

Informe de Seguridad Operacional

Sucesos Aeronáuticos



Falla de componente

Propietario privado

Piper PA-25-235, LV-JRY

Máximo Paz, Santa Fe

22 de febrero de 2018

8561618/18



Ministerio de Transporte
Argentina



Junta de Seguridad en el Transporte

Florida 361, piso 6

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1005AAG

0800-333-0689

www.argentina.gob.ar/jst

info@jst.gob.ar

Informe de Seguridad Operacional 8561618/18

Publicado por la JST. En caso de utilizar este material de forma total o parcial se sugiere citar según el siguiente formato Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte.

El presente informe se encuentra disponible en www.argentina.gob.ar/jst



ÍNDICE

| | |
|--|----|
| ADVERTENCIA | 5 |
| NOTA DE INTRODUCCIÓN..... | 6 |
| LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS..... | 7 |
| SINOPSIS | 8 |
| 1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS..... | 9 |
| 1.1 Reseña del vuelo..... | 9 |
| 1.2 Lesiones al personal | 9 |
| 1.3 Daños en la aeronave..... | 9 |
| 1.4 Otros daños..... | 10 |
| 1.5 Información sobre el personal | 10 |
| 1.6 Información sobre la aeronave | 11 |
| 1.7 Información meteorológica..... | 12 |
| 1.8 Ayudas a la navegación | 12 |
| 1.9 Comunicaciones | 13 |
| 1.10 Información sobre el lugar del suceso..... | 13 |
| 1.11 Registradores de vuelo | 13 |
| 1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto..... | 14 |
| 1.13 Información médica y patológica..... | 16 |
| 1.14 Incendio..... | 16 |
| 1.15 Supervivencia | 16 |
| 1.16 Ensayos e investigaciones | 17 |



| | | |
|------|--|----|
| 1.17 | Información orgánica y de dirección | 19 |
| 1.18 | Información adicional | 19 |
| 1.19 | Técnicas de investigaciones útiles o eficaces | 22 |
| 2. | ANÁLISIS | 23 |
| 2.1 | Introducción | 23 |
| 2.2 | Aspectos institucionales | 27 |
| 3. | CONCLUSIONES..... | 28 |
| 3.1 | Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente..... | 28 |
| 3.2 | Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación..... | 28 |
| 4. | RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL | 30 |
| 4.1 | A la Administración Nacional de Aviación Civil..... | 30 |
| 5 | APÉNDICES | 31 |



ADVERTENCIA

La misión de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST), creada por Ley 27.514 de fecha 28 de agosto de 2019, es conducir investigaciones independientes de los accidentes e incidentes acaecidos en el ámbito de la aviación civil, cuya investigación técnica corresponde instituir para determinar las causas, y emitir las recomendaciones y/o acciones de Seguridad Operacional eficaces, dirigidas a evitar la ocurrencia de accidentes e incidentes de similar tenor. Este informe refleja las conclusiones de la JST, con relación a las circunstancias y condiciones en que se produjo el suceso. El análisis y las conclusiones del informe resumen la información de relevancia para la gestión de la seguridad operacional, presentada de modo simple y de utilidad para la comunidad aeronáutica.

De conformidad con el Anexo 13 –Investigación de accidentes e incidentes de aviación– al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, ratificado por Ley 13891, el Artículo 185 del Código Aeronáutico (Ley 17.285), y el Artículo 17 de la Ley 27.514 la investigación de accidentes e incidentes tiene carácter estrictamente técnico y las conclusiones no deben generar presunción de culpa ni responsabilidad administrativa, civil o penal.

Esta investigación ha sido efectuada con el único y fundamental objetivo de prevenir accidentes e incidentes, según lo estipula el Anexo 13, el Código Aeronáutico y la Ley 27.514.

Los resultados de esta investigación no condicionan ni prejuzgan investigaciones paralelas de índole administrativa o judicial que pudieran ser iniciadas por otros organismos u organizaciones en relación al accidente.



NOTA DE INTRODUCCIÓN

La Junta de Seguridad en el Transporte (JST) ha adoptado el modelo sistémico para el análisis de los accidentes e incidentes de aviación.

El modelo ha sido validado y difundido por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y ampliamente adoptado por organismos líderes en la investigación de accidentes e incidentes a nivel internacional.

Las premisas centrales del modelo sistémico de investigación de accidentes son las siguientes:

- ✓ Las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea y/o las fallas técnicas del equipamiento constituyen los factores desencadenantes o inmediatos del evento. Estos son el punto de partida de la investigación y son analizados con referencia a las defensas del sistema aeronáutico, así como a otros factores, en muchos casos alejados en tiempo y espacio del momento preciso de desencadenamiento del evento.
- ✓ Las defensas del sistema aeronáutico detectan, contienen y ayudan a recuperar las consecuencias de las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea y/o las fallas técnicas del equipamiento. Las defensas se agrupan bajo tres entidades genéricas: tecnología, normativa (incluyendo procedimientos) y entrenamiento.
- ✓ Finalmente, los factores que permiten comprender el desempeño del personal operativo de primera línea y/o la ocurrencia de fallas técnicas, y explicar las fallas en las defensas están generalmente alejados en el tiempo y el espacio del momento de desencadenamiento del evento. Son denominados factores sistémicos y están vinculados estrechamente a elementos tales como, por ejemplo, el contexto de la operación, las normas y procedimientos, la capacitación del personal, la gestión de la seguridad operacional por parte de la organización a la que reporta el personal operativo y la infraestructura.

La investigación que se detalla en este informe se basa en el modelo sistémico. Tiene el objetivo de identificar los factores relacionados con el accidente, así como a otros factores de riesgo de seguridad operacional que, aunque sin relación de causalidad en el suceso investigado, tienen potencial desencadenante bajo otras circunstancias operativas. Lo antedicho, con la finalidad de formular recomendaciones sobre acciones viables, prácticas y efectivas que contribuyan a la gestión de la seguridad operacional.



LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS¹

AC: Corriente Alterna/Circular de Asesoramiento

AD: Directiva de Aeronavegabilidad/Aeródromo

ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil

DAG: Departamento de Aviación General - ANAC

DAT: Dirección de Asistencia Técnica

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

NDT: Ensayo No Destructivo

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

OMA: Organización de Mantenimiento Aeronáutica Aprobada

UTC: Tiempo Universal Coordinado

¹ Con el propósito de facilitar la lectura del presente informe se aclaran por única vez las siglas y abreviaturas utilizadas en inglés. En muchos casos las iniciales de los términos que las integran no se corresponden con los de sus denominaciones completas en español.



SINOPSIS

Este informe detalla los hechos y circunstancias en torno al accidente experimentado por la aeronave LV-JRY, un Piper PA-25-235 (figura 1), en Máximo Paz provincia de Santa Fe, el 22 de febrero de 2018 a las 11:20 horas,² durante un vuelo de aviación agrícola.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con la falla técnica que originó el colapso estructural del ala derecha, la operación y el mantenimiento de la aeronave.

El informe incluye tres recomendaciones de seguridad operacional dirigidas a la Administración Nacional de Aviación Civil.



Figura 1. Imagen del LV-JRY (obtenida en internet)

² Todas las horas están expresadas en Tiempo Universal Coordinado (UTC), que para el lugar y fecha del accidente corresponde al huso horario -3.



1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del vuelo

El 22 de febrero del 2018 la aeronave matrícula LV-JRY, un Piper PA-25-235, despegó a las 10:50 horas, del campo desde donde operaba regularmente ubicado en la zona rural de Máximo Paz (Santa Fe), para realizar un vuelo de aplicación agrícola en un lote de 15 hectáreas próximo al lugar de operación.

Luego de una hora de vuelo, cuando la aeronave se aproximaba con una trayectoria levemente oblicua al eje de la pista (ver figura 4) desde donde operaba, con una altura de 20 metros sobre el terreno y una trayectoria noroeste sureste, se produjo el colapso estructural del ala derecha. Como consecuencia, la aeronave perdió el control e impactó con el terreno, experimentó una explosión y posterior incendio, resultando totalmente destruida (figura 2).

El piloto abandonó la aeronave por sus propios medios con heridas de gravedad.

1.2 Lesiones al personal

| Lesiones | Tripulación | Pasajeros | Otros | Total |
|----------|-------------|-----------|-------|-------|
| Mortales | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Graves | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Leves | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ninguna | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Destruída.

1.3.2 Motor

Destruído.

1.3.3 Hélice

Destruída.



Figura 2. Daños generales

1.4 Otros daños

No hubo.

1.5 Información sobre el personal

La certificación del piloto no cumplía con la reglamentación vigente: su única licencia era de piloto de aeronave ultraliviana motorizada, la cual no lo habilitaba como piloto de la aeronave accidentada.

| | Piloto |
|----------------------------------|---|
| Sexo | Masculino |
| Edad | 43 |
| Nacionalidad | Argentina |
| Licencias | Piloto aeronave ultraliviana motorizada |
| Habilitaciones | Sin habilitaciones |
| Certificación médica aeronáutica | Clase 2 Válida hasta el 31/05/2018 |

Tabla 2

La experiencia de vuelo del piloto no pudo ser establecida debido a que no registraba su actividad.

1.6 Información sobre la aeronave

La aeronave (figura 3) estaba certificada de conformidad con la reglamentación vigente y mantenida de acuerdo con el plan de mantenimiento del fabricante.

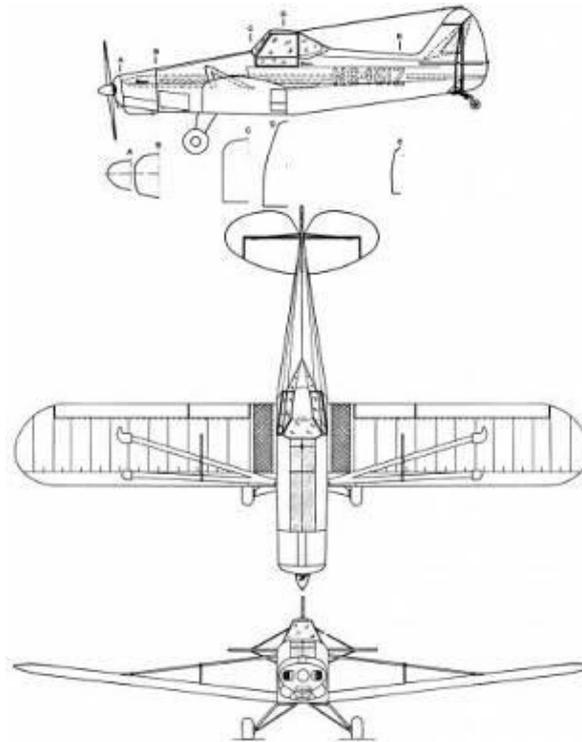


Figura 3. Vistas generales del PA-25-235

| Aeronave | |
|--|----------------|
| Marca | Piper |
| Modelo | PA-25-235 |
| Categoría | Avión |
| Fabricante | Piper Aircraft |
| Año de fabricación | 1970 |
| Número de serie | 25-5215 |
| Peso máximo de despegue | 1317 kg |
| Peso máximo de aterrizaje | 1317 kg |
| Peso vacío | 662 kg |
| Fecha del último peso y balanceo | Sin datos |
| Horas totales | 4633 |
| Horas desde la última recorrida general | 498 |
| Horas desde la última inspección | Sin datos |
| Ciclos totales | No aplica |
| Ciclos desde la última recorrida general | No aplica |



| | | |
|----------------------------------|----------------------|-----------------|
| Certificado de matrícula | Propietario | Particular |
| | Fecha de expedición | 29/05/2017 |
| Certificado de aeronavegabilidad | Clasificación | Especial |
| | Categoría | Restringido |
| | Fecha de emisión | 24/01/2013 |
| | Fecha de vencimiento | Sin vencimiento |

Tabla 3

| Motor | |
|---|---------------------|
| Marca | Lycoming |
| Modelo | O-540-B2C5 |
| Fabricante | Lycoming |
| Número de serie | L-13909-40 |
| Horas totales | 4590 |
| Horas desde la última recorrida general | 303 |
| Horas desde la última intervención | Sin datos |
| Habilitación | Hasta el 30/08/2019 |

Tabla 4

| Hélice | |
|---|---------------------|
| Marca | Mc Cauley |
| Modelo | 1A200-FA8452 |
| Fabricante | Mc Cauley |
| Número de serie | 103711 |
| Horas totales | Sin datos |
| Horas desde la última recorrida general | 112 |
| Horas desde la última intervención | Sin datos |
| Habilitación | Hasta el 31/10/2018 |

Tabla 5

El peso y balanceo de la aeronave no pudo ser establecido por falta de información. No pudo determinarse si la aeronave se encontraba dentro o fuera de la envolvente de vuelo indicada en el manual de vuelo de la aeronave.

1.7 Información meteorológica

No relevante

1.8 Ayudas a la navegación

No aplica.

1.9 Comunicaciones

No aplica.

1.10 Información sobre el lugar del suceso

| Lugar del suceso | |
|-----------------------|---|
| Ubicación | Zona rural de Máximo Paz |
| Coordenadas | S 33°30'47'' - W 60°58'15'' |
| Superficie | Lote sembrado con soja de 60 cm de altura |
| Dimensiones | 1000 x 300 |
| Orientación magnética | No aplica |
| Elevación | 259 ft |
| Normas generales | No aplica |

Tabla 6

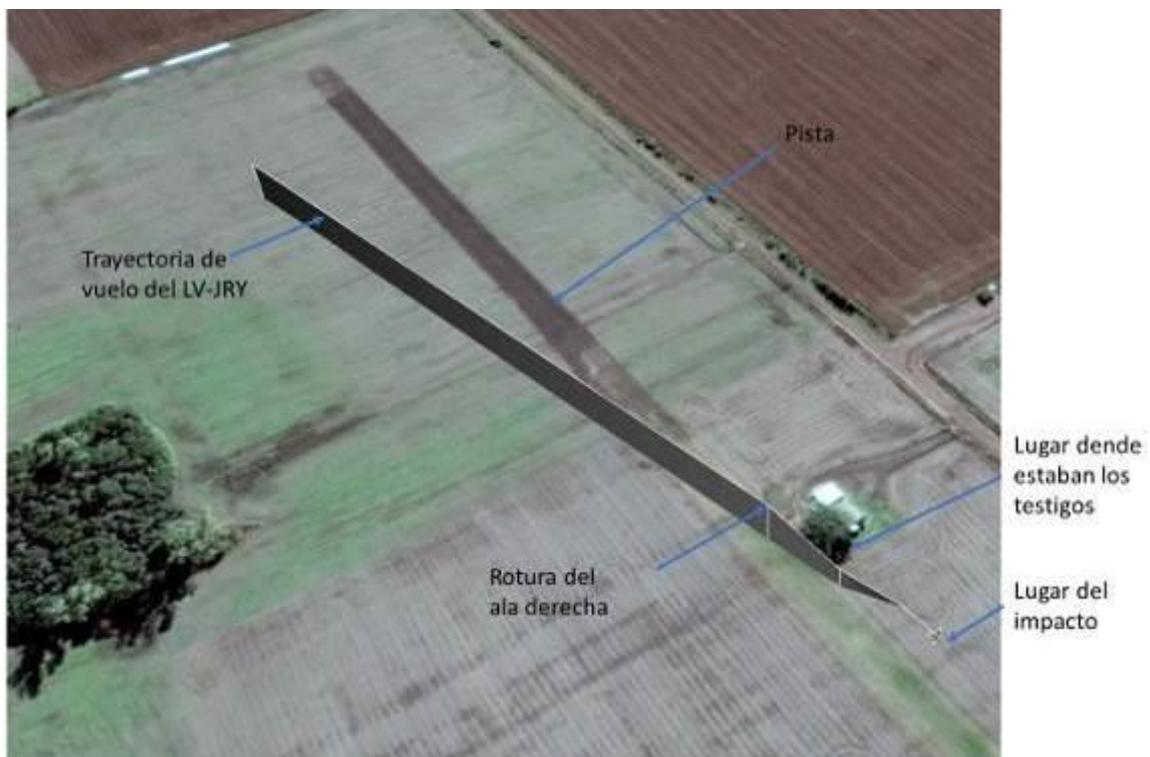


Figura 4. Trayectoria de vuelo

1.11 Registradores de vuelo

No aplica.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

El lugar del accidente fue un campo sembrado con soja en el cual había una pista e infraestructura utilizada como base de trabajo para la preparación y operación de una máquina de fumigación terrestre y de la aeronave accidentada.

El impacto de la aeronave en el terreno se produjo de forma descontrolada debido a que su ala derecha colapsó en vuelo. En esa condición impactó con el terreno y se arrastró 50 metros antes de quedar en su posición final.

Durante el recorrido se fueron desprendiendo partes menores y a 39 metros del impacto se encontró una marca del golpe de la hélice y el motor lo que habría hecho que volcase sobre su eje longitudinal.

Se encontraron en la zona de sobrevuelo restos de recubrimiento de la aeronave (tela) y partes de acrílico de alguna ventanilla a unos 130 metros de la posición final de la aeronave (figuras 5 a 8). Estos restos se habrían desprendido en vuelo, lo cual coincide con los testimonios que indicaron que un ala se habría roto en vuelo.



Figura 5. Detalle de recubrimiento desprendido



Figura 6. Vista de la trayectoria de impacto



Figura 7. Elementos desprendidos

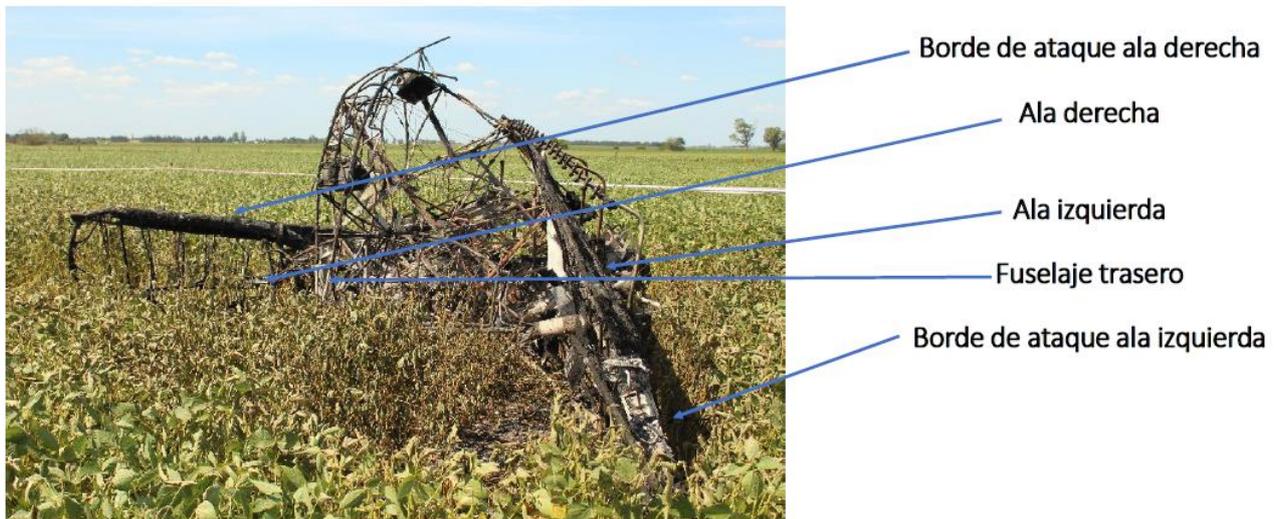


Figura 8. Partes principales del LV-JRY

1.13 Información médica y patológica

No se obtuvo evidencia médico-patológica del piloto relacionada con el accidente.

1.14 Incendio

De acuerdo con lo descrito por los testigos del suceso, luego del impacto de la aeronave con el terreno se produjo una explosión y el fuego afectó a toda la aeronave. El fuego no fue combatido ya que las personas presentes se dedicaron a la atención del piloto, quien había abandonado la aeronave. A la llegada de los bomberos de la localidad de Máximo Paz, las llamas habían consumido toda la aeronave.

1.15 Supervivencia

El piloto abandonó la aeronave por sus propios medios, al notar que sus ropas estaban con fuego se alejó unos metros de la aeronave e intentó apagarlo revolcándose en la soja, luego caminó unos metros más y al ver que un ayudante se acercaba con la camioneta de su propiedad, se subió por sus propios medios en el asiento del acompañante y se dirigieron a la sala de atenciones médicas de Máximo Paz, luego fue derivado a un hospital de la ciudad de Rosario por la gravedad de sus lesiones.

La cabina no sufrió deformaciones y los cinturones soportaron los esfuerzos a los que fueron sometidos.



1.16 Ensayos e investigaciones

Los restos de la aeronave mostraron que la estructura en general presentaba elementos estructurales afectados por procesos corrosivos con diferentes grados de progreso. Se preservaron elementos estructurales primario para su estudio en laboratorio.

Estructura de la aeronave

La condición general de la estructura tubular resistente mostraba en diferentes componentes evidencias de procesos corrosivos en distintos grados. Muchos de esos elementos están cubiertos en la aeronave por la tela del recubrimiento, lo que puede constituirse en una dificultad para su detección al momento de realizar el mantenimiento preventivo.

Larguero trasero del ala derecha

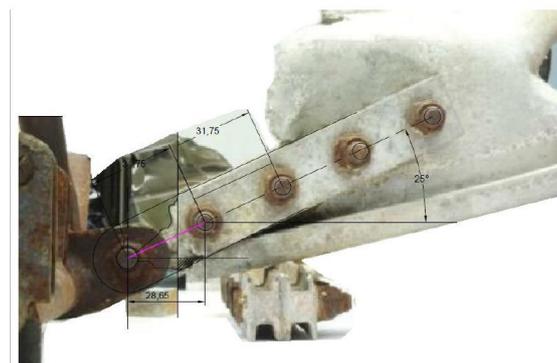
Las alas están fijadas al fuselaje mediante tomas dispuestas en herrajes unidos al larguero delantero y al trasero y éstos a los tubos longitudinales inferiores de la estructura del fuselaje. Además, dispone de dos montantes de compresión abulonados a la parte superior del fuselaje en un punto y a cada larguero de ala a la mitad de su envergadura aproximadamente. El montante trasero es regulable en su anclaje al larguero posterior, permitiendo el reglaje del ala.

El ala derecha se encontró unida a la estructura tubular del fuselaje por la toma del larguero anterior; la toma del larguero trasero al ala no estaba unida al fuselaje ni tampoco en el ala; el montante del ala estaba unido en ambas tomas sobre el ala, plegado en dos lugares y desprendido de la toma de fuselaje, el larguero delantero se encontró doblado y cortado aproximadamente a dos metros de la raíz de ala, a su vez toda la estructura del ala desde la unión del montante hacia la puntera se encontró quemada pero con sus elementos estructurales intactos.

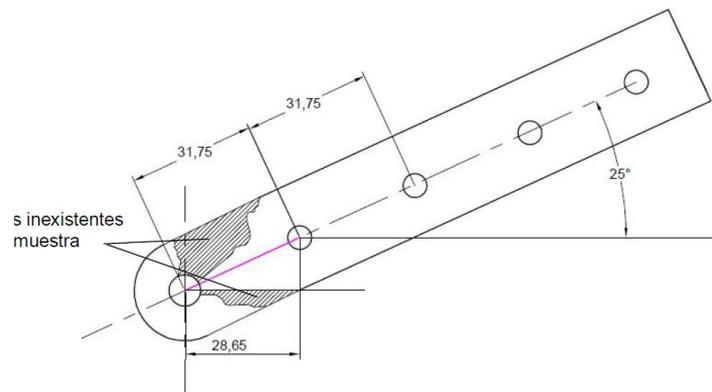
La investigación recolectó diferentes partes de la estructura del fuselaje y del ala para realizar el análisis de la mecánica de la rotura del ala. La investigación se centró en una porción del larguero trasero del ala derecha (figuras 10 y 11) donde va instalado el herraje (fitting) para la unión del ala con el fuselaje.



Figura 10. Parte del larguero trasero del LV-JRY



Fotografía n°19



Croquis reconstrucción n°1

Figura 11. Reconstrucción de la toma trasera en su unión al fuselaje

Con las evidencias de una posible falla en la unión del ala derecha al fuselaje; se volvió al lugar del accidente con especialistas de la Dirección de Asistencia Técnica dependiente del Ministerio de la Producción del Gobierno de la provincia de Santa Fe para recolectar todas las partes disponibles para realizar un estudio específico.



La Dirección de Asistencia Técnica produjo un informe de estudio con el número de la OT 220/2019, el informe completo se adjunta como apéndice 1 al presente informe.

Datos técnicos de la parte observada

El titular del Certificado Tipo del modelo de la aeronave puso a disposición de la investigación los datos técnicos del *fitting* de unión del larguero trasero de ala al fuselaje (planos de fabricación – Fitting rear spar butt attachment) y el documento “Piper Specification N°10, Protective Finish Specifications”.

En el plano de fabricación se especifica como material de construcción original *del fitting al 61S-T Aluminium alloy*, designación original de la que hoy se denomina como AL6061. En el año 2005 el actual poseedor del Certificado Tipo introdujo la revisión C del plano en la que incorpora como material alternativo al 61S-T el Alum 7075 mediante orden de ingeniería N°127.

En el plano se indica que la terminación de la parte debía hacerse de acuerdo con el documento *Piper Specification N°10*. En él se establece que las piezas de aluminio, según estén expuestas o no, llevan un tratamiento u otro el cual es identificado con un código alfanumérico.

Para el herraje de unión del ala al fuselaje el documento establece una protección con *Zinc Chromate Primer* que cumpla con las especificaciones MIL-P-8585.

1.17 Información orgánica y de dirección

El piloto accidentado era el propietario de la aeronave desde el mes de mayo de 2017, aproximadamente nueve meses antes del accidente. El LV-JRY era la única aeronave de su propiedad y era utilizada para la aplicación de productos en la actividad agro aérea; además poseía una máquina de fumigación terrestre operada en conjunto con otros familiares.

El LV-JRY y el piloto propietario no estaban afectados en ningún Certificado de Trabajo Aéreo.

1.18 Información adicional

Documentación técnica de la aeronave.

El propietario facilitó los historiales de aeronave, motor y hélice de los cuales se obtuvo la siguiente información:



En el historial de motor el último registro de actividad registrado tenía fecha el 16 de agosto de 2013 con una actividad total de 4557 horas y 270 horas desde la última recorrida general; la última actividad de mantenimiento tenía fecha el 03 de marzo de 2017 correspondiente a una inspección de 100 horas para rehabilitación anual con un total de 4590 horas.

El historial de aeronave tenía asentada como última actividad, un vuelo local en Junín el 16 de agosto de 2013 y un total de horas acumulada de 4610 horas.

En la sección de inspecciones y reparaciones (la investigación tuvo acceso al historial número tres) tenía registradas dos inspecciones de 100 horas para rehabilitación anual posteriores al último registro de actividad, la última rehabilitación fue liberada el 3 de marzo de 2017 con un total general de 4633 horas.

Los registros de actividad de la aeronave reflejan una merma pronunciada de su actividad en los últimos años y nada indica en los registros el motivo de esta disminución abrupta. De acuerdo con los registros, la actividad de la aeronave desde nueva al año 2009 fue de 113 horas por año, de 2009 a 2013 de 39 horas por año y de 2013 a 2017 de 4.6 horas por año promedio.

El taller que realizó la última rehabilitación anual facilitó la documentación generada en esa oportunidad, lo cual reveló que las alas habían sido removidas para cumplir con la AD 77-21-06.

Antecedentes de procesos corrosivos en largueros de ala.

ADVERTENCIA 248/DAG - ANAC

La presente ADVERTENCIA tiene por objeto dar a conocer una situación que puede resultar de interés para Talleres Aeronáuticos de Reparación, operadores y/o propietarios de aeronaves, por tal motivo la misma se emite a los efectos de informar, y las recomendaciones en ella contenidas no tienen carácter mandatorio.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 19 de marzo de 2018.

DIRIGIDO A:

Talleres Aeronáuticos de Reparación, Propietarios y Operadores de aeronaves marca PIPER,

CHINCUL y LAVIA, modelos PA-25, PA-25-235 y PA-25-260.

MOTIVO:

Corrosión en el larguero delantero del semiplano.

ANTECEDENTES:

En marzo del 2019, el DAG recibió un Informe de Dificultad en Servicio, en el cual el redactor informa haber detectado corrosión en los largueros de dos aeronaves, un PA-25 y un PA-25-235. La corrosión fue detectada en los largueros delanteros, en la zona de raíz, debajo de la pedana.

AD 77-21-06

En el formulario Form 337 realizado por el taller que rehabilitó a la aeronave LV-JRY el 03 de marzo de 2017, declara haberse cumplido con la AD 77-21-06 de la FAA; ésta requiere inspeccionar la estructura de tubos de acero (figura 12) en el área de la toma del larguero trasero del ala a la estructura del fuselaje de acuerdo con las instrucciones del Boletín de Servicio de Piper N° 551 (Piper Service Bulletin N°551).

Esta tarea no requiere el desmontaje de las alas.



Figura 12. Registro de trabajos de cumplimiento de la AD 77-21-06 en marzo de 2017

Propuesta de AD por corrosión en larguero de ala

Durante el proceso de investigación, se trabajó en conjunto con el Departamento de Certificaciones Aeronáuticas y el Departamento de Aviación General de la Dirección Nacional de Seguridad Operacional de la ANAC y un operador de Ensayos No Destructivos que interviene este modelo de aeronaves compartiendo y analizando hallazgos (figura 13).

El trabajo en conjunto produjo como resultados la revisión de la advertencia de seguridad 248/DAGr1, la emisión de la Advertencia 257/DAG y la elaboración de una propuesta de Directiva de Aeronavegabilidad que tiene por objeto incorporar nuevos requerimientos de inspección de los largueros de ala.



Figura 13. Vista de la toma del larguero trasero en un ala nueva

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

No aplica.



2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

El impacto de la aeronave en el terreno, luego de la pérdida de control en vuelo, afectó todos los componentes estructurales primarios los que fueron encontrados rotos, quebrados, cortados, deformados, etcétera, por lo tanto, luego del análisis fueron descartados aquellos que no aportaron evidencias que explique la consecuencia y la mecánica del suceso.

Se tuvieron en cuenta también aspectos de la actividad como las deficiencias de los registros de actividad, la informalidad en el mantenimiento y el registro de las acciones sobre las aeronaves y otras prácticas comunes por fuera de lo normado.

Aspectos técnicos-operativos

Colapso del ala derecha

Las evidencias permiten inferir que la mecánica de la falla tuvo inicio en el desprendimiento del anclaje o toma del larguero trasero al fuselaje. Ello produjo que el ala pivotee sobre la toma delantera. Cabe señalar que la posición relativa del centro de gravedad del ala respecto del centro de presiones o resultante de la sustentación del ala produjo el giro o pivoteo del ala sobre la toma del larguero delantero que se encontraba unida al fuselaje; esta evidencia se vincula con los pliegues del montante del ala. En esa condición el ala subió respecto de su eje longitudinal al mismo tiempo que giraba en sentido antihorario (visto desde el puesto de pilotaje). Por ese motivo la sección de ala desde las tomas del montante hasta la puntera quedó sin daños al no hacer contacto con el terreno.

El análisis realizado en el laboratorio de la Dirección de Asistencia Técnica (DAT), permitió determinar el origen de la falla, sin que se pueda establecer la trazabilidad de la misma.

El estudio completo se adjunta al presente informe (apéndice 1), y menciona que los resultados indican que el herraje de unión del ala derecha al fuselaje del LV-JRY (*fitting rear spar butt attachment*) se fracturó como consecuencia de una reducción en su sección resistente. Esto se produjo debido al desarrollo de un proceso de corrosión bajo tensión. El fitting de unión del larguero trasero al ala izquierda presentaba un proceso similar en desarrollo; que ambos componentes estaban contruidos de una aleación de aluminio de la serie 6061 y que no presentaban ningún proceso de protección superficial.



El proceso de corrosión bajo tensión es un fenómeno en el que intervienen dos factores. El primero son las tensiones que incluye, las cuales son producto de los esfuerzos propios para los que fue diseñada una parte. Debe sumarse, las tensiones residuales producto de los procesos de conformación de la pieza y aquellas que surgen en los procesos de montaje. El segundo es el ambiente en el que se encuentra la parte al que además afecta la temperatura. Por lo descripto queda claro que ambas condiciones están presentes en los elementos estructurales de una aeronave por lo que para evitar o retrasar este proceso, todas las partes deben ser protegidas superficialmente mediante métodos mecánicos, químicos o electroquímicos.

El proceso corrosivo existente en las partes analizadas, no podía ser detectado a simple vista y requería un método y procedimiento específico para eso, lo que hasta el momento no forma parte del programa de mantenimiento del fabricante.

La protección superficial establecida en el plano del fabricante del herraje era un primer del tipo *Zinc Chromate Primer* de acuerdo con las especificaciones MIL-P-8585. El espesor de la película seca del primer recomendado ronda los 25 micrómetros. Las técnicas utilizadas en el ensayo en laboratorio eran capaces de detectar un espesor de 5 micrómetros. Por tal razón el laboratorio y la investigación coincidieron en concluir que la parte analizada no estaba protegida con ningún tipo de protección superficial, la razón por la cual no contaba con protección podría significar que la parte colapsada no se corresponda con una original.

El tipo de falla detectada, el probable origen no trazable de la parte y la falta de registro de las acciones realizadas sobre la aeronave se constituyen en factores concurrentes al agravamiento de la condición de la aeronave.

Por la razón antes expuesta es oportuno destacar que la única manera de mantener la condición de aeronavegabilidad de una aeronave (es decir la condición técnica y legal que le permita operar de manera segura) es respetando las prescripciones técnicas del fabricante y las establecidas en las regulaciones de aviación civil.

Actividad y mantenimiento del LV-JRY

El LV-JRY era una aeronave de cuarenta y ocho años de antigüedad y los registros declaraban una actividad de algo más de 4600 horas de vuelo; la investigación recabó testimonios que indicaron que la actividad real de la aeronave era muy superior a la declarada en los historiales.

Las discrepancias en los registros de actividad y de mantenimiento son factores recurrentes que subyacen en el análisis de la documentación técnica de muchas aeronaves de aviación general que sufren accidentes, y las consecuencias sobre la integridad estructural de éstas es significativa.



El último registro de actividad asentado en el historial de aeronave del LV-JRY tenía fecha 16 de agosto de 2013; al mismo tiempo la aeronave fue sometida a inspecciones anuales de rehabilitación en 2013, 2014, 2016 y 2017 y en cada una de estas rehabilitaciones mostraba actividad de vuelo acumulada. La investigación determinó que se registraba la actividad de manera informal y no en los historiales.

El mantenimiento de una aeronave exige la ejecución de tareas preventivas, correctivas y predictivas previstas en la documentación técnica y en las exigencias regulatorias y además la corrección formal en el registro de esas tareas. Sin un registro verdadero y correcto de la actividad de vuelo, el mantenimiento aplicado no garantiza la condición de seguridad en la operación de la aeronave.

En rasgos generales las estructuras de las aeronaves deben ser mantenidas para prevenir y detectar dos fenómenos bien característicos que son los procesos de fatiga y de corrosión; el primero está asociado a la cantidad de actividad y el perfil de vuelo al que es sometida y el segundo al tiempo calendario, al ambiente de operación y al ambiente de exposición de la estructura. Estos fenómenos se combinan además produciendo fenómenos de fisuras por corrosión bajo tensión.

La condición que mostraba la aeronave al momento del accidente reveló que la estructura presentaba procesos corrosivos de diferente grado tanto en la estructura primaria como secundaria, esto es un claro indicio de deficiencias en la ejecución del mantenimiento.

Antecedentes de los PA-25

El LV-JRY había sido sometido a una inspección para rehabilitación anual siete meses antes del accidente. Los registros mostraron además que en esa oportunidad se había cumplido con la AD 77-21-06 y la AD 95-12-01. Ambas directivas relacionadas con tareas preventivas para detectar procesos corrosivos en las uniones del ala con el fuselaje, la primera está indicada para inspeccionar la estructura tubular de la unión trasera (fuselaje) y la segunda busca determinar la condición del larguero delantero.

Las acciones especificadas en las AD buscan prevenir una posible separación en vuelo del ala de estas aeronaves a causa de fisuras o corrosión en las uniones con origen en la estructura tubular del fuselaje y no a partir de procesos iniciados en las tomas del ala.

La investigación accedió al informe técnico correspondiente, el cual además tenía registros fotográficos de las tareas donde se podía ver al LV-JRY con sus alas removidas.



En este caso al igual que otros sucesos investigados por la JST, se observó la ausencia de registros de acciones de mantenimiento, actividad de vuelo, discrepancias, etcétera. La falta de trazabilidad afecta adversamente a las defensas del sistema de gestión de la seguridad operacional de la aviación.

Tipo de construcción

Entelado: La estructura primaria del PA-25 está compuesta por un reticulado espacial entelado; el proceso de entelado envuelve los tubos de la estructura con la tela por lo que la superficie de éstos queda oculta debajo de la tela. Esta característica constructiva dificulta las tareas de inspección de gran parte de los tubos, los cuales solo vuelven a quedar expuestos cuando se realiza el reemplazo de la tela de la aeronave.

No existe un requerimiento específico o vida útil definida de la tela por lo que el reemplazo será realizado por condición; lo cual puede ocurrir cada 10 o más años.

Antecedentes.

Los registros de organismos de investigación de accidentes de otros Estados reflejan casos de accidentes por desprendimiento de ala en aeronaves del mismo modelo. Estos antecedentes dieron origen a instrucciones de aeronavegabilidad para evitar su recurrencia.

La investigación compartió los hallazgos de este accidente con especialistas de la ANAC y junto a datos aportados por especialistas en ensayos no destructivos (NDT, por sus siglas en inglés) que realizan inspecciones a este tipo de aeronaves, hicieron que sean revisadas dos advertencias de seguridad y se emita una propuesta de Directiva de Aeronavegabilidad.

Ambiente de trabajo.

Las aeronaves utilizadas en la actividad de agroaplicación pueden utilizar una diversidad muy amplia de productos, en estado líquido o sólido para diferentes fines. Por lo tanto, están expuestas a un ambiente corrosivo, por esta y otras razones las aeronaves suelen ser lavadas para evitar que los productos afecten directamente a la estructura y a los equipos.

La documentación técnica de las aeronaves PA-25 no contienen un procedimiento para lavado de la aeronave y con qué productos realizarla con lo cual la efectividad del lavado es relativa.



Contexto operativo

Entre los aspectos que definen el contexto operacional en el que se desarrollaba la actividad aérea, se encontraban los siguientes:

- El piloto no poseía la habilitación ni certificación correspondiente para el tipo de vuelo que realizaba.
- Se registra la actividad de aviación agro-aérea para terceros sin un Certificado de Explotador de Trabajo Aéreo.
- La aplicación de productos sin la receta fitosanitaria correspondiente.
- La aeronave poseía deficiencias en su documentación técnica.

Otro factor que no puede ser desatendido es el período de tiempo en el que se desarrolla la actividad y que queda limitado a aproximadamente un tercio del año calendario; con lo cual los problemas que se presentan en una campaña deben ser resueltos de manera expeditiva para cumplir los compromisos asumidos y para que el trabajo sea económicamente redituable.

En este contexto, ante determinadas situaciones, cumplir con lo establecido en las regulaciones implica perder una campaña de aplicación.

2.2 Aspectos institucionales

La operación de la aeronave era realizada por fuera de los estándares establecidos en las regulaciones, sin una licencia habilitante y con una CMA diferente a la establecida para este tipo de actividad. Esto condiciona entre otras cosas al operador a no registrar la actividad de vuelo ni las acciones de mantenimiento realizadas. Estas particularidades definen un contexto de desviaciones crecientes en el tiempo. Considerando los testimonios que indicaban que la aeronave había sido utilizada previamente de manera significativamente mayor a lo que indicaban los registros y sumado que estaba siendo utilizada sin registrar la actividad, es de alta probabilidad que la aeronave en algún momento presente fallas graves.



3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente

- ✓ La certificación médica aeronáutica del piloto estaba en vigencia, pero su clase no era la correspondiente para la actividad realizada de acuerdo con la normativa vigente.
- ✓ La licencia del piloto no lo habilitaba para volar el tipo de aeronave.
- ✓ La aeronave sufrió el colapso estructural del ala derecha en vuelo recto y nivelado, cuando sobrevolaba la pista de uso agro aéreo donde operaba.
- ✓ El colapso del ala derecha anuló la posibilidad de control de la aeronave por parte del piloto.
- ✓ El colapso del ala tuvo su origen en una falla por un proceso de corrosión bajo tensión en el herraje que contiene al perno que une al ala con el fuselaje.
- ✓ El herraje era del material previsto en los planos de fabricación, pero carecía de protección superficial.
- ✓ La falta de protección superficial indicada en el plano de fabricación de la parte podría indicar que ésta no haya sido elegible para equipar a la aeronave.
- ✓ La ausencia de protección superficial de la parte fue un factor agravante para la condición de seguridad de la aeronave.
- ✓ El mantenimiento preventivo realizado siete meses antes del accidente no fue efectivo al no detectar el proceso corrosivo de la toma.
- ✓ La antigüedad de la aeronave, el tipo de actividad y el ambiente corrosivo donde son operadas este tipo de aeronaves pueden generar procesos corrosivos de diferente grado.

3.2 Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación

La investigación identificó tres factores, sin relación de causalidad con el accidente, pero con potencial impacto en la seguridad operacional:



- ✓ La ausencia de un procedimiento para el lavado de las aeronaves luego de tareas de aplicación o espolvoreo se constituye en un factor contribuyente a la formación de corrosión en las aeronaves de uso agro aéreo.

 - ✓ El método de entelado de las estructuras de aeronaves con estructuras reticuladas metálicas hace que muchos tubos queden envueltos en tela, lo que dificulta las tareas de inspección y de esa manera la dificultad para detectar procesos corrosivos; lo cual puede constituirse en un factor que puede afectar la integridad estructural de estas aeronaves.

 - ✓ La falta de registro de la actividad de vuelo de la aeronave en los historiales de la aeronave en los últimos cinco años previos al accidente.
-



4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

4.1 A la Administración Nacional de Aviación Civil

RSO AE-1886-22

Analizar y determinar la necesidad de incorporar acciones de mantenimiento adicionales a las previstas para el modelo de aeronave y para aquellas que utilicen el mismo tipo de unión ala fuselaje que busquen detectar procesos incipientes de corrosión bajo tensión en los herrajes de unión del larguero al fuselaje.

RSO AE-1887-22

Fortalecer, concientizar e incorporar nuevas herramientas para que los operadores de aeronaves de aeroplación registren toda la actividad de vuelo y las acciones de mantenimiento realizadas sobre sus aeronaves.

RSO AE-1888-22

Establecer un programa de registro y seguimiento que abarque al cien por ciento de las aeronaves matriculadas en el registro nacional de aeronaves con Certificado Especial Restringido de uso agro aéreo para determinar la condición de la aviación agrícola.



5. APÉNDICE 1



PROVINCIA DE SANTA FE
Ministerio de Producción,
Ciencia y Tecnología



**Dirección General de
Asistencia Técnica**

F 8.6.0 - 01
Revisión: 16

INFORME 1 DE 1 DE LA O.T. N° 220 / 2019

Cliente: JIAAC

Domicilio: Av. Belgrano 1370

Localidad: C.A.B.A.

Teléfono: 11-26334137

Fax:

Email: hmorbidoni@jjacc.gob.ar

Hoja 1 de 22

Fecha recepción muestras: 14/05/2019

Fecha realización ensayo: 29/10/2020

Áreas intervinientes: Estudios de
Materiales Metálicos.

Rosario, 13 de Noviembre de 2020.

El siguiente informe se emite de acuerdo a las competencias asignadas por la legislación vigente en la provincia de Santa Fe.

ENSAYO SOLICITADO: Análisis de defectos – Determinación de posible corrosión – Defectos.

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS: Suministradas e identificadas por el comitente como:
“Larguero trasero PA25-LV-JRY”

MÉTODO: Macroscópico – Microscópico ; Análisis químico: *Espectrometría de emisión óptica*; Dureza: se tomó como referencia la Norma NM 187-1/99.

EQUIPAMIENTO: Lupa estereoscópica Olympus - Banco metalográfico Leitz MM6 ; SpectromaxX LMX07 – Durómetro de banco marca: Wolpert Amsler N° 717 -

LUGAR DEL ENSAYO: DAT.

RESULTADOS: en página siguiente

OBSERVACIONES: La muestra suministrada presenta deformaciones y aplastamientos sobre la superficie de rotura, como así también signos de haber estado expuesta a altas temperaturas – acción por exposición al fuego -.

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar

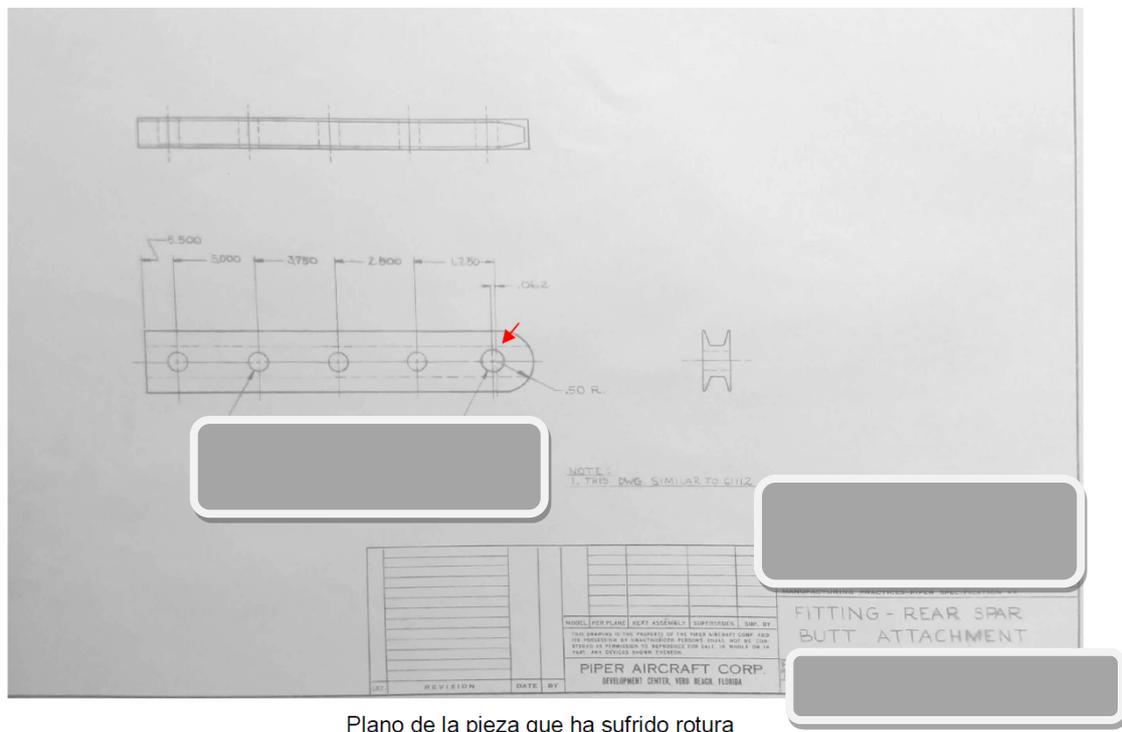
Resultados:

1. Antecedentes:

Nos fue suministrada por el comitente las muestras identificadas por el mismo como “Larguero trasero PA25-LV-JRY” a los efectos de realizar análisis de defectos – determinación de posible corrosión – defectos.

Datos suministrados por el comitente:

- La muestra se corresponde a una aeronave que sufrió un accidente en vuelo y se precipitó a tierra.
- La aeronave al momento de impactar con suelo firme sufrió un incendio.
- La muestra se corresponde a un herraje que vincula el ala derecha de la aeronave al fuselaje de la misma. Este herraje esta conformado por un par de perfiles de sección tipo doble T que se unen por medio de bulones a partes de la estructura de la pieza larguero.
- Planos constructivos de la pieza

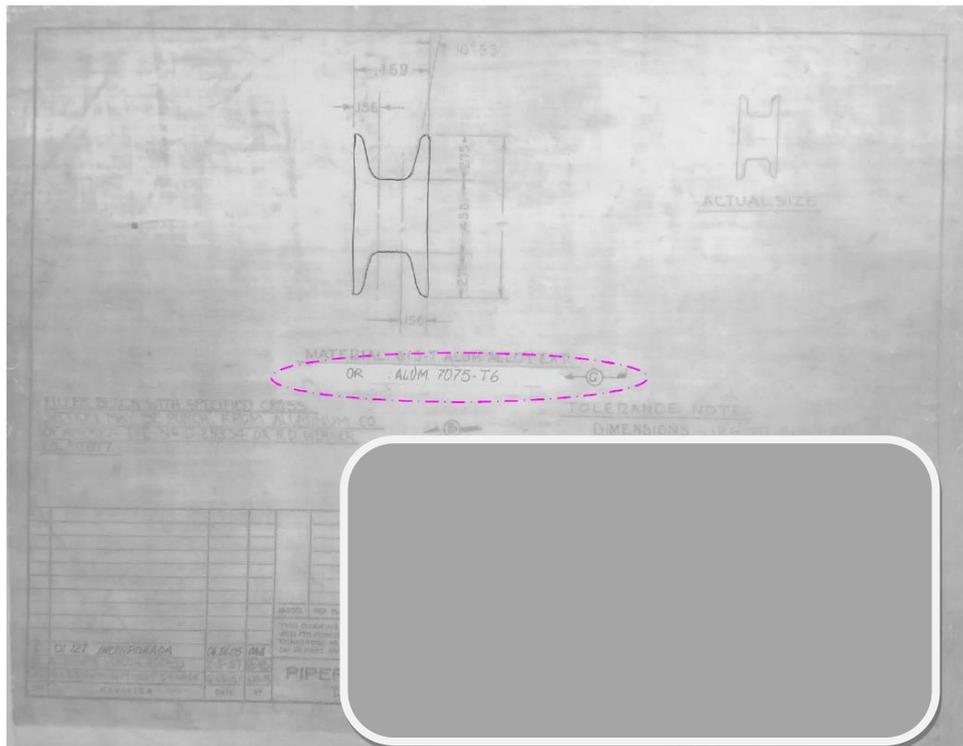


Plano de la pieza que ha sufrido rotura

.-/

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Plano detalle de componente que constituye a la pieza que ha sufrido rotura

- La pieza ha sufrido rotura con separación de partes, donde el resto de la misma se encuentra unida al fuselaje del avión siniestrado – hangar del propietario ubicado en la localidad de Máximo Paz -.

De la muestra suministrada, pueden hacerse las siguientes observaciones preliminares:

- La rotura se produjo en el orificio que aloja al buje y perno de vinculación de la pieza herraje con el fuselaje de la aeronave. Ver indicación plano 64054.
- Sobre la superficie de rotura se observa elevada deformación plástica y zonas de en la que han existido aplastamientos.
- La muestra herraje permite apreciar que se ha conservado la geometría general de la misma, donde solo ha existido alabeo parcial de las alas de los perfiles que la configuran, todo ello próximo a la localización de la superficie de rotura.
- La muestra presenta en su superficie óxidos e indicios de corrosión.
- Los bulones de unión de partes presentan elevado grado de oxidación / corrosión.
- No se observa protección superficial de la muestra.

Ver fotografías n°1, n°2, n°3, n°4, °5 y n°6.

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotografía n°1



Fotografía n°2



Fotografía n°3

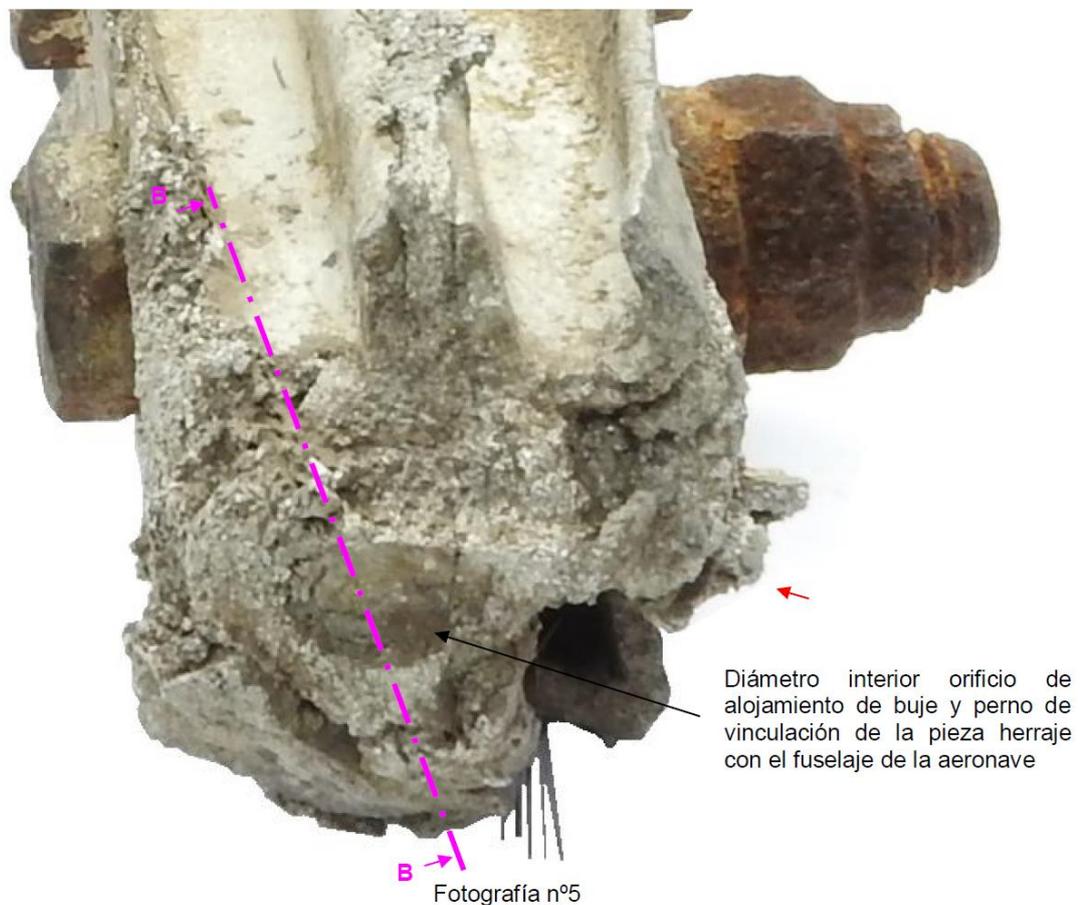
Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario - Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 - 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotografía n°4

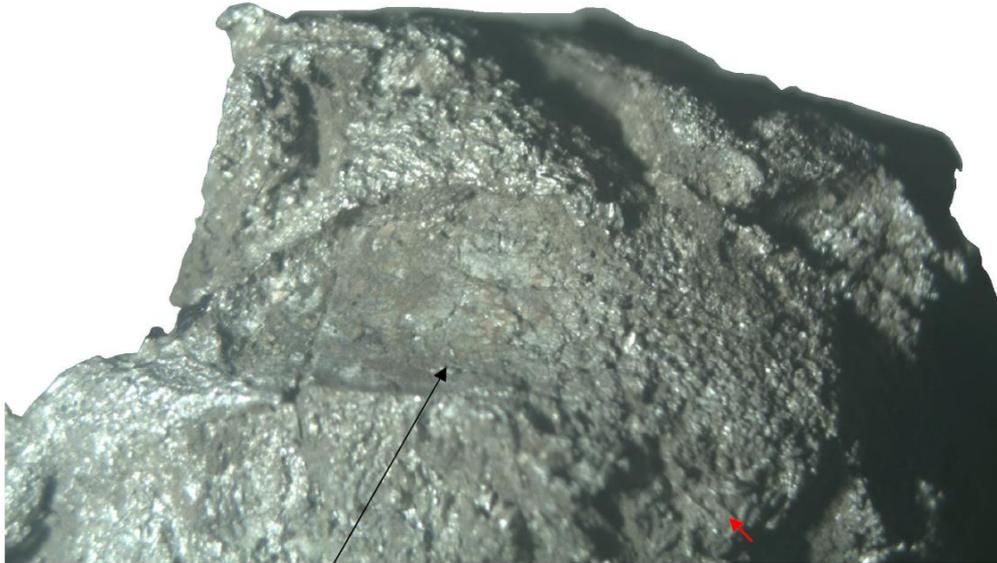


Fotografía n°5

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario - Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 - 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotografía n°6

Diámetro interior orificio de alojamiento de buje y perno de vinculación de la pieza herraje con el fuselaje de la aeronave

Nota: En base a las observaciones preliminares realizadas anteriormente, y a modo de contar con mayor información de la pieza que presentó rotura, se solicitó al comitente la provisión del otro extremo de la misma. De dicha solicitud, surgió la posibilidad de dirigimos hasta el sitio de alojamiento de los restos del fuselaje del avión siniestrado.

Observaciones realizadas sobre los restos del fuselaje del avión siniestrado:

- Los restos del fuselaje del avión siniestrado presentan elevado grado de oxidación, en especial el extremo donde se encontraba montada la pieza en estudio.
- Sobre el extremo donde se encontraba montada la pieza herraje se observa localizado el buje y bulón de sujeción. Sin signos de deformación. Alrededor de dichos elementos se observan restos que presumiblemente se correspondan con los de la pieza en estudio.
- Sobre el extremo izquierdo del fuselaje de la aeronave siniestrada se observa una pieza herraje, la cual se corresponde con el larguero trasero del ala izquierda. La pieza observada se encuentra conservada y sin signos de haber sufrido roturas.
- La pieza herraje correspondiente al extremo izquierdo no posee protección superficial.

A modo de lograr continuar con los estudios y gracias a la autorización del comitente, se procedió a retirar de los restos del fuselaje del avión siniestrada, las partes de los elementos

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario - Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 - 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar

INFORME 1 DE 1 DE LA O.T. N° 220/2019

Hoja 7 de 22

que revestían interés, estos son, extremo de vinculación de larguero trasero ala derecha – con rotura - y extremo de vinculación de larguero trasero ala izquierda – sin rotura -.

Ver fotografías n°7, n°8, n°9, n°10



Fotografía n°7



Fotografías n°8, n°9, n°10 y n°11.

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina

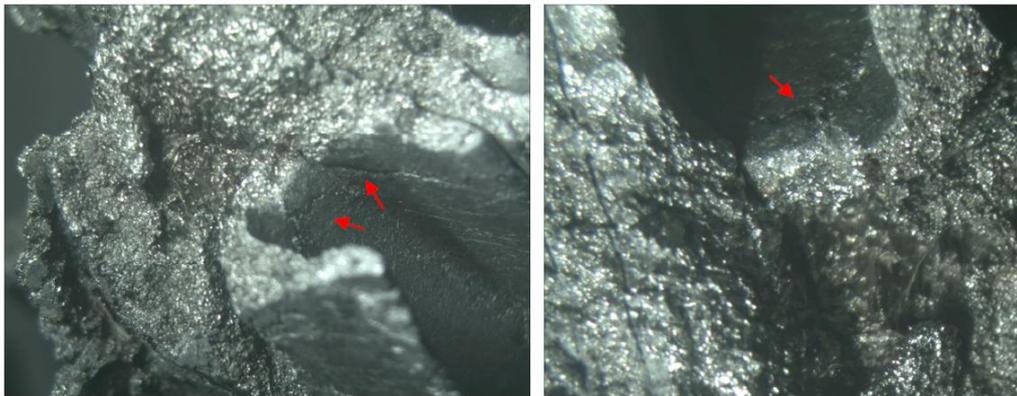
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar

2. Extremo de vinculación de larguero trasero ala derecha

2.1 Observaciones macroscópicas

Se procedió a realizar observaciones macroscópicas tanto de la muestra suministrada como de la extraída de los restos del fuselaje del avión siniestrado.

La observaciones macroscópicas realizadas sobre el extremo desprendido permiten apreciar elevado grado de deformación plástica y aplastamiento de las superficie de fractura, acompañado de un importante contenido de suciedades adheridas a dicha superficie, lo cual no permite identificar un origen claro del mecanismo de rotura actuante. Se observa un tramo pequeño de la superficie convexa correspondiente al diámetro interior de alojamiento del buje y perno de vinculación, desde donde se aprecia un avance de rotura, sin posibilidad de encontrar indicios de origen de la misma. Se observan además roturas paralelas a la superficie de fractura y un aspecto escamoso de las superficies adyacentes. Ver fotografías n°12, n°13, n°14 y n°15.



Fotografías n°12 y n°13



Fotografías n°14 y n°15

.-/

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar

Sobre el extremo de la pieza en estudio que quedó adherido a los restos del fuselaje de la aeronave se observan indicios de exposición a altas temperaturas en conjunto con elevada oxidación. Se observa además que la superficie de rotura muestra un aspecto alisado, sin posibilidad de determinar por medio fractográfico el mecanismo de rotura actuante. n°16, n°17 y n°18.



Fotografías n°16 y n°17



Fotografías n°18

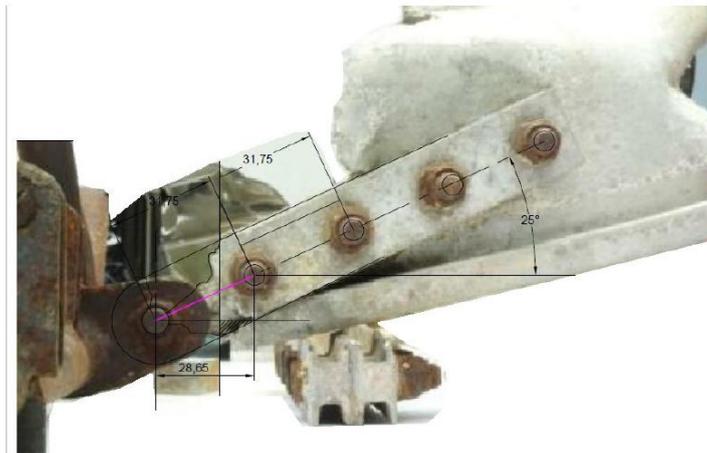
.-/

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

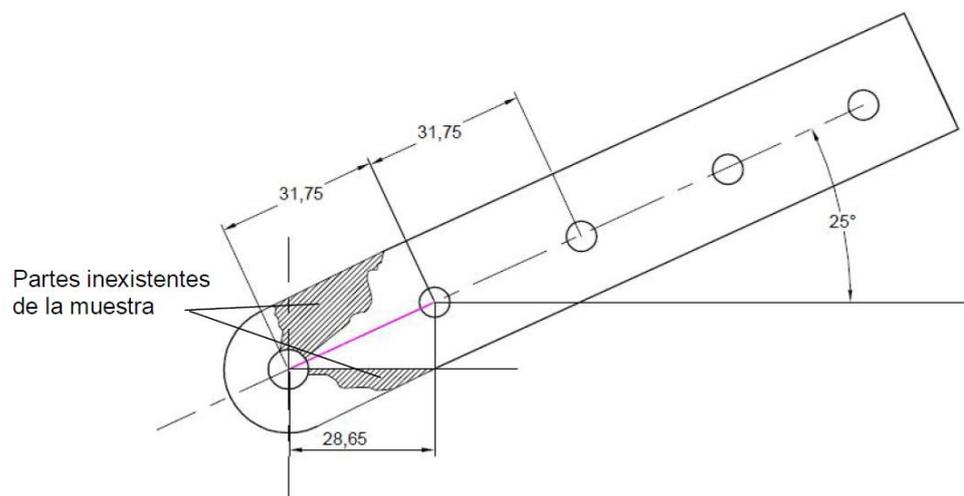
Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario - Prov. Santa Fe - República Argentina
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 - 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar

Se procedió a realizar una reconstrucción geométrica de la pieza con el fin de evaluar las posibles causas de falla y las correspondencias entre partes halladas.

De la reconstrucción así realizada puede indicarse que la pieza ha debido fracturarse en varias partes, de las cuales varias no fueron localizadas en su totalidad y no se cuentan para el presente estudio. Ver fotografías n°19 y croquis reconstrucción n°1.



Fotografía n°19



Croquis reconstrucción n°1

.-/

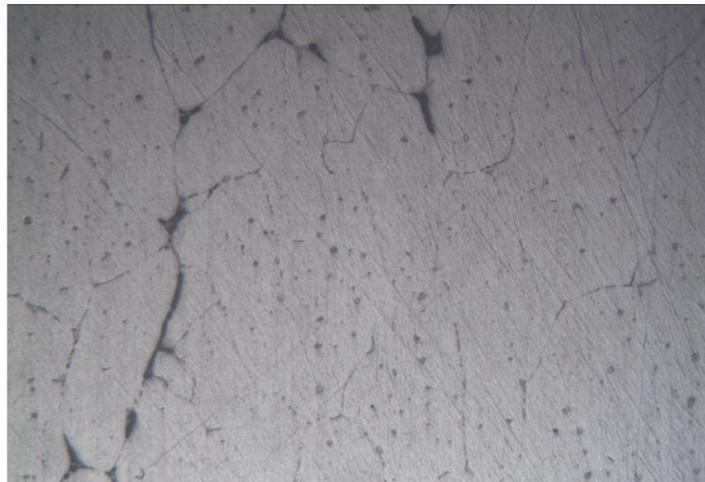
Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario - Prov. Santa Fe - República Argentina
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 - 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar

2.2 Observaciones microscópicas

Se procedió a realizar cortes transversales al eje del perfil que constituye a la muestra y cortes longitudinales que contengan la superficie de fractura, según indicaciones A-A y B-B – ver fotografías n°4 y n°5.

Sobre la sección A-A, y en proximidades a la superficie de fractura, puede apreciarse una estructura conformada por partículas de Mg_2Si y por la fase Fe_3SiAl_{12} , estando esta última formando redes. Desplazando la observación hacia la superficie exterior de la muestra se aprecia la existencia de grietas ramificadas que avanzan desde dicha superficie y hacia el interior de la sección de la misma, siguiendo una trayectoria intergranular con evidencias de la existencia de corrosión, siendo todo ello característico del agrietamiento de corrosión bajo tensión. Ver fotomicrografías n°1, n°2, n°3, n°4, n°5 y n°6.



Fotomicrografía n°1 x 100 aumentos –



Fotomicrografía n°2 x 200 aumentos –

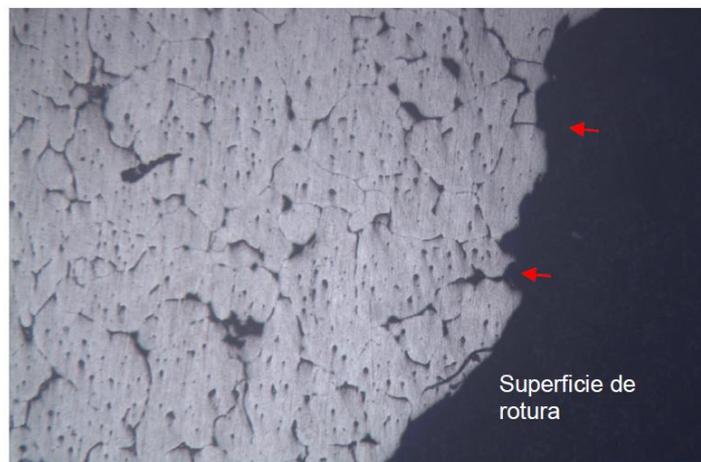
Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina

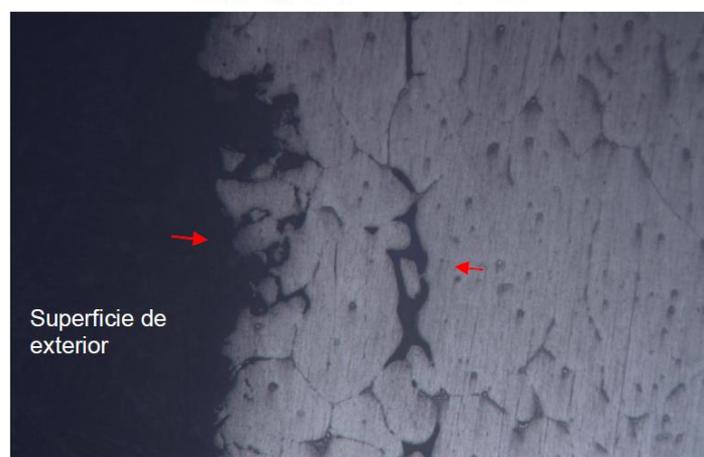
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotomicrografía n°3 x 500 aumentos –



Fotomicrografía n°4 x 50 aumentos –

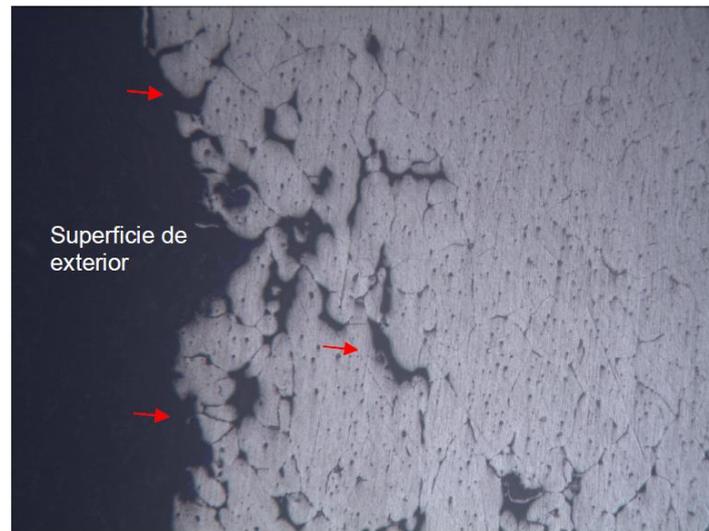


Fotomicrografía n°5 x 50 aumentos –

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotomicrografía n°6 x 50 aumentos –

Sobre la sección B-B, sobre el mismo perfil del herraje que presentó rotura, pero en localización más alejada de ella, se aprecia una estructura conformada por partículas de Mg_2Si y por la fase Fe_3SiAl_{12} . Desplazando la observación hacia la superficie exterior se aprecia la existencia de corrosión intergranular con grietas que avanzan desde dicha superficie y hacia el interior de la misma. n°7, n°6, n°7 y n°8.



Fotomicrografía n°7 x 100 aumentos –

.-/

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina

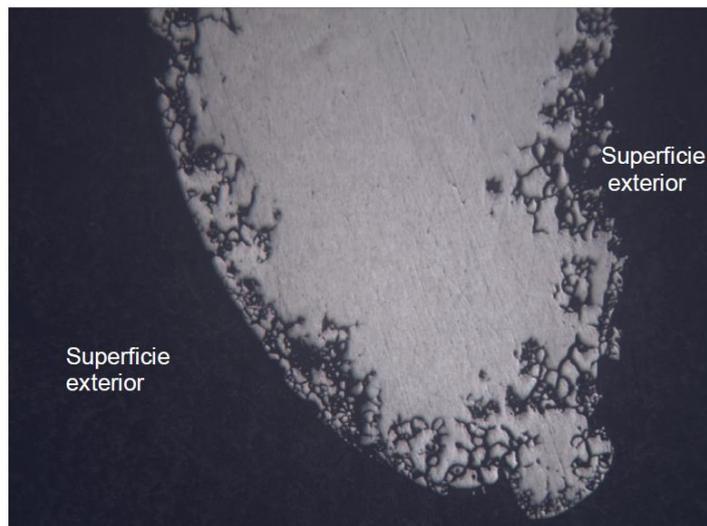
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotomicrografía n°8 x 200 aumentos –



Fotomicrografía n°9 x 500 aumentos –

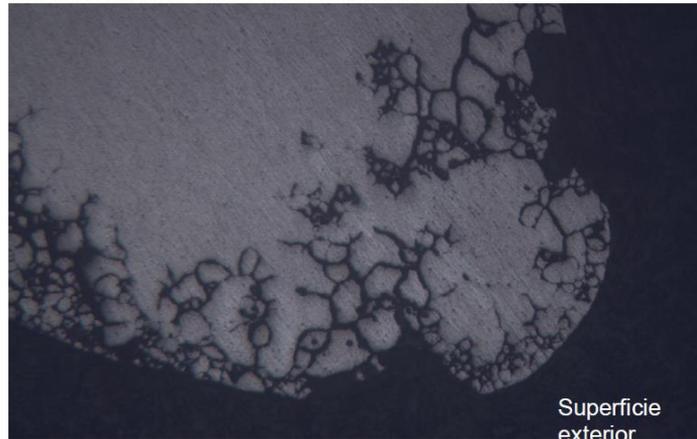


Fotomicrografía n°10 x 50 aumentos –

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotomicrografía n°11 x 100 aumentos –



Fotomicrografía n°12 x 200 aumentos –



Fotomicrografía n°13 x 200 aumentos –

* Las observaciones realizadas en ambas secciones de corte se corresponden con un mecanismo de corrosión bajo tensión.

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



2.3 Análisis químico

Se procedió a tomar muestras de los perfiles que constituyen a la pieza herraje y a realizar análisis químico a modo de caracterizar a al material constitutivo de la misma.

| Evaluación | Determinación de porcentajes (%) | | | | | | | |
|---|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti |
| Identificación | | | | | | | | |
| Larguero trasero PA25-LV-JRY - ala derecha – con rotura | 0.74 | 0.29 | 0.25 | 0.01 | 0.87 | 0.05 | 0.06 | 0.02 |

De acuerdo a los resultados hallados, la muestra ha sido obtenida de una aleación de aluminio del tipo 6061. Siendo la **aleación de aluminio 6061** de la siguiente composición química: Si: 0.40-0.80% – Fe: 0.70%max; Cu: 0.15-0.40%; Mn: 0.15%max; Mg: 0.80-1.20%; Cr: 0.04-0.35%; Zn: 0.25%max; Ti: 0.15%max.

2.4 Ensayo de dureza

- **Lugar de Medición:** Centro de espesor de Muestra – Material Base.

Resultado: 59 – 62.1 HBW 2,5 / 31.25 / 15"

2.5 – Consideraciones:

Las aleaciones de aluminio, tanto aquellas tratadas térmicamente como incluso el aluminio de gran pureza pueden sufrir corrosión intergranular. Debido a que la corrosión intergranular está involucrada en el agrietamiento por corrosión bajo tensión, con frecuencia se presume que es más perjudicial que las picaduras o la corrosión general.

Sólo las aleaciones de aluminio que contienen cantidades apreciables de elementos de aleación solubles (principalmente cobre, magnesio, silicio y zinc) son susceptibles de agrietamiento por corrosión bajo tensión. Para la mayoría de las aleaciones comerciales, se han desarrollado tratamientos térmicos que proporcionan un alto grado de inmunidad al agrietamiento por corrosión bajo tensión en la mayoría de los entornos. Se ha demostrado que los tratamientos que brindan alta resistencia al agrietamiento son aquellos que producen microestructuras libres de precipitado a lo largo de los límites del grano.

El agrietamiento por corrosión bajo tensión en las aleaciones de aluminio es característicamente intergranular. De acuerdo con la teoría electroquímica, esto requiere una condición a lo largo de los límites de los granos que los hace anódicos al resto de la

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar

microestructura para que la corrosión se propague selectivamente a lo largo de ellos. Tal condición se produce por la descomposición localizada de la solución sólida, con un alto grado de continuidad de los productos de descomposición a lo largo de los límites del grano. Las regiones más anódicas pueden ser los propios límites (más comúnmente, el precipitado formado en ellos) o regiones contiguas a los límites que se han agotado de soluto.

Una fuerte evidencia de la presencia de regiones anódicas, y de la naturaleza electroquímica de su corrosión en exposición a soluciones acuosas, es proporcionada por el hecho de que el agrietamiento por corrosión bajo tensión puede retardarse en gran medida, si no eliminarse, mediante la protección catódica.

2.6 – Conclusiones parciales:

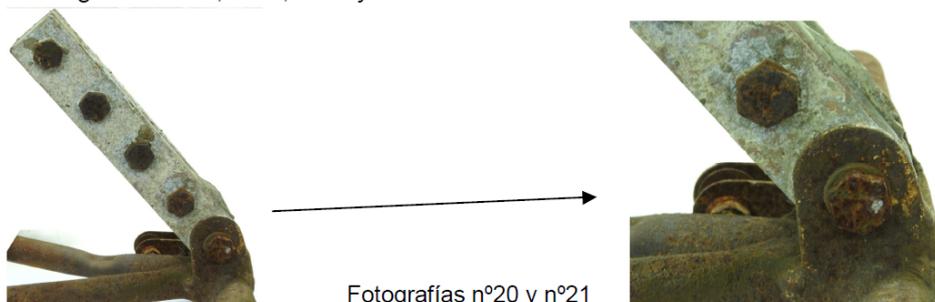
De acuerdo a los estudios realizados, es posible indicar que la muestra herraje correspondiente a “Larguero trasero PA25-LV-JRY” de ala derecha fue obtenida de un perfil de aleación de aluminio del tipo 6161, el cual presenta características de la condición T4. La pieza a presentado rotura debido al mecanismo de corrosión bajo tensión resultante de la exposición a una atmosfera corrosiva.

La fractura ha debido ocurrir durante el funcionamiento normal en un punto donde el daño originado por la corrosión intergranular actuó como un aumento de tensión, y no debido a una sobrecarga. El aspecto superficial de la superficie de la muestra y el ataque intergranular fueron evidencia que la protección de la superficie de la pieza ha debido ser inadecuada.

3. Extremo de vinculación de larguero trasero ala izquierda

3.1 Observaciones macroscópicas

Las observaciones macroscópicas realizadas sobre la pieza, mostraron la existencia óxidos y posible corrosión a lo largo de la superficie de la misma. La geometría general de la pieza se encuentra conservada, no observándose protección superficial de la misma. Ver fotografías n°20, n°21, n°22 y n°23.

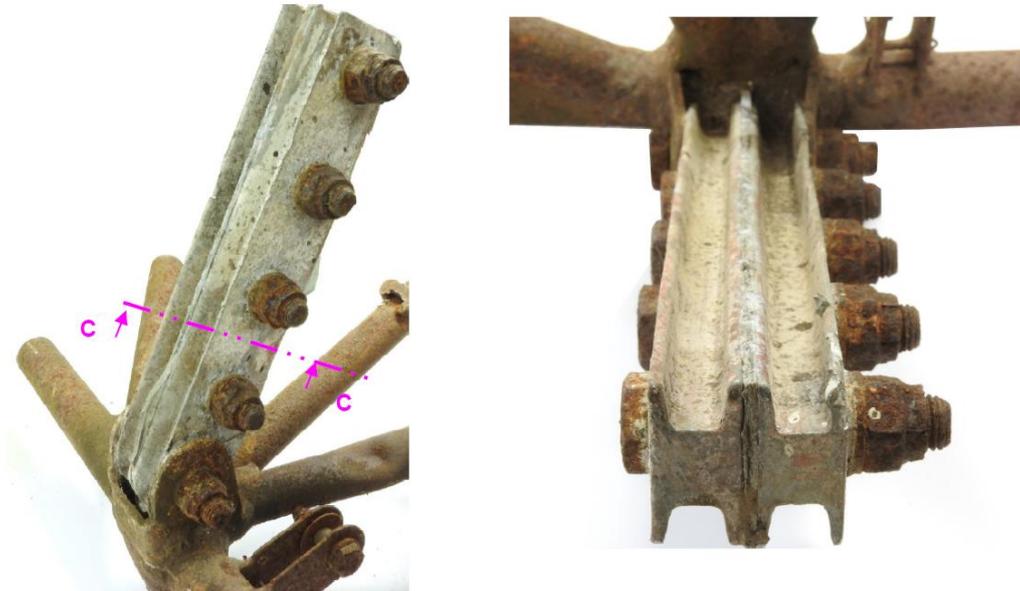


Fotografías n°20 y n°21

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotografías n°22 y n°23

3.2 Observaciones microscópicas

Se procedió a realizar cortes transversales al eje del perfil que constituye a la muestra según indicaciones C-C - ver fotografías n°22. Sobre la sección C-C, puede apreciarse una estructura conformada por partículas de Mg_2Si y por la fase Fe_3SiAl_{12} . Desplazando la observación hacia la superficie exterior de la muestra se aprecia la existencia de grietas ramificadas que avanzan desde dicha superficie y hacia el interior de la sección de la misma siguiendo una trayectoria intergranular, con evidencias de la existencia de corrosión, siendo todo ello característico de agrietamiento de corrosión bajo tensión. Ver fotomicrografías n°1, n°2, n°3 y n°4.



Fotomicrografía n°14 x 100 aumentos

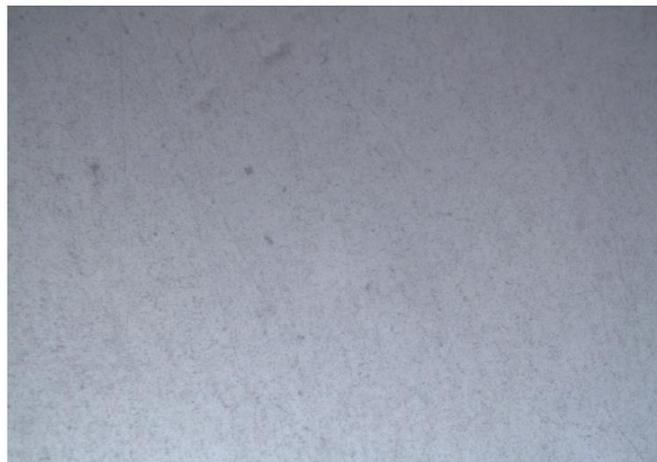
Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario - Prov. Santa Fe - República Argentina

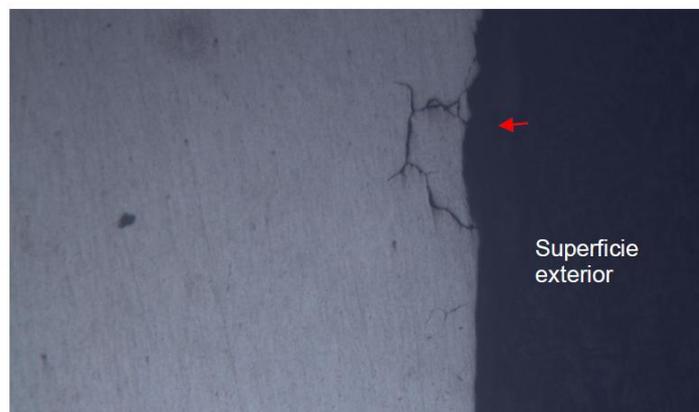
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 - 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotomicrografía n°15 x 200 aumentos



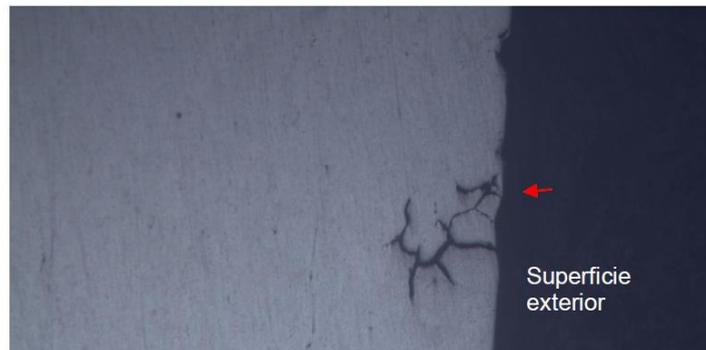
Fotomicrografía n°16 x 500 aumentos



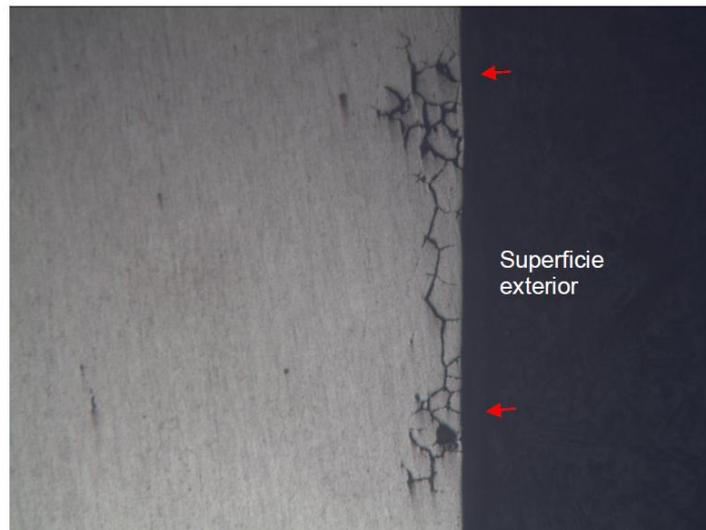
Fotomicrografía n°17 x 100 aumentos

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

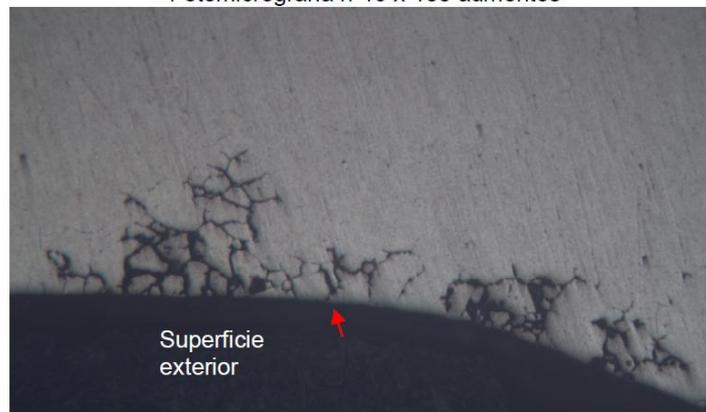
Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



Fotomicrografía n°18 x 100 aumentos



Fotomicrografía n°19 x 100 aumentos



Fotomicrografía n°20 x 100 aumentos

Las observaciones realizadas en se corresponden con un mecanismo de corrosión bajo tensión.

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario - Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 - 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



3.3 Análisis químico

Se procedió a tomar muestras de los perfiles que constituyen a la pieza herraje y a realizar análisis químico a modo de caracterizar a al material constitutivo de la misma.

| Evaluación | Determinación de porcentajes (%) | | | | | | | |
|---|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti |
| Identificación | | | | | | | | |
| Larguero trasero PA25-LV-JRY - ala izquierda – sin rotura | 0.75 | 0.31 | 0.25 | 0.02 | 0.88 | 0.05 | 0.01 | 0.02 |

De acuerdo a los resultados hallados, la muestra ha sido obtenida de una aleación de aluminio del tipo 6061. Siendo la **aleación de aluminio 6061** de la siguiente composición química: Si: 0.40-0.80% – Fe: 0.70%max; Cu: 0.15-0.40%; Mn: 0.15%max; Mg: 0.80-1.20%; Cr: 0.04-0.35%; Zn: 0.25%max; Ti: 0.15%max.

3.4 Ensayo de dureza

- **Lugar de Medición:** Centro de espesor de Muestra – Material Base.

Resultado: 60.5 HBW 2,5 / 31.25 / 15"

3.5 – Consideraciones

Tanto las características macrográficas, como las del material y las del mecanismo actuante sobre la muestra Larguero trasero PA25-LV-JRY - ala izquierda – sin rotura son similares a las halladas en la pieza Larguero trasero PA25-LV-JRY - ala derecha – con rotura.

3.6 – Conclusiones parciales

De acuerdo a los estudios realizados, es posible indicar que la muestra herraje correspondiente a “Larguero trasero PA25-LV-JRY” de ala izquierda a fue obtenida de un perfil de aleación de aluminio del tipo 6161, el cual presenta características de la condición T4. La pieza presenta un avance severo de agrietamiento por el mecanismo de corrosión bajo tensión resultante de la exposición a una atmosfera corrosiva.

.-/

Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en su totalidad y sin introducir cambios.

Esmeralda y Ocampo - 2000 - Rosario – Prov. Santa Fe - República Argentina

Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar ; www.dat.gov.ar



4. – Conclusiones finales

Las piezas analizadas han sido obtenidas de aleación a partir de una aleación de aluminio del tipo 6061, las cuales presentan características de una condición T4. Dichas muestras debido a la exposición a una atmosfera corrosiva y a tensiones que pueden ser propias del servicio y de las condiciones de montaje, han presentado agrietamiento debido al mecanismo de corrosión bajo tensión, produciéndose la rotura con desprendimientos de partes en la pieza herraje de Larguero trasero PA25-LV-JRY - ala derecha – con rotura.

Las muestras analizadas no presentaban al momento de ser analizadas protección superficial.