



## 4<sup>to</sup> Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica



### PROCESOS DE RECERTIFICACIÓN DE PARTES SIN TRAZABILIDAD

M. Centeno<sup>a</sup>, D. Crespi<sup>a</sup>, G. Jeandrevin<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Programa Recuperación de Activos, FAdeA Av. Fuerza Aérea 5500 (X5010JMN) Córdoba, Argentina.  
<http://www.fadeasa.com.ar>

<sup>b</sup>DNNCT (Dirección Nacional de Normalización y Certificación Técnica), Ministerio de Defensa Azopardo 250 (C1107ADB)  
CABA, Argentina. <http://www.mindef.gov.ar>

**Palabras claves:** Trazabilidad, RAM, Recertificación

#### Resumen

La Trazabilidad es el conocimiento y registro del estado de los productos y partes desde su fabricación hasta su disposición final, permitiendo la reconstrucción de la historia, utilización, localización y procesos realizados. En el caso de que no se pueda comprobar o reconstruir la trazabilidad requerida de un determinado producto o parte, se procederá a verificar si existe un procedimiento aprobado por el fabricante o equivalente que permita verificar su función y ciertas características de diseño.

El Reglamento de Aeronavegabilidad Militar, que rige para las aeronaves con matrícula militar, impone que las partes utilizadas deben ser trazables. Con el fin de cumplir con la normativa fue necesario desarrollar un proceso que establezca los distintos pasos a seguir, hasta el último: la presentación ante la Autoridad Aeronáutica para la evaluación y aprobación.

En este trabajo se presenta el proceso general desarrollado y los distintos procedimientos particulares adoptados para las diferentes tipos de partes.

Estos procedimientos consisten, según el caso, en controles dimensionales, ensayos no destructivos (tintas penetrantes, corrientes Eddy, partículas magnéticas, ultrasonido, radiografías), ensayos metalográficos, ensayos mecánicos, entre otros. Y son determinados a partir de analizar los planos (en el caso de que estén disponibles), la función del elemento y las instrucciones de mantenimiento de la documentación técnica aplicable.

Se han realizado e implementado alrededor de 500 procedimientos obteniéndose resultados positivos ante la Autoridad Aeronáutica.

Luego de la experiencia puede concluirse que es factible desarrollar e implementar distintos procedimientos en partes aeronáuticas que no podrían ser montadas en las aeronaves por falta de trazabilidad al fabricante.

## 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta en este artículo forma parte del “*Plan de Verificación/Recuperación de Trazabilidad de Stock*”. Este proyecto está financiado por la Fuerza Aérea Argentina y realizado en FAdE conjuntamente con el Área Logística Córdoba (FAA) y la Dirección Nacional de Normalización y Certificación Técnica (Ministerio de Defensa).

La implementación está a cargo de un equipo multidisciplinario formado por áreas de Logística, Aeronáutica, Electrónica y Metalurgia. Además de los tres autores listados han participado en el desarrollo del trabajo Bianca Romina Corradi, María Cristina Garcia, Micaela A. Fioretti, Maximiliano C. Paccioretti, Fernando A. Nasca, Nicolás Emmanuel Gómez, Gerardo Outes Velarde, Daniel Ugarte, Alexander P.O. Ronco Litterini y Diego C. Costanzo.

El Mantenimiento de Aeronaves tuvo un cambio marcado a partir de que se comenzó a exigir la aplicación del Reglamento de Aeronavegabilidad Militar (RAM), que rige para aeronaves con matrícula militar y que impone, entre otras cosas, que las partes utilizadas deben ser trazables. Antes de dicha exigencia, las aeronaves se reparaban y mantenían mediante la utilización de elementos (repuestos) sin trazabilidad asegurada; y esta cuestión podía traer aparejado situaciones de inseguridad o hasta en algunos casos llegar a la falla en el funcionamiento de la aeronave por el repuesto montado.

¿Y qué es la Trazabilidad? Definimos este concepto diciendo que es el respaldo que garantiza el correcto y seguro desempeño de un elemento o conjunto aeronáutico (repuestos en este caso) necesario para el mantenimiento de una aeronave. Este respaldo se obtiene a través del conocimiento y registro de los elementos aeronáuticos desde su fabricación, localización y almacenamiento hasta su utilización.

Como se expresó, en la actualidad bajo el cumplimiento de la normativa vigente, los repuestos a utilizar deben tener trazabilidad asegurada, o sea que todos los elementos usados deberán tener la documentación que la garanticen para un desempeño seguro. En caso de no contar con dicho respaldo que compruebe la procedencia requerida de un producto o parte determinada, el RAM en la DIRAM Parte 6 expresa:

### 6.D.60. TRAZABILIDAD

- (a) Es el conocimiento y registro del estado de los productos y partes desde su fabricación hasta su disposición final, permitiendo la reconstrucción de la historia, utilización, localización y procesos realizados.
- (b) En el caso de que no se pueda comprobar la trazabilidad requerida de un determinado producto o parte, con aprobación del OSRA, se procederá del siguiente modo:
  1. Analizar si se puede reconstruir la trazabilidad, en caso contrario verificar si existe un procedimiento aprobado por el fabricante o equivalente.
  2. Si no se pudo cumplir con el punto 1:
    - 2.1 Si el elemento admite recorrida y no tiene límite de vida, se procederá a realizar la intervención de mayor nivel establecida en el programa de mantenimiento y se iniciará un nuevo historial o registro dando indicación clara de esta condición.
    - 2.2 Si el elemento tiene límite de vida útil o no se puede recorrer se deberá descartar.

Figura 1: Texto DIRAM 6.D.60

Por tal, en las partes sin trazabilidad se estudia si existe algún procedimiento aprobado por el fabricante o equivalente que garantice su función y ciertas características con la que se diseñó dicha parte.

Cuando se encuentra un procedimiento aplicable a un elemento sin trazabilidad y se lo implementa, la documentación generada y luego evaluada y aprobada por la Autoridad Aeronáutica, constituye un equivalente de lo que se llama Certificado 8130-3M o Certificado de Conformidad, según el caso, el cual devolverá a la pieza la Trazabilidad buscada.

Las características y rigor de dicho procedimiento realizado, tendrá que ver con qué tipo de elemento se trabajará, del material con el que se encuentre fabricado, de su función dentro del conjunto superior en el que se encuentra montado, de los datos fehacientes que puedan obtenerse de él y de las exigencias que deba cumplir la pieza según lo establece el fabricante mediante manuales de mantenimiento u Overhaul y/o planos de fabricación.

¿Por qué un material puede perder o no tener su trazabilidad? Existen varias razones que provocan dicha pérdida. Una de ellas es que muchas veces se adquieren repuestos de empresas que no son fabricantes directos de los mismos, es decir, que son empresas terceras que adquieren material, lo almacenan bajo su propio criterio, y que luego proveen las mismas sin la documentación original. Otra razón tiene que ver con el tiempo y condiciones en que se almacenan los repuestos; los cuales pueden llegar a deteriorarse perdiendo sus embalajes y propiedades tanto físicas como mecánicas, por ello los materiales tienen planes de almacenamiento que están relacionados con el tiempo desde su fabricación, el control de condiciones ambientales del lugar (temperatura y humedad), posibilidad de utilizar protecciones especiales para preservarlos y el tipo de embalaje, entre los parámetros más importantes. Otra tiene que ver con la pérdida de trazabilidad para productos o partes usadas-desmontadas y pretenden ser reutilizados en otra aeronave sin los registros adecuados, siendo complicado determinar las horas o ciclos de funcionamiento, o si sufrió alguna falla en servicio o si su condición física o mecánica no era la óptima.

De esta manera, aplicando los procesos necesarios, se logra devolver al trazabilidad a muchos elementos que la habían perdido, lo cual resulta totalmente factible ya que los costos para recuperar los repuestos son mínimos en relación al precio de mercado que tiene el mismo si se lo necesita comprar, lo que representa un ahorro considerable para la FAA.

## 2. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

*DIRAM*: Directiva del Reglamento de Aeronavegabilidad Militar.

*DNNCT*: Dirección Nacional de Normalización y Certificación Técnica.

*F.A.A.*: Fuerza Aérea Argentina.

*OSRA*: Organismo Superior de Regulación de Aeronavegabilidad.

*R.A.M.*: Reglamento de Aeronavegabilidad Militar.

*Recuperación de Activos*: Devolver a los elementos la trazabilidad requerida para su posterior utilización de manera segura.

*Recertificación*: Se llama así al todo el proceso que tiene que ver con la recuperación de activos, desde que se toma la pieza; se la analiza, plantea, aprueba y aplica el procedimiento; se la embala y finalmente se almacena de manera controlada para su disposición.

*Scrap*: Todo material que no sea apto para ser utilizado. Las causas para considerar scrap un elemento pueden ser variadas: elemento con vida útil vencida, en mal estado,

*Sistema de Arma*: Se denomina así a las aeronaves de las distintas fuerzas armadas. Ejemplo: IA-58 Pucará.

*Trazabilidad*: La trazabilidad es la aptitud para rastrear la historia, la aplicación o la localización de un elemento o material mediante documentos o indicaciones registradas.

## 3. PROCESO RECERTIFICACION

### 3.1. Proceso General

El Proceso de Recertificación comienza cuando se toma conocimiento de que los elementos en estudio no poseen trazabilidad asegurada.

El primer paso es el de **selección del elemento** dentro del depósito o la entrega del mismo por parte de algún usuario interesado.

El segundo paso consiste en un **análisis preliminar** que incluye definir a que Sistema de Arma o Aeronave pertenece, las condiciones en que se encuentra respecto a su aspecto físico (si están óptimas o tienen presencia de óxidos, rayas, grietas, suciedad, etc), las condiciones del embalaje del fabricante que demostrarán fehacientemente la originalidad de la pieza, si está identificado el número de parte, de serie y/o lote, si tiene o no lubricante de protección, fechas y lugar de almacenamiento o abastecimiento, tarjetas de identificación de la parte ya sea original de fábrica o elaborada por el organismo propietario de la misma.

El resultado de este análisis es la clasificación en scrap, Potencialmente Trazable o Trazable de la parte. Los elementos Potencialmente Trazables serán los únicos que se les desarrollará un procedimiento para evaluar sus condiciones de diseño.

El tercer paso consiste en el **desarrollo del procedimiento de recertificación**. El mismo consta de la búsqueda de información detallada de la parte, la cual abarca: análisis de conjunto superior donde va montado,

cuál es su función dentro del producto donde va montado, si posee números de parte alternativos o equivalentes, ciclo de vida del elemento, entre otros.

Para realizar el procedimiento, será necesario contar con toda la documentación disponible del fabricante de la aeronave como Catálogo Ilustrado de Partes, Manuales de Mantenimiento, Manual de Mantenimiento de Componentes, Manuales de Overhaul, Planos, Estándares aplicables, donde se detalle todo lo referido a las condiciones de funcionamiento de los distintos sistemas que incluye una aeronave, y que se utiliza para respaldar los ítems que contiene el procedimiento de recertificación.



Figura 2: Diagrama de Flujo resumido de Proceso de Recertificación

El cuarto paso consiste en la **implementación del procedimiento** en talleres o laboratorios habilitados según la tarea específica a realizar.

Una vez que se cumplieron todas las tareas detalladas para el elemento se analizan los resultados obtenidos; si los elementos pasaron sin novedad cada instancia, se está en condiciones de definir al procedimiento cumplimentado como alternativo de la trazabilidad, y si hubo alguna novedad y esta se puede salvar, se repite la tarea y si no, se definirá como scrap.

En la instancia final, se presenta toda la información a la **Autoridad Aeronáutica**, quien aprobará o no el proceso. Si no se aprueba, se modifica el procedimiento tantas veces sea necesario. Una vez aceptado, las piezas adoptan estado servicial y, está en condiciones para ser almacenada o utilizada.

En el caso del que el elemento sin trazabilidad admita ser ensayado, reparado u overhauleado, se debe realizar el mayor nivel de intervención en un taller de mantenimiento habilitado y de esta manera obtener el retorno al servicio de la parte y su certificación, el Formulario 8130-3M o similar.

En caso de que un elemento tenga vida útil y la misma se desconozca o se encuentre vencida, se deberá descartar.

### 3.2. Tipos de Ensayos y/o Procesos Típicos en el Procedimiento de Recertificación

A continuación se detallan los ensayos y/o procesos que pueden utilizarse en los procedimientos equivalentes o de recertificación:

#### 3.2.1. Limpieza

Lo primero que debemos realizarle a los elementos que estemos analizando es la limpieza de los mismos. La superficie de una pieza se considera limpia cuando no exista ningún material extraño en ella, tales como grasa,

residuos de aceite, polvo o contaminación que pueda afectar a procesos posteriores, como el tratamiento térmico, protección superficial, de unión, de soldadura y otros.

Dependiendo del tipo de material con el que este conformado el elemento o bien la geometría del mismo, dependerá el tipo de limpieza que le realicemos, entre las más utilizadas podemos nombrar:

- Desengrase en forma manual.
- Desengrase alcalino.
- Limpieza por ultrasonido.
- Decapado ácido.
- Limpieza abrasiva por medio de chorro de partículas.

Terminado con este proceso, en caso de que sea necesario porque la parte posee restos de óxido (en el caso de materiales metálicos) se deberá aplicar un desoxidado. Este dependerá del tipo de metal del elemento.

- Desoxidado alcalino, para materiales como acero, aceros inoxidable, aleaciones de cromo y níquel.
- Desoxidado ácido, para materiales como aluminio, magnesio y sus aleaciones.

Este proceso debe aplicarse antes de realizar una protección superficial permanente al elemento.

### **3.2.2. Inspección Visual**

Con los elementos en condiciones luego de la limpieza, el primer control aplicado a los elementos es la inspección de mesa. La inspección visual o inspección de mesa hace posible filtrar aquellos elementos que se encuentren con novedades que impidan su correcto uso (por ejemplo tornillos con roscas en mal estado, soportes deformados, excesos de corrosión, etc.) e ir dando disposición de forma rápida a los elementos. Además de que ordena el proceso de recertificación al obtener las novedades de los elementos tempranamente, ya que de obtener el apto visual por ejemplo, se puede omitir algún paso referido a la protección superficial permanente en caso de ser necesario.

### **3.2.3. Control Dimensional**

Se utiliza para verificar que los elementos analizados se corresponden con las especificaciones geométricas dadas por el fabricante.

Para realizar éste control se le brinda al personal calificado la documentación provista por el fabricante (planos del elemento o la sección de inspección del manual de mantenimiento u overhaul) o en caso de no disponer de la misma puede recurrirse a la información provista por los distintos sistemas de catalogación o pieza comparativa.

Éste control es muy útil para detectar cuando un elemento se encuentra mal identificado.

### **3.2.4. Ensayos no destructivos (END)**

Los mismos son aprovechados para verificar la sanidad de un elemento o también las características de un material. Los mismos son sugeridos como parte del procedimiento de recertificación cuando:

- Se encuentre como parte del procedimiento de overhaul.
- Cuando está implementado en una norma de algún estándar (tornillo, esparrago, etc.) como proceso de verificación de calidad de fabricación.
- Cuando de acuerdo a la función del elemento dentro del conjunto superior en el que se encuentren montado (elementos que puedan ser calificados como “TIPO I” por ejemplo).
- Cuando no existe documentación que verifique que el lote del elemento analizado fue realmente fabricado por el proveedor contemplado en los manuales o sistema de catalogación.

Son 5 (cinco) los END que pueden ser solicitados:

- *Tintas penetrantes*: Ensayo que permite determinar defectos superficiales de los elementos. No se recomienda aplicar el ensayo para casos con protecciones superficiales permanentes (cadmiado,

anodizado, etc.) ya que la misma protección puede tapar las heterogeneidades del material base. Se aplica en todos los materiales en los cuales se puede aprovechar la propiedad física de penetración y capilaridad.

- *Partículas magnetizables*: De alcance superficial y subsuperficial es sólo aplicable a metales ferromagnéticos. Permite la detección de heterogeneidades que no se encuentran expuestas a la superficie.
- *Ultrasonido*: Método de inspección volumétrico basado en la propiedad física de la impedancia acústica de los materiales. Se emplea para determinar la sanidad del material, para medir espesores y caracterizar los materiales (determinar tipo de aleación).
- *Corrientes Eddy*: Haciendo uso de campos magnéticos y corrientes inducidas puede evaluarse la sanidad del elemento. Aplica en materiales eléctricamente conductores y su capacidad de penetración es de acuerdo a la calibración del equipo. Es empleado tanto para determinar la sanidad de los elementos como también para caracterizar los mismos (determinar aleaciones).
- *Radiografía*: Ensayo aplicable a prácticamente todos los materiales, permite evaluar todo el volumen de un elemento aprovechando la capacidad de absorción de radiación ionizante del material y su efecto fotoquímico sobre una placa sensible.

Todos los ensayos son realizados por personal capacitado y calificado de acuerdo a los distintos niveles de las normas vigentes y utilizadas en aeronáutica. Los mismos son encargados de la ejecución del ensayo y de informar las novedades resultantes del mismo. Con las novedades informadas en el caso donde se verifique la sanidad de un elemento, el criterio de aceptación se determina de acuerdo a lo especificado en manuales o normas. De forma general, un elemento que no contempla la reparación de la novedad en el manual es declarado scrap. Cuando se quiere caracterizar el material, de informarse un material distinto al especificado en la documentación de referencia, el mismo se analiza a fin de evaluar si el mismo puede ser propuesto como un alternativo.

### 3.2.5. Protección Superficial

Es un proceso de fabricación o de reparación que se realiza para dar unas características determinadas a la superficie de un objeto. Estos procesos permiten según el caso:

- Controlar la dureza superficial.
- Asegurar una determinada rugosidad superficial.
- Aumentar la resistencia a la corrosión.
- Aumentar la resistencia mecánica.
- Asegurar las dimensiones finales.

A continuación indicaremos los procesos más requeridos separados de acuerdo a su aplicación:

- *Temporaria*:
  - Baño de aceite*: Apto para cualquier metal.
  - Fosfatizado* para aceros: Provee mordiente para procesos de protección final de la superficie.
  - Conversión Química del Aluminio*: Provee mordiente para un posterior proceso de pintura.
  - Cobreado por Electrodeposición*: Aplicado con fines de facilitar la conducción de corriente eléctrica o bien para proveer mordiente a posteriores procesos de protección superficial.
- *Final*:
  - Cadmiado*: Para aceros, cobre y sus aleaciones.
  - Plateado*: Para aceros.
  - Cromado Duro*: Provee protección a la corrosión, el desgaste y un ajuste final de las dimensiones.
  - Pasivado*: Aplicado a los aceros inoxidable, se trata de una oxidación superficial controlada.
  - Anodizado*: Empleado en el aluminio y sus aleaciones, provee resistencia a la corrosión.

*Pintura Epoxi:* Son resinas que se aplican sobre prácticamente cualquier superficie, provee una buena resistencia a la corrosión para el caso de los metales y para los no metales resistencia a las inclemencias del tiempo.

### 3.2.6. Verificación de Material

En ciertos casos puede ser necesario realizar la verificación del tipo de material de que está construida una parte para asegurar que los elementos en caso de ser montados van a ser capaces de cumplir con los requisitos de funcionamiento para los cuales fue diseñado.

Según el material (acero, aluminio, gomas, plásticos, etc.) son los ensayos pedidos y aplicados. Generalmente se presentan dos casos y son cuando el material está definido por manual, plano, normas o sistema de catalogación y cuando no se dispone de esa información, que se recurre a ensayos comparativos con algún elemento análogo que haya estado en servicio.

Algunos de los ensayos que se tienen a disposición para verificar el tipo de material y sus características mecánicas son:

- Inspección visual macroscópica (lupa electrónica de 400x).
- Análisis químicos por espectrometría de emisión óptica.
- Ensayos de Dureza: Brinell, Rockwell, Shore.
- Ensayo Metalográfico.
- Ensayo de Composición Química.
- Verificación de Densidad.
- Ensayo de Respuesta a Estímulos Magnéticos.
- Ensayo de tracción/compresión.

### 3.3. Embalaje y marcas: Su importancia

Algunas de las cosas más importantes dentro del Proceso de Recertificación son los embalajes, las etiquetas de identificación y las marcas de los elementos analizados. Esto nos da información de quien es el fabricante, fecha de fabricación y detalles varios valiosos para reconstruir la historia de la parte. Las marcas además de lo enunciado, puede servir para que el fabricante reconozca como propio un elemento. En la Figura 3 y 4 se presentan ejemplos de embalajes, etiquetas y marcas.

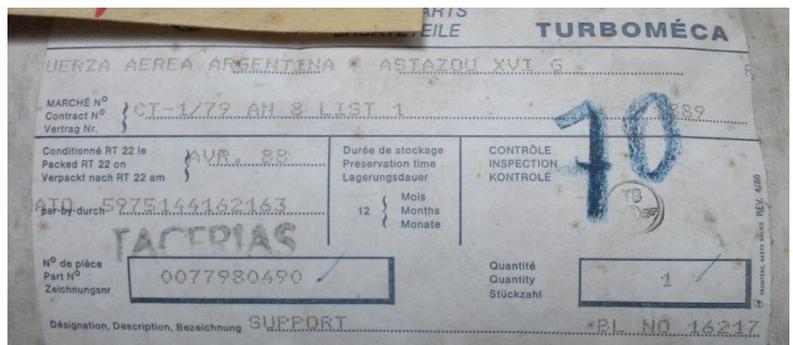


Figura 3: Marca y Etiqueta de parte N/P 0077980490 – Support – Turbomeca.



Figura 4: Marca y Etiqueta de parte N/P 2194795 – Bearing – Pratt &.Whitney

## 4. IMPLEMENTACIONES TÍPICAS

### 4.1. Elementos Fabricados Bajo Norma

En aeronáutica es común el uso de elementos que se construyen bajo norma como bulones, tornillos, retenes, tuercas, otros y en las cuales especifican las dimensiones generales, tolerancias, material, tratamiento térmico y demás consideraciones a la hora de fabricarlos. En estos casos se emplean dichas normas para obtener la información a verificar mediante ensayos y mediciones para su posterior recertificación, siendo las más comunes las normas AN, MS, NAS, AFNOR, NFL, entre otras. Estos son fabricados con diferentes materiales como aceros, aluminios o titanio, para luego ser protegidos superficialmente con algún proceso como cadmiado o alodinizado.

Este tipo de elementos son elegibles para diversos sistemas de armas (propósito de la estandarización) por lo que su recuperación implica la disponibilidad para varias aeronaves. Como está disponible la información de las características de las piezas (dimensiones y material), resulta fácil la definición del correspondiente procedimiento para la rectificación del material y su procesamiento.

Como ejemplo se detallará el procedimiento a realizar a un Tornillo Cabeza Fresada cuyo número es **P/N L22259-040-025BCL**, construido bajo norma francesa.

Los ensayos y mediciones constarán de:

- *Inspección visual:* Se realiza para determinar el estado de los elementos y encontrar cualquier defecto que afecte a su funcionalidad y descartar los que estén deteriorados.
- *Limpieza:* Se realiza para quitar suciedad que contengan los elementos.

- *Control dimensional:* Se realiza la medición de las dimensiones generales para corroborar las medidas especificadas por la documentación de dicho elemento, ver Figura 5.
- *Verificación de material:* Se realiza la verificación de que el material es igual original y que se trata de un acero AISI 3135 (AFNOR 35NC6) con un cadmiado como protección superficial, ver Figura 6.

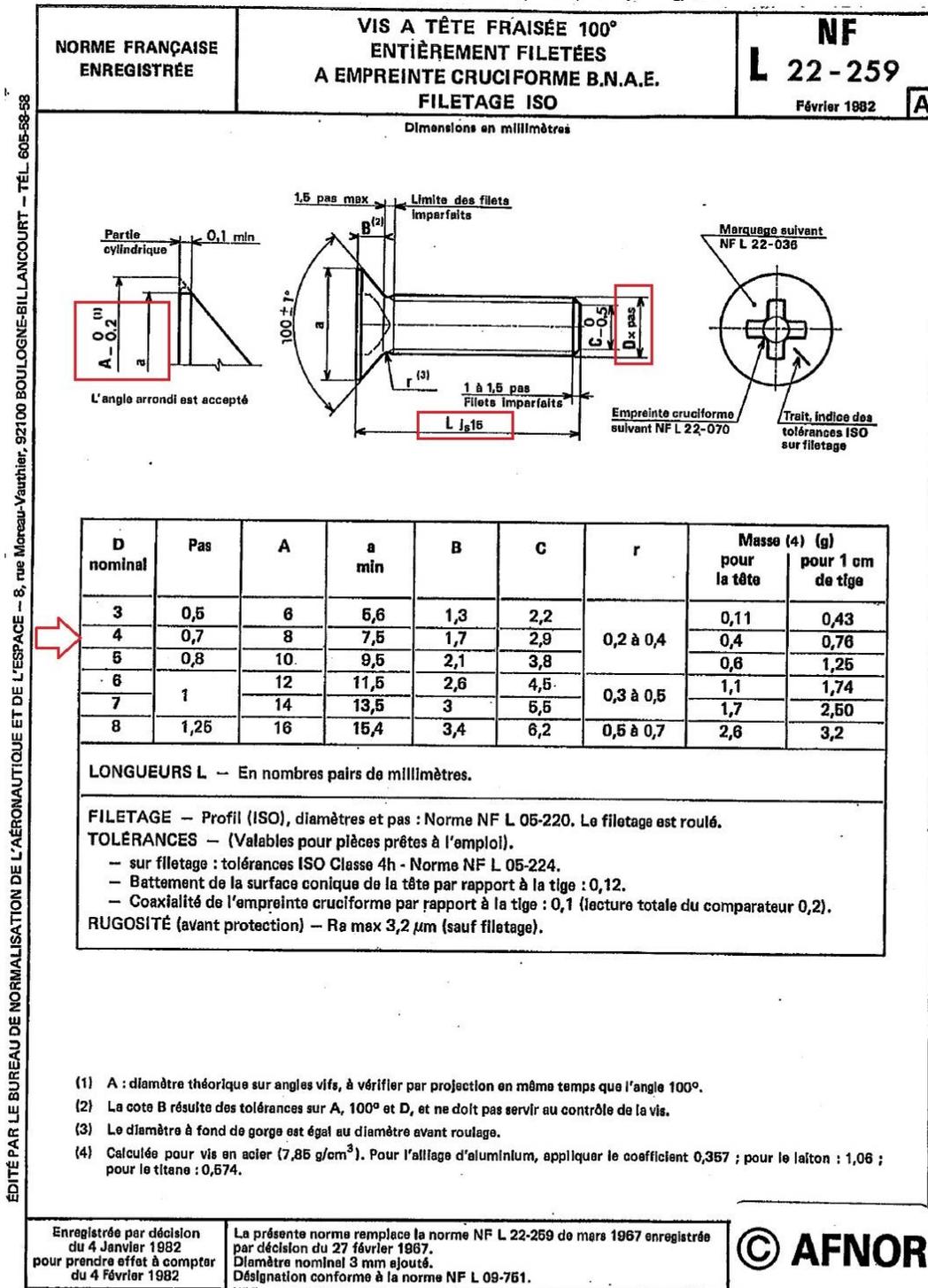


Figura 5: Norma NFL 22-259

**MATÉRIAUX RECOMMANDÉS - TRAITEMENT DE SURFACE USUEL**

Matériaux recommandés		Traitement de surface usuel	
	Code		Code
35NC6	BC	Cadmiage électrolytique	L
30NCD16	BE	7 ± 2 µm avec finition chromique	
T-A6V	TK	Oxydation anodique et vernis thermoplastique chargé au MOS <sub>2</sub>	X

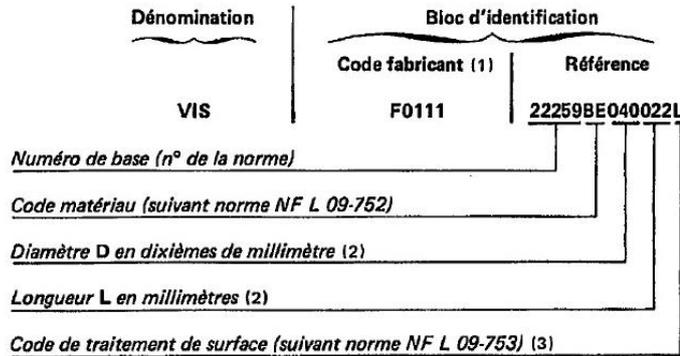
Pour les caractéristiques mécaniques et pour d'autres matériaux éventuels, se reporter à la norme NF L 22-031.  
 Pour les traitements de surface non indiqués dans le tableau ci-dessus, se reporter à la norme NF L 09-753.

**CONDITIONS DE RÉCEPTION**

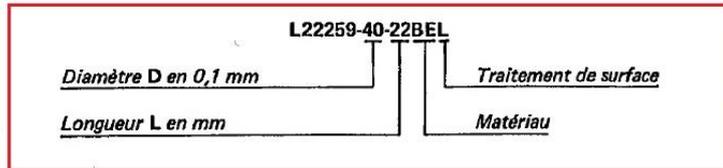
- Vis en acier : norme AIR 9173.
- Vis en titane : norme AIR 9184.

**DÉSIGNATION**

Chaque vis doit être désignée uniquement par sa référence composée suivant les règles de la norme NF L 09-751 comme dans l'exemple suivant :



**NOTE** — La référence figurant dans l'édition précédente de la présente norme, composée suivant les règles de la norme NF L 09-750 (ex. NF L 07-750), est donnée ci-après, pour la même vis que ci-dessus, à titre d'information :



- (1) Le code fabricant F0111 est celui attribué au BNAE pour les pièces normalisées complètement définies par leur référence.
- (2) Le nombre de caractères est constant et égal à 3 ce qui conduit à introduire un ou deux zéros à gauche du chiffre significatif lorsque le diamètre nominal ou la longueur est inférieur à 100 unités de compte.
- (3) Ne rien inscrire si le produit ne fait pas l'objet d'un traitement de surface.

Figura 6: Norma NFL 22-259

El proceso es aplicado sobre un lote del elemento y es válido para ese lote nada más. Si hay existencia de más de un lote hay que implementar el procedimiento para cada uno de ellos.

## 4.2. Tratamiento de Componentes Electrónicos

El proceso de recertificación de piezas electrónicas abarca distintos tipos de componentes. Dichos componentes tienen características técnicas que se encuentran enmarcadas dentro de normas militares, lo que se usa de referencia para poder realizar los ensayos de recertificación.

Algunos de los componentes electrónicos tratados en este proceso son las resistencias, conectores eléctricos, terminales, interruptores y transistores.

Los ensayos que se realizan dependen de qué tipo de componente electrónico se esté tratando. Pueden ser algunos de los que se presentan a continuación.

- *Inspección visual:* Se realiza para encontrar cualquier defecto que se le pueda observar a la pieza, que afecte a su funcionalidad.
- *Control dimensional:* Se realiza para corroborar las medidas encontradas en la hoja de datos del elemento o en la norma de dicho elemento.
- *Ensayo de Continuidad y Aislación:* Se realiza para verificar que el elemento conserve su valor de aislación y continuidad correcto.
- *Ensayo funcional:* Se realiza para verificar el buen funcionamiento del elemento. Este ensayo se realiza generalmente en un banco de ensayo, en el caso de no ser así se realiza en un circuito diseñado para tal ensayo.
- *Ensayo de aptitud:* Se realiza para verificar las características eléctricas principales del elemento.
- *Limpieza:* Se realiza para quitar suciedad que contengan los elementos.

A continuación se muestra un ejemplo de la información utilizada para realizar un ensayo eléctrico a un disyuntor P/N MS25361-70, ver Figura 7.



Figura 7: Disyuntor P/N MS25361-70

La información básica necesaria son los datos eléctricos del disyuntor que se presentan en la Figura 8.

Las dimensiones del elemento, necesarios para el control dimensional se muestran en la Figura 9.

Luego se debe controlar la cantidad de amperes que debe circular por el disyuntor para que este corte el flujo de corriente, protegiendo así el circuito eléctrico. En este caso deben circular unos 70 Amperes para que el disyuntor corte el flujo de corriente.

Por último se realiza el ensayo funcional del disyuntor utilizando los valores de calibración presentados en la tabla de la Figura 10. Esta nos dice que si al disyuntor se le aplica el 200% de sobrecarga, debe cortar el flujo de corriente entre 15 y 65 segundos. Si se le aplica una carga de 400% de sobrecarga, el disyuntor debe cortar el flujo de corriente entre 2 y 10 segundos. Y si se aplica un 600% de sobrecarga, el disyuntor debe cortar el flujo de corriente entre 1 y 4 segundos.

Con esta información y el ensayo eléctrico realizado, en el caso que el elemento pase el ensayo, se concluye que elemento es apto para ser utilizado en el sistema de armas correspondiente.

Estos datos pueden extraerse de la hoja de datos del fabricante pero deben ser corroborados con la norma que en este caso es una especificación *Military Standard (MS)*.

PERFORMANCE DATA	
<b>Interrupting Capacity</b>	6,000A at 30V, DC; 3,500A at 120V, 400 Hz., AC
<b>Endurance</b>	At 120VAC, 400 Hz.: inductive load — 5,000 cycles; resistive load — 5,000 cycles; at 30V, DC: inductive load — 2,500 cycles; resistive load — 5,000 cycles; mechanical cycling, no load — 5,000 cycles
<b>Overload Cycling</b>	100 operations at 200% rated current and rated voltage
<b>Dielectric Strength</b>	At sea level, 25°C 1,500V, AC. At 70,000 ft., 71°C 500V, AC
<b>Insulation Resistance</b>	Not less than 100 megohms at 500V, DC
<b>Voltage Drop</b>	0.15V, maximum
<b>Vibration</b>	Meets specification MIL-STD-202, Method 204, Condition A-10G, 10-500 Hz. MS "V" type series (160-086) meets Condition B 15G, 10-2,000 Hz., and Condition C 10g 10-2,000 Hz. (Random vibration also available)
<b>Shock</b>	Exceeds 30G's, 11 Millisec (half-sine pulse) MIL-STD-202, Method 213 Test J
<b>Acceleration</b>	Exceeds 10G's
<b>Weight</b>	113 grams (0.25 lbs.)

Figura 8: Datos eléctricos Disyuntor P/N MS25361-70

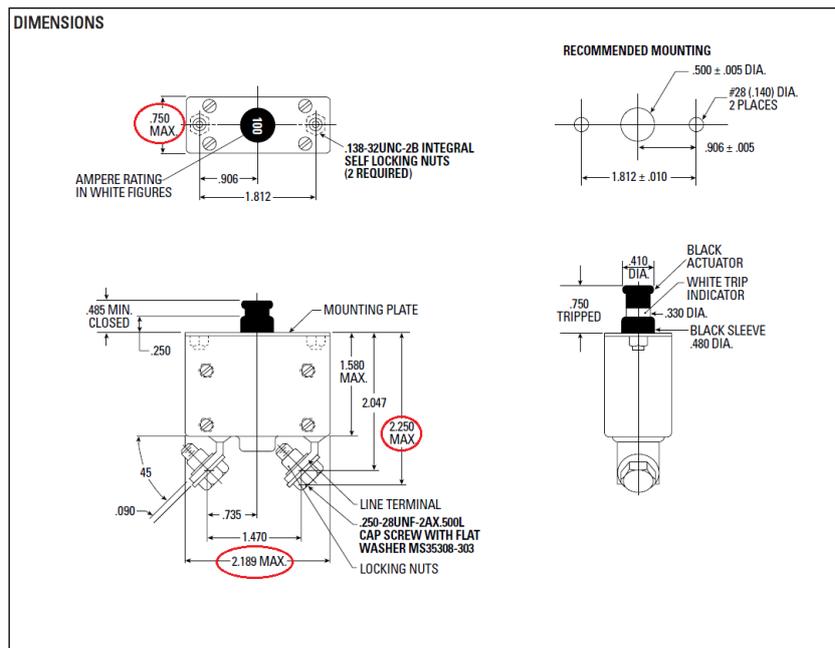


Figura 9: Disyuntor P/N MS25361-70

Specification Table	@ 25°C		@ +71°C		@ -40°C		Test Time Parameters
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Must Hold	105	—	70	—	125	—	% For 1 Hour
Must Trip	—	138	—	125	—	165	% Within 1 Hour
200% Overload	15	65	—	—	—	—	Seconds
400% Overload	2	10	—	—	—	—	Seconds
600% Overload	1	4	—	—	—	—	Seconds

Trip curve available.

Figura 10: Datos de Calibración Overload P/N MS25361-70

### 4.3. Tratamiento de Elemento Estructural

El proceso de recertificación abarca distintos tipos de piezas y el procedimiento será más o menos complicado según la función de la parte dentro de la aeronave. A continuación se presenta un ejemplo de la Toma Ala-Fuselaje perteneciente al avión FMA IA-58 Pucará P/N 58225058.

Este elemento forma parte de la “Toma Unión Fuselaje-Ala”, que pertenece a la estructura del avión donde el ala, en su parte delantera, es fijada al fuselaje. La pieza analizada es una de las más importantes que componen esta Toma Unión, la misma va vinculada al cajón central del ala a través de una serie de bulones y luego por un buje por el que pasa un bulón de fijación se une a una estructura similar ubicada en el fuselaje.

Según la documentación aplicable cada 150 horas de vuelo se debe realizar una inspección por deformación, cada 1050 horas de vuelo una inspección por grietas y cada 2100 horas de vuelo una inspección por torque especificado según Manual de Inspección.

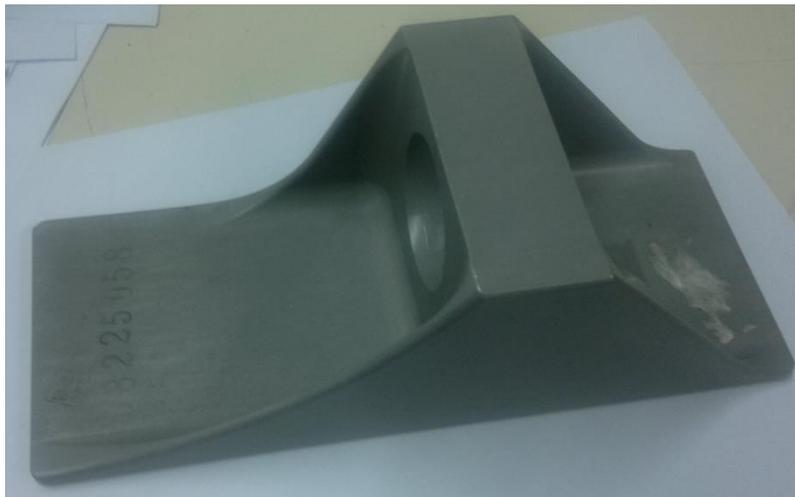
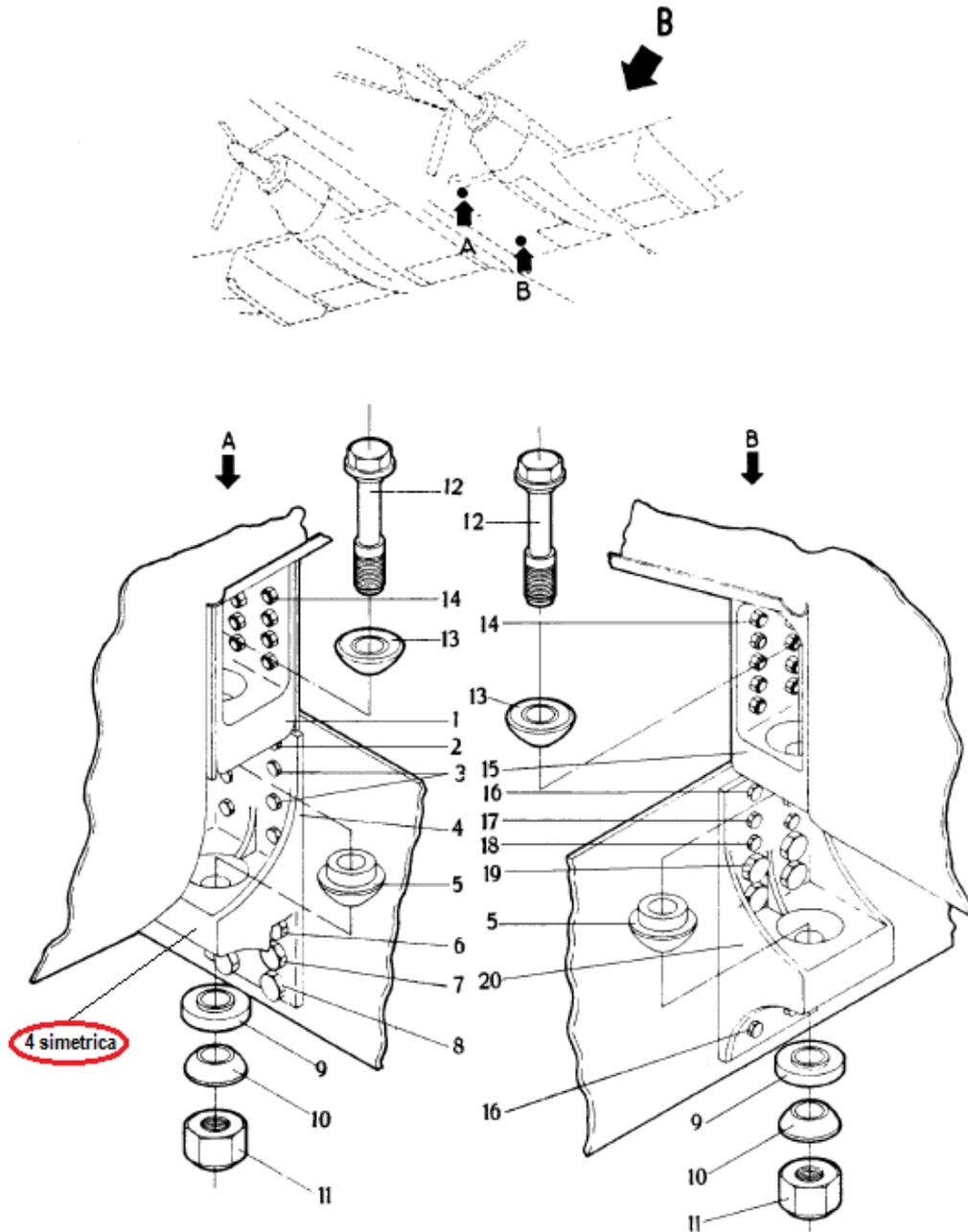


Figura 11: Toma Ala-Fuselaje.

El procedimiento a realizar a la pieza consiste en:

- *Composición Material:* Aquí se pide un ensayo no destructivo (Dureza y Conductión Eléctrica), cuyo resultado me permita verificar la composición material especificada en el plano de fabricación. Se realizó el ensayo, dando que el material es correspondiente con el especificado.
- *Eliminación del Recubrimiento Superficial:* Debido a la necesidad de realizar un ensayo por líquidos penetrantes para verificar la ausencia de grietas superficiales, debemos eliminar el recubrimiento de anodizado que se realizó en la fabricación de la pieza. Esto es un requisito a cumplir para la aplicación del ensayo por líquidos penetrantes.
- *Inspección de Grietas:* Como se mencionó anteriormente, es necesario verificar la ausencia de grietas superficiales en el material, para ello se realiza un ensayo por líquidos penetrantes. El resultado que nos arroja es que el elemento se encuentra sin presencia de grietas superficiales. Además de ello, se debe garantizar que no existen grietas en el interior, por lo tanto se aplicó un ensayo de radiografía, donde se verificó que no existían grietas en su interior.
- *Recubrimiento Superficial:* Debido a que al principio se tuvo que eliminar el recubrimiento anodizado para la realización de los ensayos posteriores, ahora habrá que aplicar el anodizado cromo tal y como dice el plano de fabricación.
- *Control Dimensional:* Esta tarea se realizó con el fin de verificar que la pieza cumple con las dimensiones fijadas por el fabricante. Las mismas se encuentran especificadas en el plano de fabricación. Esto se llevó a cabo sin novedades, el elemento cumplió con las cotas dimensionales.

Luego de la implementación se determinó que el elemento cumple con las características originales para lo cual fue diseñado.



Tomas Unión Fuselaje - Ala Central  
Figura 3

53-40-00

Figura 12: Ubicación de la parte en el Manual.

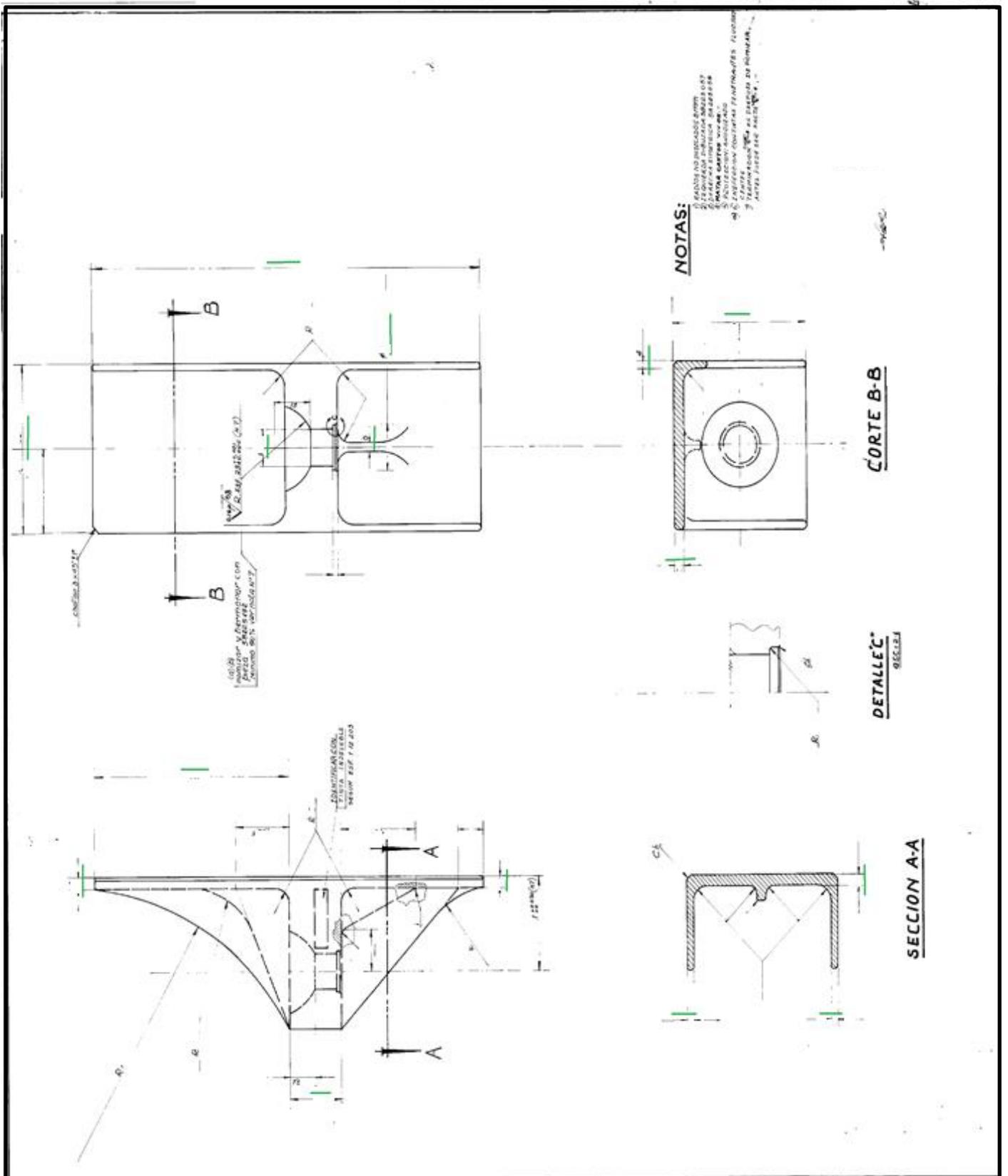


Figura 13: Plano de Fabricación de la parte.

## 5. COSTOS DE RECERTIFICACION

Luego de implementar reiteradamente el Proceso de Recertificación se ha determinado que el mismo es conveniente desde el punto de vista económico comparado con comprar nuevo el elemento.

El costo de recertificar se calculó teniendo en cuenta los siguientes costos:

Costos Fijos	Costos Variables
Personal	Limpieza
Administración	Control Dimensional
Servicios	Ensayos
	Embalaje Final

Tabla 1: Tipos de costos

El costo de comprar la parte nueva se obtuvo de precios de referencia en páginas web de proveedores de repuestos aeronáuticos como IHS, Stock Market Aero, Aero Base Group y no se consideraron los costos de transporte desde el lugar de origen, ni los costos aduaneros.

N° ítem	P/N	Designación	Cantidad		Año de Cotización	Costo Unidad Nueva	Costo Total New USD	Costo en Taller USD
			Total	Scrap				
1	39422	Pista exterior rodamiento	16	12	2013	USD 67.00	310.24	1,869.86
2	9560522220	Aguja	3115	23	2016	€ 1.00	3,600.68	351.59
3	6841228	Piñón engranaje	5	0	2014	USD 23,852.88	131,489.00	2,720.85
4	0205120090	Anillo de reglaje	30	1	2007	€ 22.04	1,154.67	66.01
5	0283300430	Segmento	33	0	2010	USD 1,200.00	53,067.79	337.24
6	0000290720	Bulón	46	0	2010	USD 32.75	2,018.85	50.23
7	0235657370	Cañería	1	0	2011	USD 2,911.22	3,715.54	16.50
8	9866207025	Tuerca autofrenante	4	0	2014	€ 7.50	38.57	109.06
9	0262711400	Soporte	25	0	2012	USD 76.00	2,309.46	125.57
10	0064772180	Anillo	1	0	2012	USD 114.0	138.57	57.40
11	0265701350	Tapa retención	34	4	2010	USD 210.00	8,442.60	530.97
12	0064770280	Tapa	16	0	2012	USD 41.00	797.37	134.18
13	0235501230	Entretoise	26	0	2006	USD 16.18	685.24	108.35
14	0235500210	Entredos	28	0	2006	USD 15.25	695.54	58.84
15	0000404720	Arandela	120	0	2006	€ 5.84	1,329.33	45.20
16	9801040814	Tornillo	20	0	2010	USD 12.00	321.62	118.39
17	0000402390	Arandela	141	0	2010	USD 1.00	188.95	39.46
18	9744019100	Circlip	87	0	1998	USD 0.17	35.59	233.19
							<b>210340.63</b>	<b>6972.88</b>

Tabla 2: Detalle de costos de distintas implementaciones

Los costos de las partes nuevas actualizados al 2016 se calcularon aplicando el concepto de interés compuesto, utilizando como referencia el costo unitario y el año de su cotización.

Los costos denominados en el Taller son los gastos en el Taller de Mantenimiento Aeronáutico donde realizamos las implementaciones.

A los costos en el taller se deben agregar los costos fijos y estos resultan para estas 18 partes en USD 975.

Al comparar los costos el costo de comprar las partes nuevas hoy y de recertificarlas resulta:

Costo en comprar NUEVAS	USD 210339.63
Gastos en Recertificar	USD 7947.88
Pérdidas en Scrap	USD 2123.01
% que significa Recertificar	3.8 %

Tabla 3: Comparación de costos

Se aprecia que los costos en recertificar las partes es mínimo.

## 6. CONCLUSIONES

En el presente desarrollo se ha descrito todo lo referido a los Procesos de Recertificación de partes aeronáuticas sin trazabilidad.

Estos procesos se realizan para determinar las condiciones de cada elemento comparadas con las condiciones originales o de diseño.

Dentro del proceso se definen distintos ensayos necesarios para demostrar la aptitud y así poder cumplir lo que indica el RAM en sus partes 4.D.20 y 6.D.60.

Se puede concluir que esta metodología da resultados satisfactorios a un costo conveniente que puede resolver un problema tan serio como no disponer de la documentación de trazabilidad necesaria.

## REFERENCIAS

[1] RAM (*Reglamento de Aeronavegabilidad Militar*), Edición 2015, 2015.

[2] NF L 22-259, “*Vis a Tete Fraisee*”, Francia, AFNOR, 1982.

[3] MS 25361, “*Circuit Breaker-Aircraft, Trip-Free, Push-Pull, 50 thru 100 Amp, Type I*”, USA, Military Standard, 1987.

[3] PT IA-58, “*Catálogo de Partes Ilustrado IA-58 Pucará*”, Argentina, FAdeA, Edición 2011, 2011.