistola remachadora neumática. La fuerza necesaria para contrarremachar el remache la proporciona un martillo accionado por aire dentro del cilindro de la pistola. Las buterolas están hechas de acero al carbono de alto grado y son tratadas térmicamente para darles resistencia al desgaste y hacerlas fuertes.

Algunas de las precauciones que se han de observar cuando se usan pistolas remachadoras son:

- La pistola nunca deberá apuntarse hacia ninguna persona en ningún momento. Tener presente que es una pistola remachadora y se ha de usar para un fin: remachar o instalar remaches.
- Nunca se debe oprimir el mecanismo del disparador a menos que sujete la pistola contra un bloque de madera o un remache.
- Nunca use la pistola remachadora como si fuera un juguete. No lo es, pero sí es una herramienta que se debe usar en la forma correcta para efectuar un trabajo.

Siempre desconecte la manguera de aire de la pistola remachadora cuando no se vaya a usar por mucho tiempo.

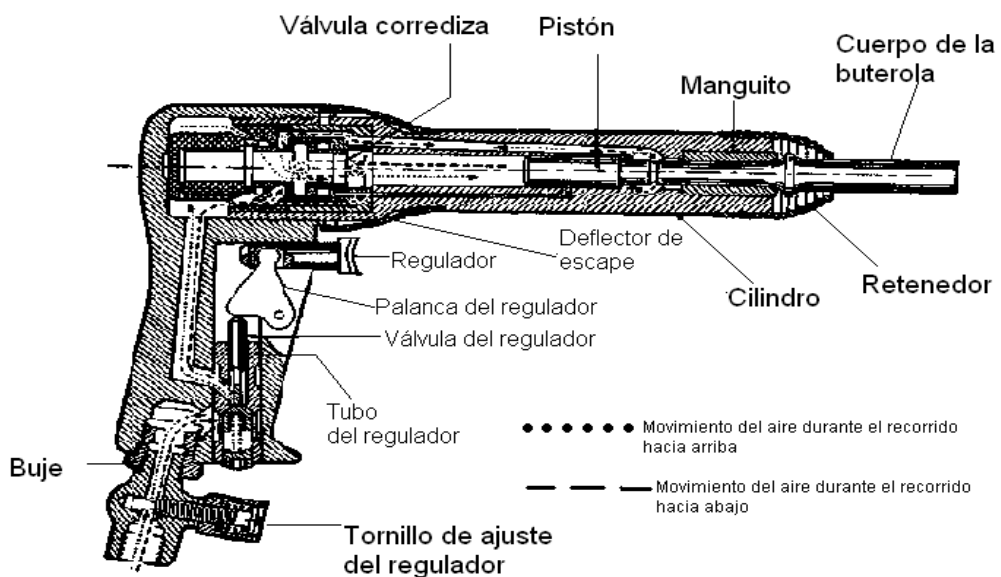


Figura 1-29 Remachadora neumática

Los remachadores de compresión. El método de remachado por compresión es muy limitado, ya que se puede usar únicamente sobre los bordes de la lámina o conjuntos, cuando lo permiten las condiciones y cuando el alcance del remachador de compresión sea lo suficientemente profundo.

Los remachadores de compresión son de tres tipos: el de mano, el neumático y el neumohidráulico. Los tres son básicamente parecidos, excepto que en el



remachador de compresión a mano la compresión es suministrada por la presión de la mano; en el remachador de compresión neumático, es suministrada por la presión del aire; y en el neumohidráulico por una combinación de presión de aire e hidráulica. Una de las quijadas está fija y sirve como una barra contrarremachadora, la otra quijada es móvil y hace el remachado. El remachado con un remachador de compresión es un método rápido y requiere solamente un operario.

Los remachadores de compresión están usualmente provistos de una horquilla en C o una horquilla de quijada de lagarto. Estas horquillas vienen en diferentes tamaños para usarse con cualquier tamaño de remache y cualquier clase de aplicación. La capacidad de trabajo de una horquilla se mide por su abertura y su alcance. La abertura es la distancia entre la quijada móvil y la quijada fija; el alcance es el largo interior de la garganta, medido desde el centro de las buterolas de extremo.

Las buterolas de extremo para los remachadores de compresión tienen el mismo propósito que las buterolas para los remachadores neumáticos y vienen con el mismo tipo de cabezas. Son intercambiables para usarlas con cualquier tipo de cabeza de remache. Una parte de cada buterola va insertada en la quijada fija mientras que la otra parte se coloca en la quijada móvil. La buterola de extremo para la cabeza fabricada se pone en la quijada fija siempre que sea posible. Sin embargo, durante algunas operaciones puede ser necesario invertir las buterolas de extremo colocando la buterola de extremo para la cabeza fabricada en la quijada móvil.

### **1.3.7. PRENSADOR DE REMACHE.**

El prensador de remache consiste en unas pinzas grandes que se usan sobre el borde del material para formarle la cabeza a los remaches. Los prensadores neumáticos de remaches se pueden usar con quijadas del tipo de lagarto, oblicuas de lagarto y del tipo C.

Como quiera que el prensador de remache se pueda usar únicamente sobre el borde de la lámina donde las condiciones lo permiten, su aplicación necesariamente es limitada.



Figura 1-30 Prensador de remaches

## CAPÍTULO II

### 2. ESTADO DE LA SITUACIÓN ACTUAL



Figura 2.1 Helicóptero en reparación

Después de realizar la compra del helicóptero se procede a hacer las respectivas inspecciones en el mismo para volverlo operativo.

#### 2.1. Inspección del stiffener.



Figura 2.2 Rajadura del stiffener

Luego de hacer las respectivas inspecciones, se pudo observar que en la parte superior del stiffener existe una rajadura de  $\frac{3}{4}$  de pulgada por lo que se procedió a

la revisión del manual (BHT-206-SRM-1), ya que esta pieza y el panel se condenan por su situación.

## **2.2. Inspección del panel.**

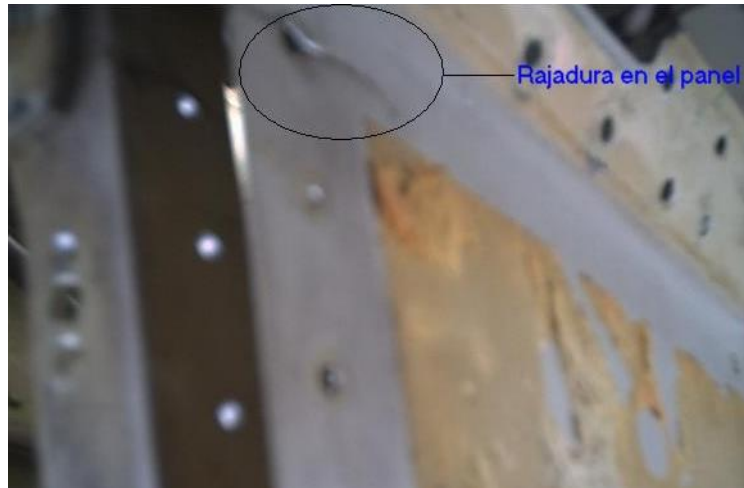


Figura 2.3 Rajadura en el panel

Se procede a hacer la inspección del panel derecho del túnel vertical de los controles de vuelo observando que en la parte superior existe una rajadura de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, por lo que se consulta al departamento de ingeniería de Bell Helicopter.

## **2.3. Revisión en el manual de reparación**

Después de observar los daños del stiffner y del panel se procedió a revisar el manual de reparación y se realizó una consulta a casa Bell sobre el mencionado problema.

INFORMACIÓN REQUERIDA DEL MANUAL DE REPARACIÓN  
ESTRUCTURAL BHT-206-SRM 1 SECCIÓN 5

### **REPARACIÓN ESTRUCTURAL**

HELICÓPTERO MODELO 206L-4, S/N 52081

TIEMPO TOTAL DE LA AERONAVE 2273.6 HORAS

STIFFENER DEL TÚNEL VERTICAL (CONTROLES)

REFERENCIA 206-033-110-239 STIFFENER Y 206-033-110-137 PIEL

## **RAZÓN PARA REPARACIÓN**

2.4. Fisura detectada en el Stiffener del túnel vertical, durante el proceso de inspección para devolver la aeronave a condición de vuelo

**REPARACIÓN DEL STIFFENER DEL TÚNEL VERTICAL DE CONTROLES, 206 L SERIES. Sección 5 página 5-6, parag. 5-1-1**

APLICACIÓN.

Reparación del stiffener vertical / ángulos stiffener

RESTRICCIONES

1.- La reparación puede ser cumplida en el marco de los requerimientos del Product Support Engineering (PSE). La aprobación de la FAA DER es requerida para cumplir esta reparación

## **NOTA**

EN LA MAYORÍA DE CASOS EL DAÑO ESTA UBICADO EN LA SECCIÓN CURVADA DEL STIFFENER HACIENDO SU REPARACIÓN IMPOSIBLE. ESTO HACE ENTONCES PREFERIBLE EL REEMPLAZO DE LA PARTE COMPLETA.

2.- Si el cumplimiento es en conjunción con la reparación del panel lateral (o si existe), el ángulo stiffener y las líneas de corte del panel deben estar separado por un mínimo de 3.0 pulgadas.

## **1.0 REQUERIMIENTO**

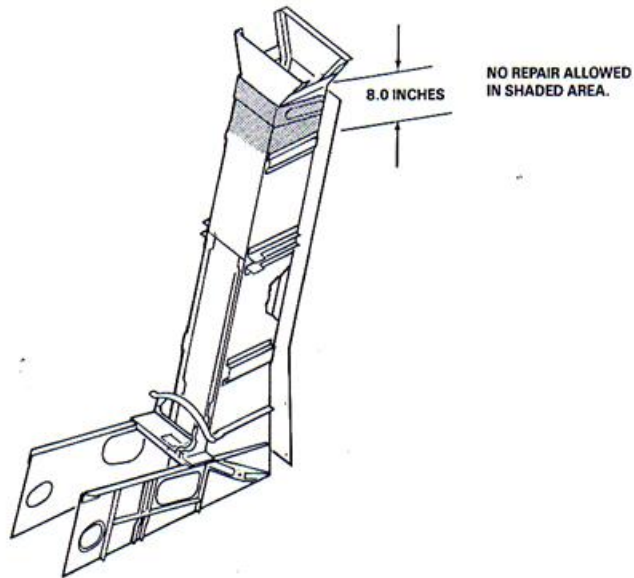
- ❖ Proporcionado por medio de Product Support Engineering (PSE)

## 0.0 PROCEDIMIENTO

- ❖ Proporcionado por medio de Product Support Engineering (PSE)

BHT-206-SRM-1

FAA APPROVED



5-1-1. CONTROLS TUNNEL SIDE WEB REPAIR, 206L SERIES.

Figura 2.3 Túnel de controles de vuelo

### REPARACIÓN DEL PANEL LATERAL DEL TÚNEL DE CONTROL, 206L SERIES.

**APLICACIÓN B.** Reparación del panel lateral dañado fuera de los límites establecidos en la Sección 3-6, 206L Series.

### RESTRICCIONES

- 1.- Cualquier sección del panel (piel) puede ser reemplazado. Sin embargo la línea de corte esta ubicado entre la W. L. 37.0 y la W. L. 61.0.
- 2.- Si el cumplimiento es en conjunción con una reparación de la unión del ángulo vertical stiffener, ángulo y las líneas de corte deben ser separados por un mínimo de 3 pulgadas.

3.- Partes dañadas, las cuales sirven para ubicar puntos de eje (soporte) para el sistema de control deben ser reemplazadas

4.- Solamente una unión (junta) es permitida por lado.

## **1.0 MATERIALES REQUERIDOS**

1.1 Panel (piel) aleación de aluminio 2024T3, QQ-A-250/5, 0,025 pulgadas de espesor.

1.2 Doblador, material utilizado 150-021-10B (W)-(L)

1.3 Remaches

- M7885/2-4 tamaño sobre pedido

- MS20470 AD4/AD5 tamaño sobre pedido

1.4 Sellante (Ítem S392)

1.5 Primer epóxico (ítem S204)

1.6 Adhesivo (ítem S317)

1.7 Hojas de procesos.

    Limpieza (para. 3-2-5)

    Pegado (para. 3-2-7)

## **2.0 PROCEDIMIENTO**

2.1 Obtener acceso al área afectada. Retener las partes removidas para instalación posterior. Registre clase, tamaño y ubicaciones de los remaches removidos.

### **NOTA**

ALGUNOS TUBOS DE CONTROL TIENEN QUE SER REMOVIDOS Y RETENIDOS PARA PERMITIR ACCESO

2.2 Corte la parte dañada del panel.

## **NOTA**

PROTEJA LOS STIFFENERS U OTRAS PARTES DEL TÚNEL DE CONTROL DE DAÑOS CUANDO CORTE EL PANEL

- 2.3 Eliminar los perfiles cortantes, remueva limallas y material removido
- 2.4 Prepare la nueva sección conforme las dimensiones del panel removido.
- 2.5 Prepare las dimensiones de la unión doblada.
- 2.6 Ubique el nuevo panel, la unión doblada. Fijar el remache maestro y perfore los nuevos orificios. Mantener apropiada distancia límite y espacio
- 2.7 Separe las partes, limpiar las perforaciones y remover rebabas.
- 2.8 Asegure el nuevo panel usando los remaches especificados en 1.3.

## **NOTA**

NO INSTALE REMACHES COMUNES EN LAS UNIONES DOBLADAS

- 2.9 Limpie el área reparada para preparar el pegado
- 2.10 Ubique y pegue el refuerzo en posición usando el adhesivo pegante especificado en 1.6
- 2.11 Asegure el refuerzo usando los remaches especificados en 1.3 .

## **NOTA**

INSTALE LOS REMACHES MIENTRAS EL ADHESIVO ESTA FRESCO

- 2.12 Remueva el exceso de adhesivo prensado hacia fuera.
- 2.13 Permita el curado a una temperatura del sitio por 24 horas aplicando una presión de 0,5 a 1,0 psi. al refuerzo.
- 2.14 Prepare toda la superficie desnuda usando el material especificado en 1.5. Permita secar.



- 2.15 Selle todas las aristas del área reparada usando el material especificado en 1.4.
- 2.16 Inspeccione por vacíos y áreas despegadas.
- 2.17 Retoque la pintura como requiera.

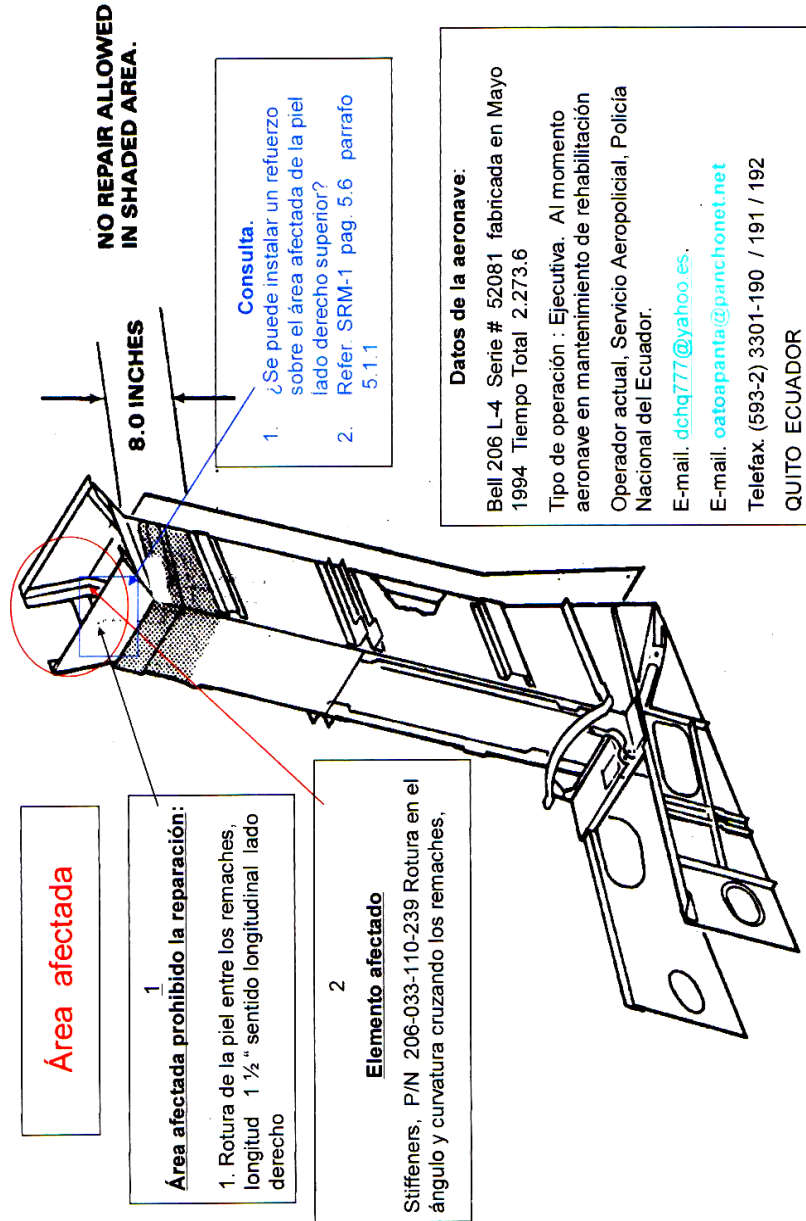


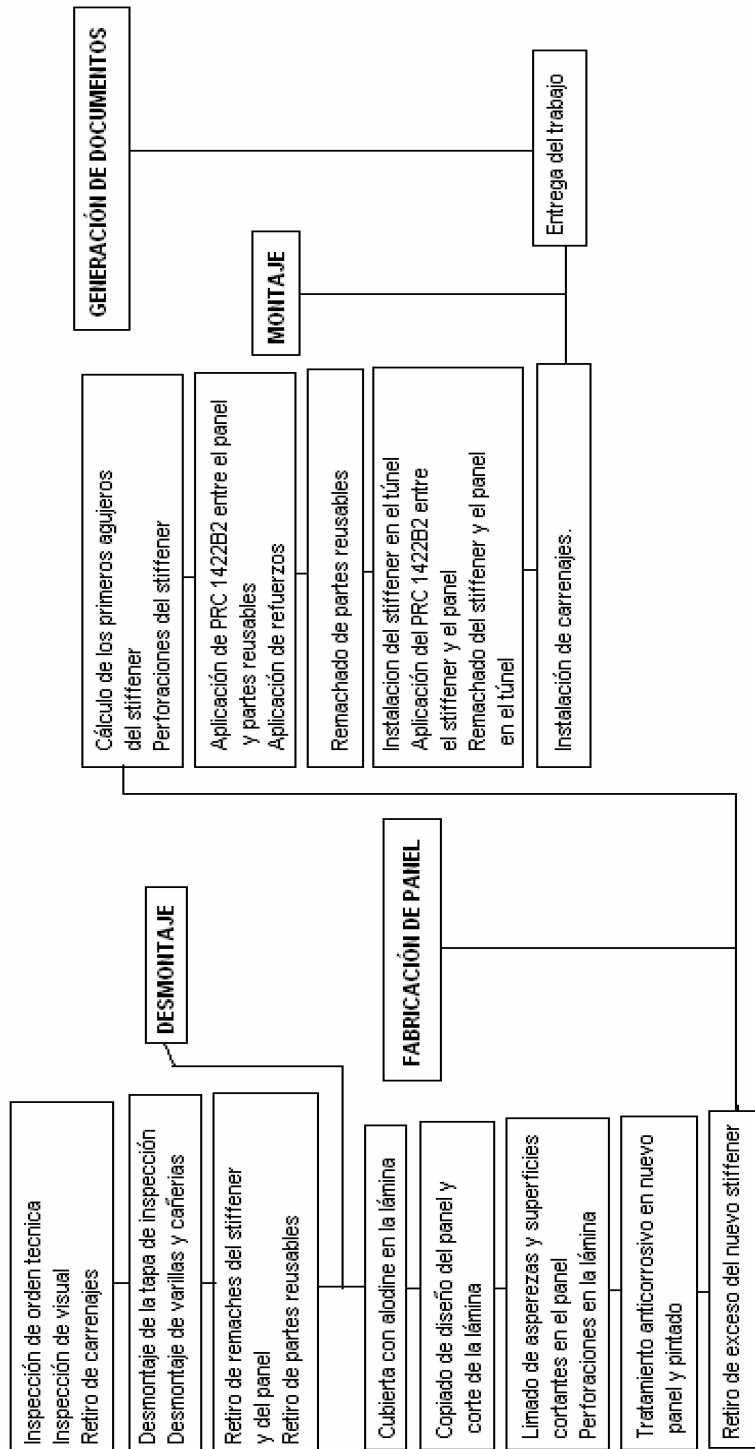
Figura 2.4 Consulta sobre la rajadura del panel a la compañía BELL

La compañía responde que la reparación el la piel no es posible y que se debe sustituir por una nueva.

# CAPÍTULO III

## 3. REPARACIÓN

Diagrama 1-1. Diagrama de Flujo de Procesos de la Reparación



### 3.1. Herramientas y materiales utilizados en la reparación

Las herramientas utilizadas en esta reparación son las siguientes:

- ✓ Calzadores de agujeros
- ✓ Cortadores de remaches
- ✓ Las barras contrarremachadoras
- ✓ Buterolas
- ✓ Afianzadores y prensas de preremachar
- ✓ Pistola remachadora neumática



Figura 3.1 Herramientas utilizadas

También se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Remaches de cabeza redonda y plana, de 1/8, 3/32, 5/32, 3/16 pulgadas.
- ✓ Lámina de aluminio 2024T3, 0,025 pulgadas de espesor.
- ✓ Stiffener. (las herramientas y los materiales están explicados en el capítulo anterior)



Figura 3.2 Materiales

### 3.2. Procedimientos de desmontaje

Luego de la revisión del manual y de la respuesta de compañía Bell acerca de la piel del túnel de controles de vuelo. Se procede a retirar las partes afectadas.

- Se procede a retirar los carenajes plásticos que se encuentran alrededor del túnel.
- Se desmonta la tapa de inspección del túnel central.

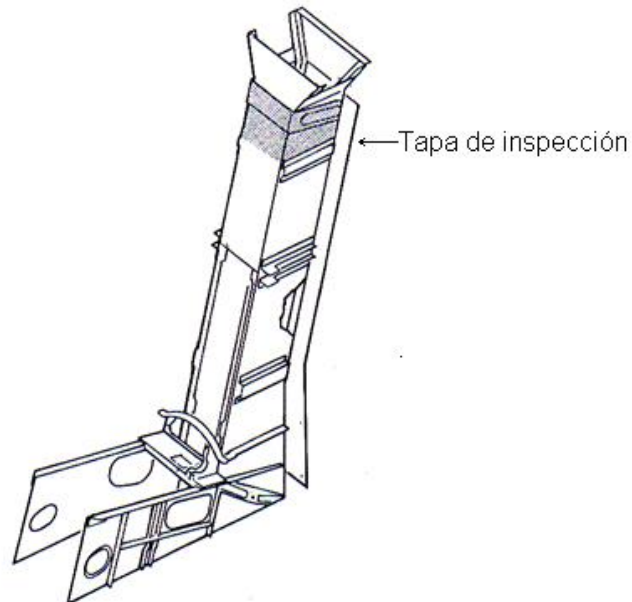


Figura 3.3 Tapa de inspección

- Se desmonta varillas y cañerías que impiden el acceso para realizar los trabajos



Figura 3.4 Cañerías alojadas en la parte del túnel

- Se procede a la quitada de remaches de la piel derecha del túnel, teniendo precaución de las partes que serán reutilizadas en la nueva piel.



Figura 3.5 Retiro de remaches

- Se remueve el panel del túnel



Figura 3.6 Retiro del panel

- Se retira las partes reusables del panel



Figura 3.7 Partes reusables

- Se procede a retirar los remaches del stiffener para su desmontaje (en el siguiente gráfico se puede observar la rajadura del stiffener)

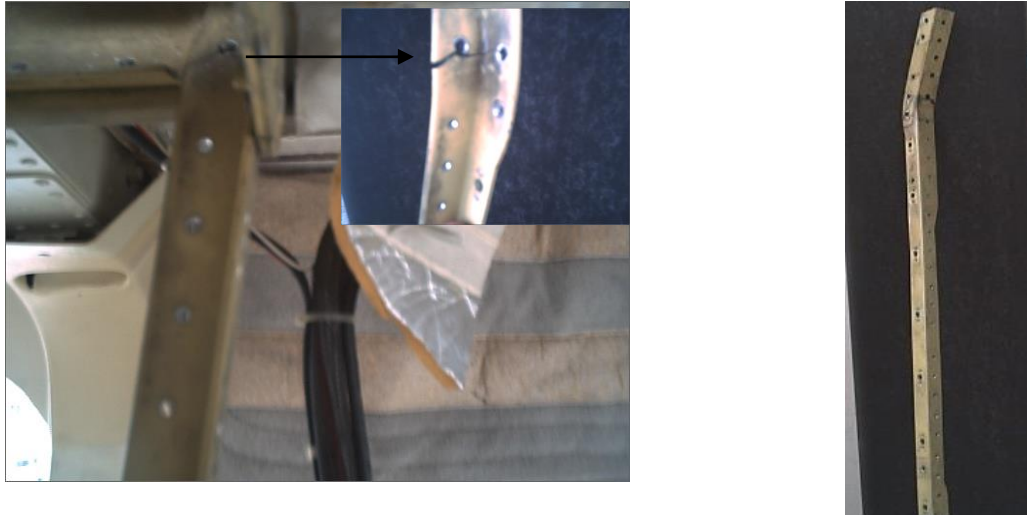


Figura 3.8 Retirada del stiffener

Nota: Se deberá tener en cuenta para su reemplazo el tipo de remaches existentes.

### 3.3. Procedimientos de fabricación del panel

El panel debe ser sustituido por otro por lo que se procede a la fabricación del mismo:

- La nueva lámina debe ser cubierta con alodine para la protección contra la corrosión.



Figura 3.9 Lámina

- Tomamos el panel dañado y empezamos a copiar el diseño del mismo, pasando los agujeros del uno al otro y afianzándolos con clecos para que no se muevan y no cometer errores.



Figura 3.10 Copiado del panel en la lámina

- Se procede a realizar las perforaciones que tiene el panel en donde van alojados ciertos elementos.



Figura 3.11 Perforaciones en la lámina

- Se realiza el cortado de la lámina para darle la forma del panel obsoleto removido del túnel.
- Se liman las superficies cortantes. Se retiran las rebabas de los agujeros. Como el material es muy delgado no se puede aplicar el avellanado y siguiendo el panel anterior se realiza embutido en los agujeros, de algunas secciones, para las partes donde se requería este trabajo.





Figura 3.12 Corte de la lámina

- Una vez realizados todas las perforaciones y agujeros para los remaches, se trabajó en la curvatura de la parte superior del nuevo panel. Y así la lámina queda convertida en el nuevo panel.



Figura 3.13 Nuevo panel

- Previa instalación de las piezas reusables del otro panel se procede a aplicar tratamiento anticorrosión con alodine 1005 y pintura epóxica 5205.

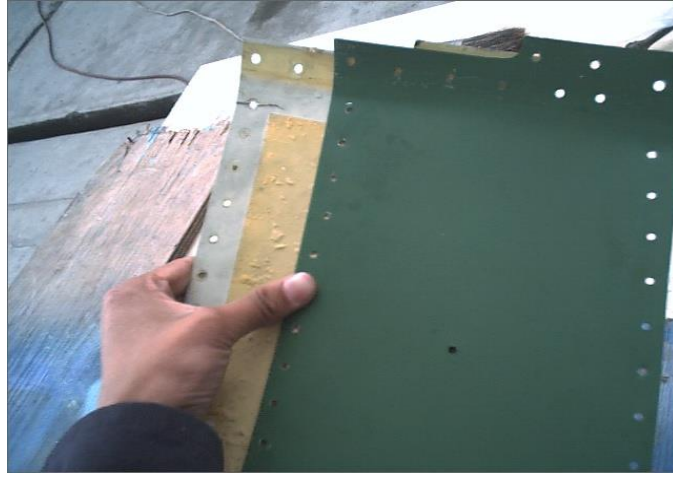


Figura 3.14 Panel pintado

### 3.4. Procedimientos de montaje

- ◆ Como se indica en páginas anteriores el stiffener no podía ser reparado por lo que otro nuevo fue enviado para su reemplazo.



Figura 3.15 Stiffener nuevo y Stiffener obsoleto

- ◆ El nuevo stiffener tenía un pequeño exceso en la longitud por lo que se esmerilo la parte inferior.

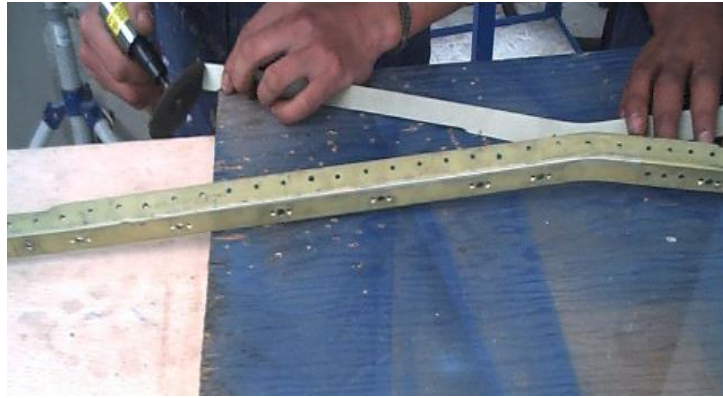


Figura 3.16 Esmerilada del stiffener

- ◆ Después de darle la longitud del stiffener anterior se realizo la medición en el panel, para que en lo posterior no se cometan errores con los agujeros para los remaches.



Figura 3.17 Medición del stiffener en el panel

- ◆ Se retiro el stiffener y se calculó los dos primeros agujeros donde estarían alojados los remaches, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.



Figura 3.18 Orificos en el stiffener

- ◆ Nuevamente instalamos el stiffener y lo afianzamos con clecos, instalamos el panel y le pasamos los agujeros del panel al stiffener.



Figura 3.19 Pase de agujeros del panel al stiffener

- ◆ Una vez seco el panel de la pintura se aplica PRC 1422B2 y realizamos el montaje de las parte retiradas del panel viejo, poniendo cada pieza en su lugar y sujetandolos con los clecos.



Figura 3.20 Instalación de las partes reusables

- ◆ Realizamos el procedimiento de remachado con mastinox de las piezas, teniendo en cuenta el diámetro y la longitud de los remaches removidos en el desmontaje. .



Figura 3.21 Remachado de las piezas reusables

- ◆ En algunas partes del panel tenían refuerzos, por lo que se tenía que tener en cuenta al momento de remachar.

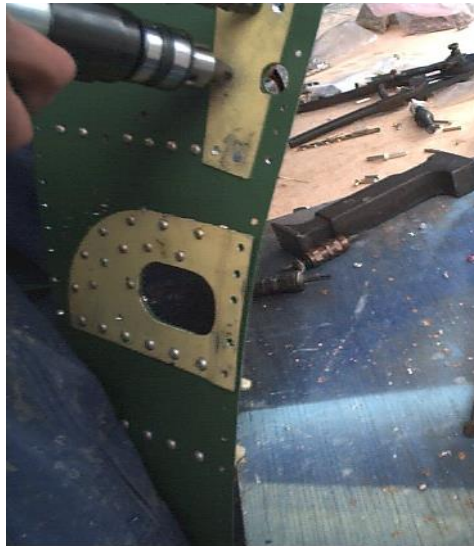


Figura 3.22 Refuerzos del panel

- ◆ Se instala el panel y el stiffener en el túnel, se los sujeta con clecos entre sí.



Figura 3.23 Stiffener y panel sujetos con clecos

- ◆ Se aplica nuevamente PRC 1422B2 en el stiffener y procede al remachado del stiffener con el panel en el túnel, con mastinox para evitar la corrosión.

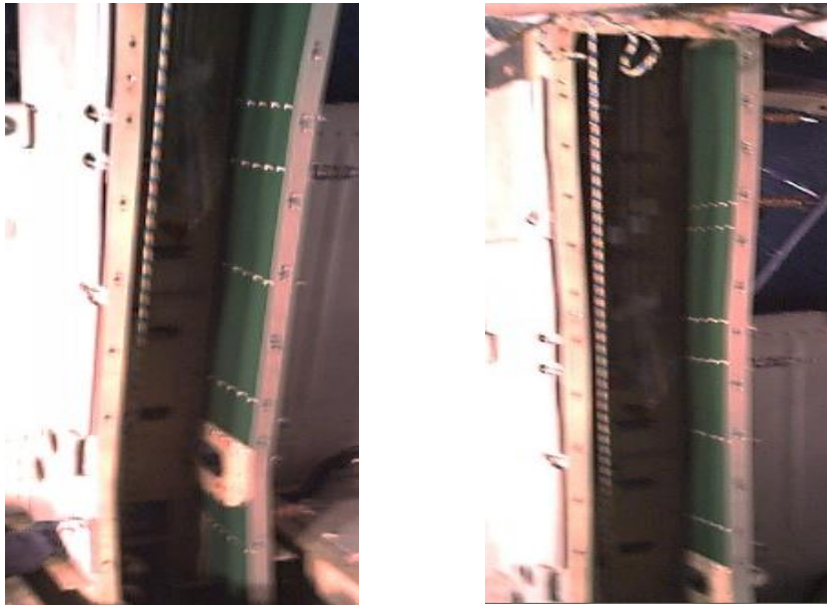


Figura 3.24 Remachado del panel junto al stiffener

- ◆ Para retirar el stiffener, se tuvo que sacar remaches hi-lock, que estaban ubicados en la parte superior del mismo. Y en la instalación del nuevo stiffener en el túnel se tuvo que volver a instalar otros remaches del mismo tipo.



Figura 3.25 Remaches hi-lock

- ◆ Una vez remachado se pone la tapa de inspección del túnel central retirada inicialmente, y se procede a la instalación de los carenajes plásticos.



Figura 3.26 Instalación de los carenajes plásticos.

### 3.5. Pruebas de funcionamiento

Después de haber concluido la reparación, los técnicos de mantenimiento de AEROPOLICIAL procedieron a instalar los demás sistemas del HELICÓPTERO MODELO 206L-4. Una vez que el avión esta en condiciones de operativo, salió a volar sin problema.

Se reviso la parte afectada luego del vuelo y no hubo inconvenientes con la reparación.



Figura 3.27 Prueba de funcionamiento



### **3.6. Requerimientos de inspección**

La inspección de la reparación se realizará por los técnicos de AEROPOLICIAL siguiendo el manual de mantenimiento del HELICÓPTERO BELL MODELO 206L-4, S/N 52081.

## CAPÍTULO VI

### 4. ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 4.1. Licitación de compañías para el trabajo

AEROPOLICIAL no contaba con técnicos calificados para realizar trabajos estructurales por lo que se licitaron compañías o técnicos para realizar estos trabajos.

Fueron dos las propuestas que interesaron mucho como se muestra a continuación.



AEROMASTER AIRWAYS S.A.

Av. Córdova GaLarza N7S-620 Helipuerto Metropolitano  
Ciudad de Quito'

Quito - Ecuador

Quito, a 12 de mayo de  
2004 14683M-AMSA-2004

Señores:

**CORPORACIÓN METROPOLITANA DE SEGURIDAD Y  
CONVIVENCIA CIUDADANA.**

Presente.-

**REF: COTIZACIÓN REPUESTOS E INSTALACIÓN DE STIFFENER 206  
L4. P/N 206-033-110-239 PARA EL HELICOPTERO HC-BYUT**

Estimado Señores:

En referencia al oficio No. 2004-384-SAP, con fecha 31 de marzo de 2004; habiendo recibido la autorización del Departamento Ingeniería de Bell Helicopter Textron, para proceder al cambio y reparación del Stiffener, me permito hacerle llegar la cotización solicitada, de los repuestos e instalación para el helicóptero HC-BYS, BELL 206 L-4.

STIFFENER 206 L4. P/N 206-033-110-239

Fabricación y recambio de panel lateral derecho (procedimiento BHT)

Reemplazo de Stiffener

Repuestos y Mano de Obra

(12 días de hábiles de un Técnico Especialista en Estructuras y un ayudante)

**TOTAL**

**US\$ 5,020 más IVA**

**Forma de Pago: 60 % a la confirmación de la cotización.  
40% a la entrega del trabajo.**

**En caso de aceptar la propuesta, por favor emitir el cheque a nombre de  
AEROMASTER AIRWAYS S.A.**

Favor, enviar la aceptación de esta propuesta, para su debida coordinación, vía  
fax o e-mail a: [mantenimiento@aeromasterairways.com](mailto:mantenimiento@aeromasterairways.com)

Seguro de contar con su atención, anticipo mi agradecimiento.

Atentamente



Cnl. Plto.(sp) Eduardo  
Valencia SUBGERENTE  
GENERAL AEROMASTER  
AIRWAYS S.A.

**Quito a 19 de mayo del 2004.**

Señores:

CORPOSEGURIDAD.

Presente.

Me permito remitir la siguiente cotización por trabajos estructurales para el helicóptero HC-BYS, Bell 206 L4, de acuerdo al SRM-206 A/B.

**Incluye:**

- Reemplazo de Stiffener., P/N 206-033-110-239.
- Fabricación y reemplazo de panel derecho túnel central,
- Repuestos, herramientas y mano de obra (04 días)

**TOTAL: 4100 USD. INCLUIDO IVA.**

**Son cuatro mil cien dólares americanos.**

**Forma de pago: A la entrega del trabajo realizado.**

En caso de ser aceptada la propuesta, favor confirmar al teléfono **09914252**, a la vez anticipo mis más sinceros agradecimientos

Atentamente.



Byron Duran Estrella  
Licencia DAC No. 2149MM1  
Habilitación Estructuras de aviones  
Anexo: Certificados, Licencia, habilitación DAC y proforma.

#### **4.2. Oferta ganadora**

Luego de revisar las dos licitaciones, se decidieron por la del técnico Byron Durán Estrella con licencia DAC N° 2149MM1 con habilitación en estructuras aviones. Por contar con las mejores condiciones para realizar el trabajo ya que el costo de mano de obra era menor a la de Aeromaster, el pago se le hacia al final de obra y el tiempo de reparación era mínimo.

#### **4.3. Análisis de costos del trabajo**

El Kit de reparación fue dado por AEROPOLICIAL, el kit consta de: Stiffener, lámina, remaches. Por lo que los valores de los materiales constan en los registros de esta institución. Así que el costo de de 4100 dólares fue de mano de obra (horas hombre y herramientas).

## **CAPÍTULO V**

### **1.1. CONCLUSIONES**

- La reparación se cumplió a cabalidad; se reemplazo el stiffener y construyo la piel derecha del túnel central de controles de vuelo.
- Los trabajos fueron cumplidos satisfactoriamente y en el plazo establecido.
- Los materiales utilizados cumplen con las especificaciones técnicas.
- La reparación fue una experiencia muy satisfactoria, ya que se pudo aplicar los conocimientos impartido en las aulas del ITSA.
- Se dejo en realce el buen nombre de la institución ya que la reparación no ha tenido ninguna novedad en 300 horas de vuelo.
- La reparación del stiffener y la piel es una acción real de lo que se hace en la vida profesional.
- El ITSA cuenta con información de la reparación como ejemplo para los estudiantes de mecánica-estructuras.

### **1.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ Asegurarse de que se cumplan todos los procedimientos y especificaciones técnicas establecidas en los manuales u ordenes técnicas de la aeronave.
- ✓ Al momento de cambio de partes, verificar que los mismos tengan el mismo número de parte o modificación aceptada por la FAA DER.
- ✓ El trabajo realizado fue muy satisfactorio para mi, como estudiante, por lo que debería el ITSA buscar que sus estudiantes tuvieran estas oportunidades de realizar reparaciones reales.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Degem System (1983) \_ Mecánica Básica \_ Materiales \_ Dirección General de Instrucción \_ Escuela Técnica Aeronáutica.
- ✓ Louis Renault \_ Manual Técnico de Herramientas Manuales NISSAN MEXICAN SADE CV\_ Departamento de Servicios.
- ✓ Departamento de la Fuerza Aérea Washington.1 de junio, 1964\_ Manual Número 52-11 \_ Mantenimiento y Reparación de Estructuras de Aviones \_ Adiestramiento Técnico.
- ✓ HSLAUSAF \_ 263 (24 Agosto del 59) \_ Serie de Manual de Ingeniería para la Reparación de Aviones \_ Manual General para Reparación Estructural \_ T.O.AN-1-1-A-1.
- ✓ BELL HELICOPTER TEXTRON (18 de febrero 1994) \_ Structural Repair Manual \_ for Bell Model 206 Series Helicopters \_ BHT-206-SRM-1.
- ✓ [www.reursos.cnice.mec.es](http://www.reursos.cnice.mec.es)

## GLOSARIO

- ✓ ALODINE.- Sustancia química la cual puede reemplazar al ALCLAD. Sirve de tratamiento anticorrosivo
- ✓ AN.- Numeración clave que han adoptado la fuerza aérea y la armada naval para identificar remaches en ordenes técnicas. Existen diferentes claves.
- ✓ CONVEXO.- Curva de una superficie, que se asemeja al exterior de una circunferencia o de una esfera.
- ✓ ENDURECIMIENTO.- Propiedad que tiene un metal en dureza y resistencia al esfuerzo cortante y a la resistencia al apoyo.
- ✓ MASTINOX.- Sustancia viscosa que se aplica a los remaches antes de remachar una pieza o unir láminas. Esta sustancia hace que el remache no tenga contacto directo con los agujeros realizados en las láminas.
- ✓ MARTINETE.- Mazo que sirve para batir algunos metales.
- ✓ MS.- Número de Norma Militar para identificación de remaches igual a las AN. Hay tablas de equivalencia entre para las claves.
- ✓ PRC.- Nombre de una de las compañías que trabajan en la fabricación de materiales de obturación. Los PRC tienen diferentes designaciones unos sirven para: sellar reparaciones en la parte de la cabina, otros para la sección de los tanques, para unir láminas. Los materiales de obturación sirven para que no haya fricción entre materiales (como por ejemplo PRC 1422B2). Existen tablas de equivalencia de materiales de obturación. Todo esto esta especificado por una orden técnica.
- ✓ SAE.- Sociedad de ingenieros de automóviles, especifican la composición de los aceros.



