

JST | SEGURIDAD EN
EL TRANSPORTE

Informe de Seguridad Operacional

Sucesos Aeronáuticos



Fallo o malfuncionamiento de componente

Propietario privado

Petrel 912i, LV-FVC

Aeródromo de Pergamino, Pergamino, Buenos Aires

4 de julio de 2019

52059721/21



Ministerio de Transporte
Argentina



Junta de Seguridad en el Transporte

Florida 361, piso 6º

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1005AAG

0800-333-0689

www.argentina.gob.ar/jst

info@jst.gob.ar

Informe de Seguridad Operacional 52059721/21

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 a personas	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.....	13
1.8 Ayudas a la navegación	13
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.....	14
1.14 Incendio.....	14
1.15 Supervivencia	14



1.16	Ensayos e investigaciones	15
1.17	Información orgánica y de dirección	16
1.18	Información adicional	16
1.19	Técnicas de investigaciones útiles o eficaces	18
2.	ANÁLISIS	19
2.1	Introducción	19
2.2	Aspectos técnicos-operativos.....	19
3.	CONCLUSIONES.....	21
3.1	Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente	21
4.	RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL	22
4.1	A la Administración Nacional de Aviación Civil.....	22
5.	APÉNDICES.....	23



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
CG: Centro de Gravedad
ELT: Transmisor de Localización de Emergencia
IIC: Investigadores a Cargo
JST: Junta de Seguridad en el Transporte
MTOW: Peso Máximo de Despegue
NDT: Ensayo No Destructivo
OACI: Organización de Aviación Civil Internacional
OAT: Temperatura Exterior del Aire
P/N: Número de Pieza
RAAC: Regulaciones Argentinas de Aviación Civil
S/N: Número de serie
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 incidente experimentado por la aeronave LV-FVC, un Petrel 912i en Pergamino (Buenos Aires), el 4 de julio de 2019 a las 13:45 horas, durante un vuelo de aviación general de entrenamiento.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con los defectos en el proceso de soldadura utilizado en la construcción de la aeronave.

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



Figura 1. Vista general de la aeronave



1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del vuelo

El 4 de julio de 2019 la aeronave matrícula LV-FVC, un Petrel 912i, despegó del aeródromo de General Rodríguez (General Rodríguez, Buenos Aires) a las 12:25 horas,² con destino al aeródromo de Pergamino (Pergamino, Buenos Aires), en un vuelo de aviación general de entrenamiento. Luego de 80 minutos de vuelo en condiciones de vuelo visual, realizó un aterrizaje normal por la cabecera 22 y durante el rodaje, el piloto experimentó fuertes vibraciones provenientes del tren de aterrizaje de nariz. Luego, se produjo el colapso estructural de éste, impactando la hélice con la superficie de la pista.

Como consecuencia del suceso, la aeronave experimentó la destrucción de su hélice y la detención brusca de su motor.

1.2 Lesiones a personas

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

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Daños de importancia por colapso estructural del tren de aterrizaje de nariz.

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

1.3.2 Motor

Sin daños.

1.3.3 Hélice

Destruída.



Figura 2. Daños en el LV-FVC

1.4 Otros daños

No hubo.

1.5 Información sobre el personal

La certificación del piloto cumplía con la reglamentación vigente.

Piloto	
Sexo	Masculino
Edad	18 años
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto privado de avión
Habilitaciones	Monomotores terrestres
Certificación médica aeronáutica	Clase 2 Válida hasta el 31/03/2021

Tabla 2

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	30,0	20,0
Últimos 90 días	30,0	0,0
Últimos 30 días	8,0	8,0
Últimas 24 horas	0,0	0,0
En el día del suceso	1,4	1,4

Tabla 3

1.6 Información sobre la aeronave

La aeronave estaba certificada de conformidad con la reglamentación vigente, pero no estaba mantenida de acuerdo con el plan de mantenimiento del fabricante. Los registros de actividad y mantenimiento mostraban discrepancias entre la actividad de la aeronave y las tareas de mantenimiento registradas.

No se identificaron registros actualizados relacionados con el total general de actividad de la aeronave.

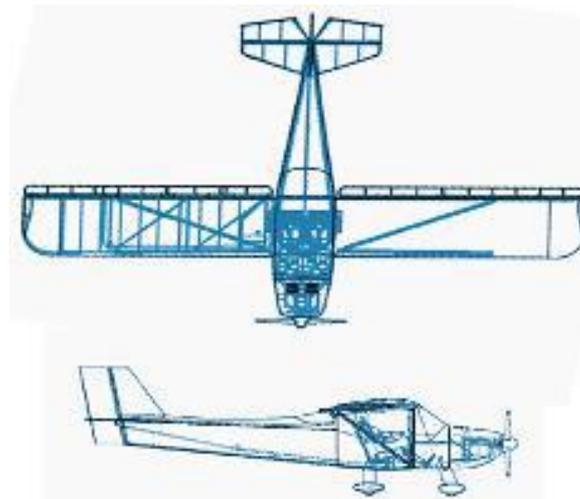


Figura 3. Vistas de la aeronave Petrel

Aeronave	
Marca	Petrel
Modelo	Aeroitba Petrel 912i
Categoría	Ala fija
Fabricante	Proyecto Petrel S.A.
Año de fabricación	2015
Número de serie	006



Peso máximo de despegue		1244,0 lb
Peso máximo de aterrizaje		1244,0 lb
Peso vacío		694,3 lb
Fecha del último peso y balanceo		Sin datos
Horas totales		Sin datos
Horas desde la última recorrida general		Sin datos
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	11/10/2018
Certificado de aeronavegabilidad	Clasificación	Estandar
	Categoría	Normal-VLA3
	Fecha de emisión	26/10/2015
	Fecha de vencimiento	Sin vencimiento

Tabla 4

Motor	
Marca	Rotax
Modelo	912 F2
Fabricante	Rotax
Número de serie	4413029
Horas totales	Sin datos
Horas desde la última recorrida general	Sin datos
Horas desde la última intervención	Sin datos
Ciclos totales	No aplica
Ciclos desde la última recorrida	No aplica
Habilitación	Hasta el 09/2030

Tabla 5

Hélice	
Marca	Clerici
Modelo	HCF-28NB-3
Fabricante	Clerici
Número de serie	1955
Horas totales	Sin datos
Horas desde la última recorrida general	Sin datos
Horas desde la última intervención	Sin datos
Habilitación	Hasta 1000 horas

Tabla 6

Peso y balanceo al momento del incidente	
Peso vacío	362 kg
Peso del piloto	70 kg



Peso del combustible	54 kg
Peso total	486 kg
Peso máximo permitido de despegue	556 kg
Diferencia en menos	70 kg

Tabla 7

El peso y el balanceo de la aeronave se encontraban dentro de la envolvente de vuelo indicada en el manual de la aeronave.

1.7 Información meteorológica

No relevante.

1.8 Ayudas a la navegación

No relevante.

1.9 Comunicaciones

No relevante.

1.10 Información sobre el lugar del suceso

Lugar del suceso	
Ubicación	10 km al sur oeste de Pergamino, Buenos Aires
Coordenadas	33°55'13"S - 60°38'53"W
Superficie	Asfalto
Dimensiones	1200 x 30 metros
Orientación magnética	04/22
Elevación	236 pies
Normas generales	No aplica

Tabla 8

1.11 Registradores de vuelo

No aplica.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

El incidente se produjo sobre la pista del aeródromo de Pergamino. La aeronave sufrió el colapso estructural de su tren de aterrizaje de nariz durante el rodaje, impactando con la hélice en el asfalto de la pista.

No hubo dispersión de restos ni se observaron partes faltantes en la aeronave.



Figura 4. El LV-FVC accidentado y marcas en la pista

1.13 Información médica y patológica

No se detectó evidencia médico-patológica del piloto relacionada con el incidente.

1.14 Incendio

No hubo.

1.15 Supervivencia

El piloto abandonó la aeronave por sus propios medios y resultó sin lesiones. La cabina no sufrió deformaciones. Los cinturones de seguridad, arneses y anclajes del asiento del piloto soportaron los esfuerzos a los que fueron sometidos.

1.16 Ensayos e investigaciones

La investigación reservó para estudio la horquilla del tren de aterrizaje de nariz P/N TA_01_01_00, que había sido encontrada colapsada al momento de arribar al lugar del suceso.



Figura 5. Tren de aterrizaje de nariz del LV-FVC

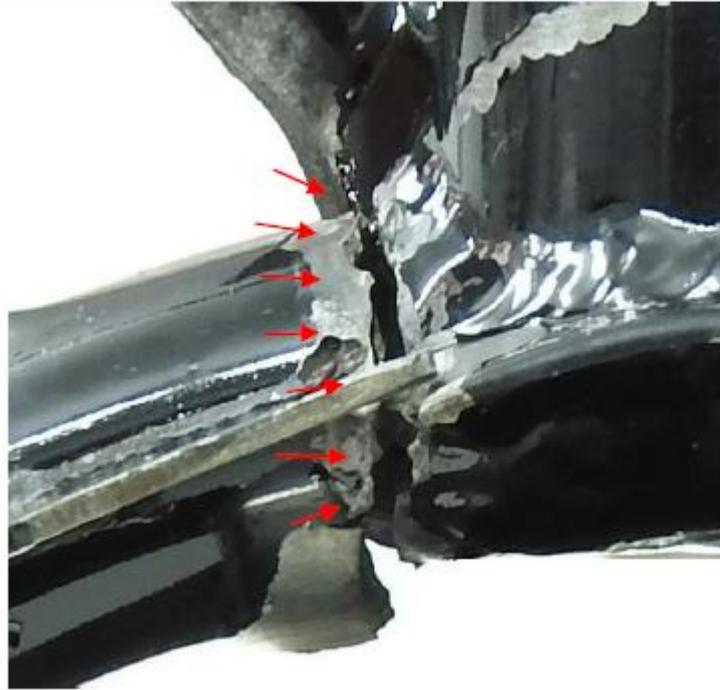


Figura 6. Fisura contigua al cordón de soldadura

Esta pieza fue sometida a un estudio para determinar la causa de la rotura (Véase Apéndice “Estudio de rotura de la horquilla del tren de aterrizaje de nariz; informe de ensayo de la Dirección de Asistencia Técnica dependiente del Ministerio de la Producción de la provincia de Santa Fe (O.T. N° 348/2019)”).

1.17 Información orgánica y de dirección

La aeronave pertenecía a la empresa privada Sky Master S.A., que ofrece servicios de alquiler de aeronaves y traslados para el público en general.

1.18 Información adicional

De acuerdo con los registros de la JST, la aeronave LV-FVC sufrió un incidente el 10 de diciembre de 2016 en el aeropuerto Astor Piazzolla de la ciudad de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires, cuando debido a una ráfaga de viento lateral que excedía los límites de operación de la aeronave experimentó una pérdida de control en tierra.

Tren de aterrizaje de nariz

El componente colapsado está desarrollado constructivamente a partir de un tubo de sección circular conformado al que se le adosan en sus extremos dos tubos para contención del eje de



Según el manual de mantenimiento de Petrel:

- D. Tren de Aterrizaje (Principal y de Nariz) (ver Fig. 51-00-00-4).**
- (1) Tren Principal – Está construido en barra cilíndrica de acero SAE 4130 con una disminución de sección en un extremo, para que oficie de fusible.
 - (2) Tren de Nariz – Construido en tubos de acero SAE 4130, que incluye una horquilla para montaje de la rueda de nariz y una charnela para conexión con la pedalera.

Figura 9. Extracto del manual de mantenimiento capítulo 51-00-00

- ### FUSELAJE – Descripción, Inspección y Mantenimiento
- 1. Descripción**
 - A. La estructura del fuselaje ha sido tratada en el Capítulo 51 precedente, por lo que en esta Sección se limitará a brindar instrucciones sobre prácticas de mantenimiento para su inspección y reparación. .
 - 2. Inspección**
 - A. Anualmente se inspeccionarán todos los puntos de soldadura a los cuales se pueda acceder sin dañar el entelado del fuselaje, con el propósito de determinar el estado general de ellas y la no evidencia de corrosión, deformaciones, etc.
 - B. Cuando fuere necesario se deberán remover los asientos, portaequipajes y recubrimientos interiores (ver Cap. 25), para cumplir con las inspecciones expresadas en el acápite anterior.
 - C. La remoción del carenado superior de cola, facilitará la inspección de prácticamente todo el fuselaje de cola.
 - 3. Mantenimiento y Reparación**
 - A. Serán de aplicación todas las normas de la publicación AC43.13-1B "Inspección y Reparación de Aeronaves – Métodos, Técnicas y Prácticas Aceptables"

Figura 10. Extracto del manual de mantenimiento capítulo 53-10-00

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

No aplica.



2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

Luego de un aterrizaje en el aeródromo de destino, durante el rodaje a la plataforma, se produjo el colapso estructural del tren de aterrizaje de nariz de la aeronave y, en consecuencia, la hélice impactó en la pista. El análisis del suceso se enfocó en determinar la causa de la falla y si ésta afecta a la integridad estructural del tren de aterrizaje de nariz de este modelo de aeronaves.

2.2 Aspectos técnicos-operativos

La investigación no identificó aspectos en la operación de la aeronave que pudieran haber influido en el suceso. El estudio realizado sobre la horquilla del tren de aterrizaje de nariz mostró que el proceso de soldadura de conformado se constituyó en un severo concentrador de tensiones, que propició la falla posterior. Según este estudio:

3. Consideraciones:

- La muestra analizada presenta elevado grado de deterioro sobre las superficies de rotura, oxidación y deformación plástica debido a contacto, que han imposibilitado determinar la zona de inicio de la misma.
- La rotura general de la muestra se produce en la localización de mayores esfuerzos mecánicos, donde esfuerzos cíclicos de flexión, corte e impacto pueden hacerse presente durante el servicio del componente "Tren de aterrizaje de nariz de aeronave Petrel 912 LV-FVC".
- Los materiales sometidos a procesos de soldadura experimentan cambios estructurales, los cuales deben ser atendidos a modo de evitar la existencia de estructuras metalográficas indeseadas que limitan considerablemente la capacidad de soportar esfuerzos mecánicos.
- La muestra conjunto "Tren de aterrizaje de nariz de aeronave Petrel 912 LV-FVC" ha sido construida por tubería de acero del tipo SAE 4130, el cual posee características de templeabilidad que deben ser consideradas.

4. Conclusiones:

De acuerdo a los estudios realizados entendemos que la muestra "Tren de aterrizaje de nariz de aeronave Petrel 912 LV-FVC" ha presentado rotura debido a la aplicación de cargas cíclicas,



iniciándose en localización del exterior de la superficie soldada, la cual pudo resultar como una entalla metalúrgica, constituyéndose este sitio en la zona apropiada para el proceso de inicio de falla.

No se encontraron indicios de haber sometido al tren de aterrizaje de nariz a cargas que hubiesen excedido las normales previstas para el elemento en la operación de la aeronave. La aparición de estructuras frágiles (fases aciculares martensíticas) en el sector inmediatamente contiguo al cordón de soldadura disminuyeron considerablemente la capacidad de la horquilla de soportar esfuerzos mecánicos. Esto dio lugar a grietas (entalla metalúrgica) que se propagaron de manera relativamente rápida hasta que el material remanente no pudo soportar el esfuerzo transmitido en la operación normal de la aeronave y se produjo el colapso estructural del componente.

Los controles de calidad que se aplican para determinar la efectividad del proceso de soldadura consisten en inspecciones visuales y por métodos de ensayos no destructivos orientados a detectar defectos y grietas superficiales, pero estos métodos no permiten detectar la presencia de una estructura granular martensítica en la zona adyacente al cordón de soldadura; la forma de evitar este defecto es mediante la aplicación estricta del proceso correcto y de la manera prevista.

Las acciones de mantenimiento preventivo en la vida de utilización de la aeronave sobre los cordones de soldadura de la aeronave tienen como objeto verificar el estado general y la no presencia de corrosión o deformaciones. Esas acciones no permiten la detección efectiva de progreso de fisuras.



3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente

- ✓ La aeronave no estaba mantenida conforme con la normativa vigente.
 - ✓ Luego del aterrizaje en la pista del aeródromo de Pergamino, en la fase de rodaje, se produjo el colapso estructural del tren de aterrizaje de nariz.
 - ✓ No existen evidencias de cargas superiores al límite de resistencia sobre el componente que colapsó en servicio.
 - ✓ El colapso estructural del tren de aterrizaje de nariz se produjo como consecuencia de la propagación de fisuras en la zona contigua al cordón de soldadura en la horquilla.
 - ✓ Las fisuras generadas se produjeron por una alteración de la estructura cristalina del material.
 - ✓ Las acciones de mantenimiento preventivo para la estructura de la aeronave no garantizan la detección de este tipo de daño oculto.
-



4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

4.1 A la Administración Nacional de Aviación Civil

RSO AE-1876-21

Determinar si la estructura de las aeronaves fabricadas por la empresa Proyecto Petrel S.A. mantienen en su vida de utilización las características técnicas de diseño, en particular si cumplen con las especificaciones aprobadas que aseguran que tengan la resistencia y otras propiedades asumidas en los datos de diseño.

RSO AE-1877-21

Determinar si el proceso de soldadura aplicado sobre las partes ya fabricadas y las que actualmente están en producción respetan en un todo las especificaciones del proceso aprobado.

5. APÉNDICES

INFORME 1 DE 1 DE LA O.T. N° 348/2019

Hoja 2 de 14

Resultados:

1-Antecedentes:

Nos fue suministrada por el comitente la muestra identificada por el mismo como “Tren de Aterrizaje de nariz de aeronave Petrel 912 LV-FVC” la cual presentaba rotura. Ver fotografía n°1, n°2, n°3 y n°4.



Fotografía n°1 – Vista Anterior



Fotografía n°2 – Vista Posterior



Fotografía n°3 – Detalle Vista Anterior



Fotografía n°4 – Detalle Vista Posterior

.-/

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

Datos Suministrados por el comitente:

- Componente correspondiente a aeronave de producción nacional.
- Material constructivo: Tuberías de acero 4130 , uniones soldadas mediante proceso TIG.
- Rotura del componente durante proceso de aterrizaje normal, sin aparentes complicaciones y/o anormalidades.
- Tiempo en servicio estimado aproximado del componente: 1000 ciclos, no existiendo vida útil definida.
- El componente se encuentra constituido básicamente por un cuerpo central el cual contiene en su interior un muelle que actúa como amortiguador. En la base del cuerpo central se encuentran vinculados a través de soldadura una suerte de horquilla de tubería circular que constituye el soporte de sujeción de la rueda de aterrizaje de nariz de la aeronave. Ver fotografía n°5.



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

- El componente presenta rotura en ambos extremos que constituyen a la horquilla de sujeción de la rueda de tren de aterrizaje de nariz, ambos con desprendimiento total del componente, quedando el lado izquierdo vinculado al conjunto por medio de refuerzos laterales.
- El componente presenta sobre el extremo que quedo vinculado al cuerpo central marcas de fricción en la base inferior. Estas marcas han debido producirse como consecuencia del colapso del conjunto y arrastre del mismo sobre la superficie de aterrizaje. Ver fotografía n°6.



Fotografía n°6

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

- Las roturas se producen en las zonas de unión de los extremos que constituyen a la horquilla de sujeción de rueda de tren de aterrizaje y el cuerpo central.
- Se observan sobre las superficies de rotura abundantes óxidos.
- Las superficies de rotura presentan importantes aplastamientos, correspondientes a contacto entre partes posterior a la rotura del componente.
- Las geometrías de las piezas correspondientes a conjunto "Tren de aterrizaje" se encuentran conservadas.
- La rotura produjo separación de las partes de los extremos constituyentes a la horquilla de sujeción de rueda, quedando uno de los extremos vinculas a cuerpo central por medio de la aleta de refuerzo.

** Para la realización del presente estudio se utilizara el extremo de horquilla derecho y el labio de rotura del cuerpo central correspondiente al mismo.*

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- Estudios Realizados:

2.1- Observaciones visuales y macroscópicas.

- La rotura se produjo de forma circunferencial a la sección de tubo circular que constituye al extremo de horquilla, siguiendo perfil de soldadura practicado para la unión de partes.
- Los perfiles del tubo circular y el del cordón de soldadura se encuentran conservados.
- Sobre la superficie interior de la soldadura de unión de partes, se observa un defecto, atribuible a una perforación de la pared de tubo y fuga de material de aporte.
- Los perfiles que constituyen a los labios de rotura siguen la trayectoria de afectación térmica del proceso de soldadura, observándose ramificación hacia el interior de la sección del cuerpo central. Ver fotografías n°7, n°8, n°9, n°10, n°11 y n°12.



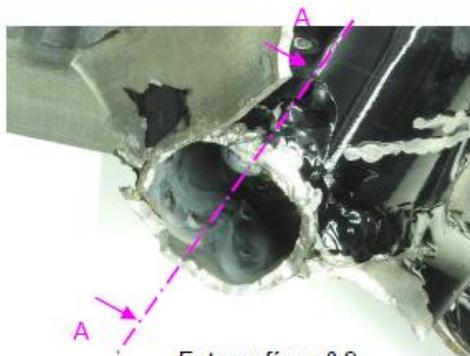
Fotografías n° 7



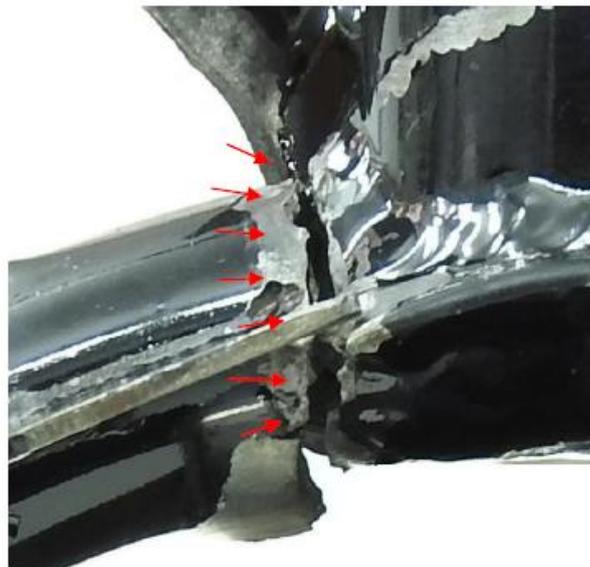
Fotografías n° 7 - Detalle



Fotografías n° 8



Fotografías n° 9



Fotografías n° 8 - Detalle

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

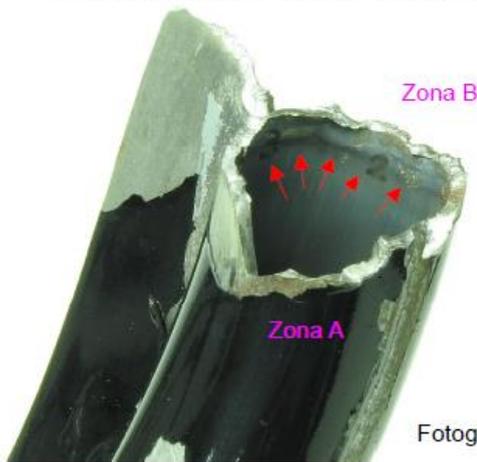
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar; www.dat.gov.ar



Fotografías n° 10 – extremo horquilla derecho



Fotografías n° 11 – extremo horquilla derecho



Fotografías n° 12 – extremo horquilla derecho

2.2 - Observaciones microscópicas.

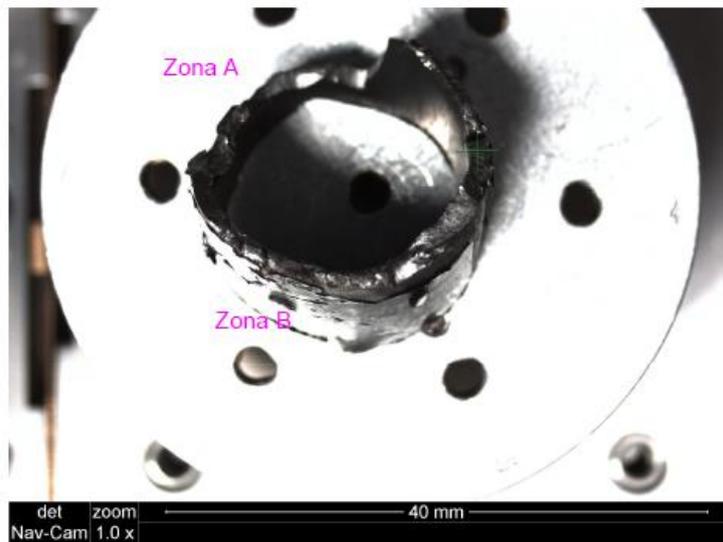
2.2.1 - Microcopia Electrónica de barrido

Se procedió a separar los labios de rotura correspondientes al extremo horquilla derecho y a observarlos a través de microscopia electrónica de barrido – SEM. Ver fotografía digitalizada n°1 – vista en planta _ cámara SEM -. Las observaciones microscópicas así realizadas, mostraron que sobre la superficie de rotura existía una capa de óxido firmemente adherida, la cual no fue posible retirar por los procesos de limpieza realizados. Esta capa así adherida imposibilitó realizar el análisis completo de dicha rotura. Ver fotografía digitalizada n°2 y análisis EDS de la misma. No obstante a ello, en los tramos de observables se pudo apreciar importante deformación/aplastamiento debido al contacto entre partes, zona con existencia de rotura del tipo frágil – Zona A – Ver fotografía digitalizada n°3, n°4 y n°5 y zona con existencia de rotura del tipo dúctil – Zona B – ver fotografía digitalizada n°6, n°7 y n°8.

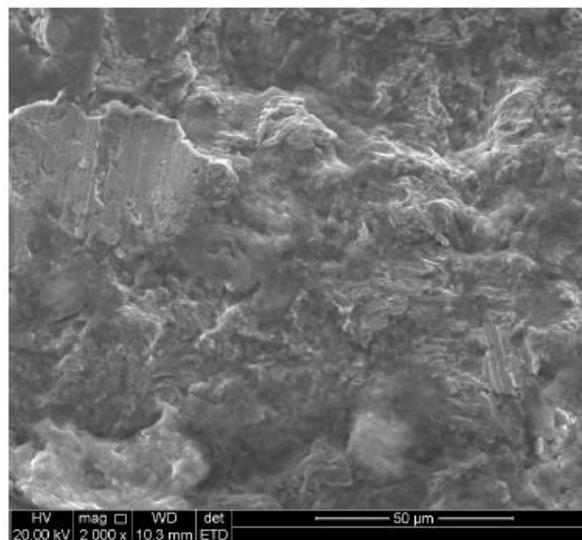
Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en 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 digitalizada n°1



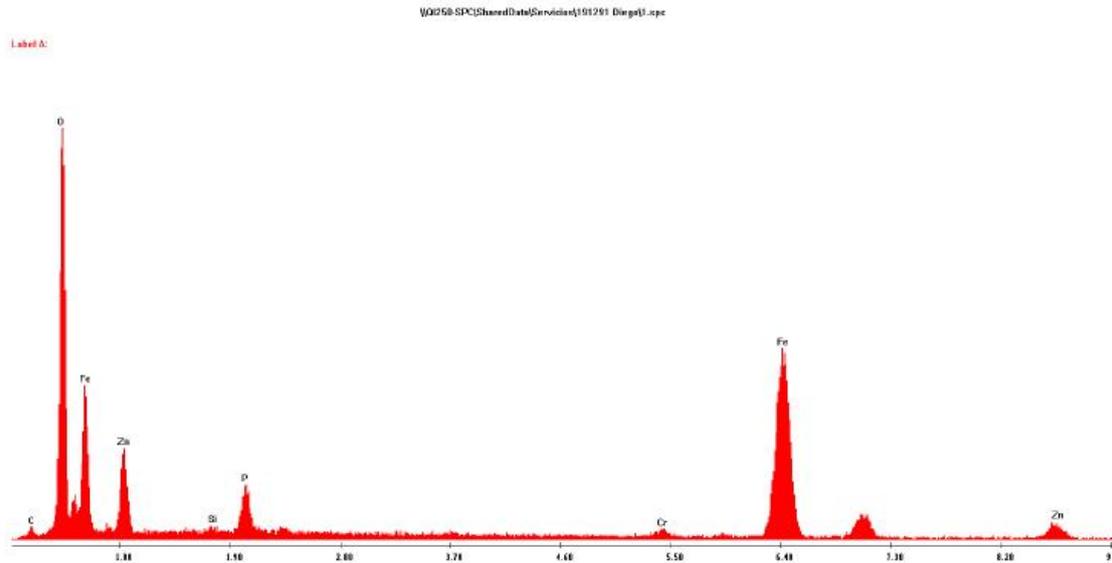
Fotografía digitalizada n°2

.-/

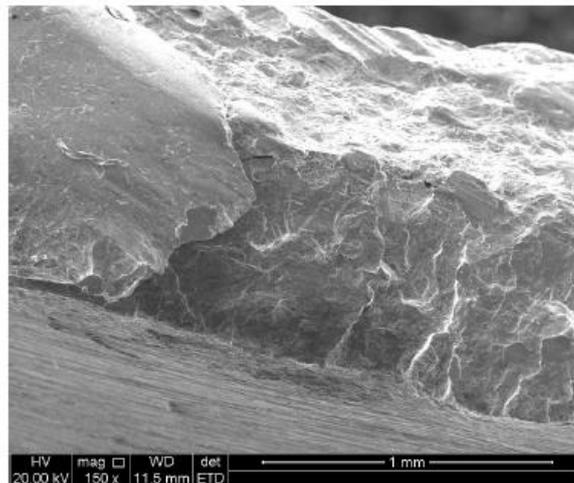
Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en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



Análisis EDS – Superficie de Rotura cubierta por óxidos



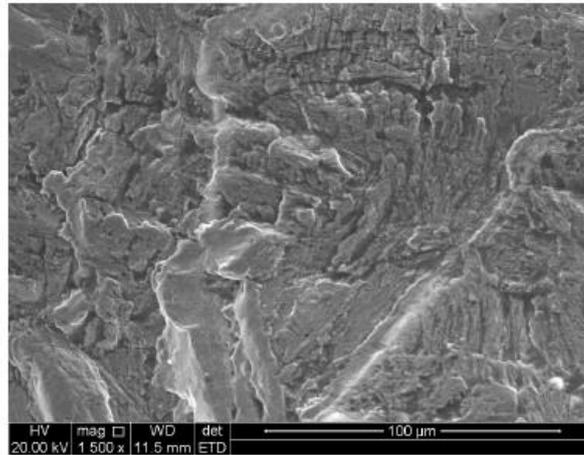
Fotografía digitalizada n°3

.-/

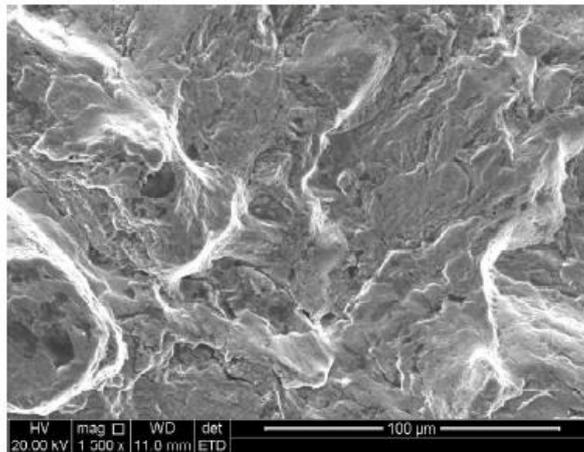
Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en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

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

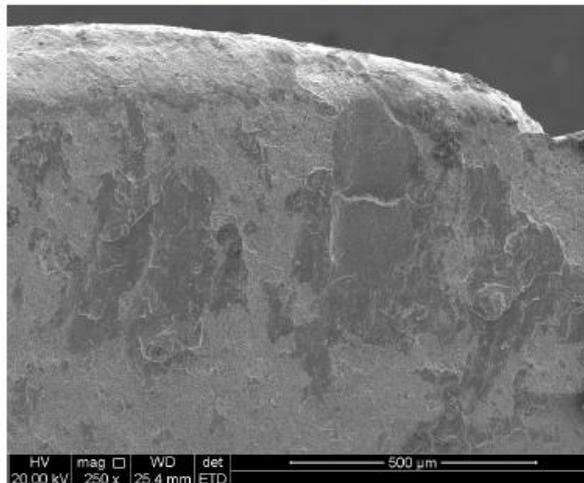
Tel.Fax: ++54 (0)341- 4851286 – 4851319 - 4728130 - 4728134 - e mail dat@dat.gov.ar; www.dat.gov.ar



Fotografía digitalizada nº4



Fotografía digitalizada nº5

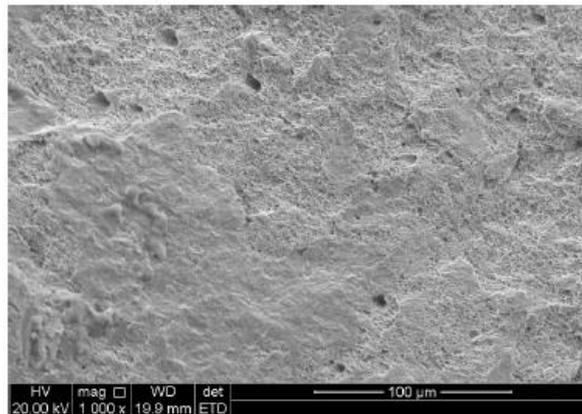


Fotografía digitalizada nº6

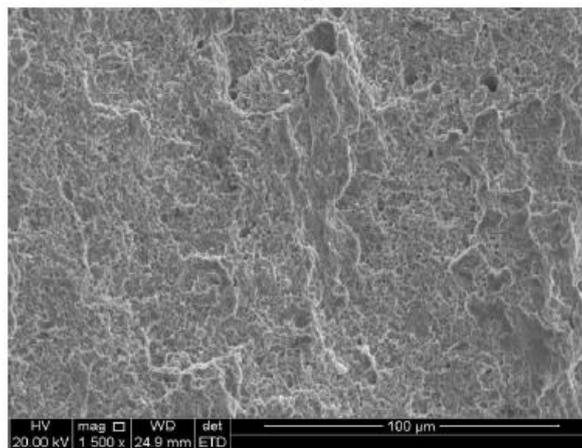
Condiciones generales: El resultado de los ensayos corresponde en forma exclusiva a la muestra recibida en esta Dirección, salvo que se indique expresamente lo contrario. La DAT se exime de toda responsabilidad por el uso indebido de este informe. El presente informe puede ser reproducido solamente en 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 digitalizada nº7



Fotografía digitalizada nº8

2.2.2 - Microcopia Óptica.

Se procedió a tomar probetas metalográficas según secciones A-A y B-B de modo de realizar observaciones microscópicas en secciones normales a las superficies de rotura. Ver fotografía nº13 y fotografía nº14.



Fotografía nº13 – probeta metalográfica corte A-A-

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°14 – probeta metalográfica corte A-A-

Las observaciones microscópicas de la probeta así tomada, permite apreciar una estructura de material base del tipo ferrítica, con carburos de hierro finamente diseminados, intentando formaciones de lagunas perlíticas. Desplazando la observación hacia la zona de unión de partes, zona de soldadura – puede apreciarse en una extensión del orden de 390µm una estructura acicular - estructura martensítica -.y desde la misma, una zona aproximada de 3000µm estructuras de transformación intermedia. Ver fotografías n°13, n°14 y Fotomicrografías n°1; n°2, n°3, n°4 y n°5..



Fotomicrografía n°1 – x50 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°2 – x 100 aumentos



Fotomicrografía n°3 – x 200 aumentos



Fotomicrografía n°4 – x 200 aumentos – Fisura incipiente

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°5 – x 100 aumentos – Corte B-B

2.3- Análisis Químico

Evaluación	Determinación de porcentajes (%)							
	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
Identificación								
Tren de aterrizaje de nariz de aeronave 912 LV-FVC tramo horquilla derecho	0.30	0.54	<0.01	<0.01	0.23	0.97	0.09	0.16
Tren de aterrizaje de nariz de aeronave 912 LV-FVC tramo cuerpo central	0.30	0.56	0.01	<0.01	0.24	1.03	0.11	0.16

De acuerdo a los resultados hallados las muestras han sido obtenidas de un **acero del tipo SAE 4130**, Siendo el acero SAE 4130 de la siguiente composición química: C: 0.28-0.33% , Mn: 0.40-0.60% , P: 0.035%max. , S: 0.040% max. , Si: 0.15-0.35% ; Cr: 0.80-1.10 % , Ni: --- , Mo: 0.15-0.25%.

2.4- Ensayo de microdureza vickers:

Pieza: Tren de aterrizaje de nariz de aeronave Petrel 912 LV-FVC tramo horquilla derecho.

- **Lugar de Medición:** Material Base – Centro de espesor de tubo – Fotografía n°12.

Resultado: 279 - 285 HV_{200g/30°} → aproximadamente 27 – 28 HRC.

- **Lugar de Medición:** Zona Acicular – Martensítica - Fotografía n°12.

Resultado: 475 - 480 HV_{200g/30°} → aproximadamente 47 – 48 HRC.

- **Lugar de Medición:** Material de Aporte - Fotografía n°12.

Resultado: 239 - 242 HV_{200g/30°} → aproximadamente 20 – 21 HRC.

.-/

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. Consideraciones:

- La muestra analizada presenta elevado grado de deterioro sobre las superficies de rotura, oxidación y deformación plástica debido a contacto, que han imposibilitado determinar la zona de inicio de la misma.
- La rotura general de la muestra se produce en la localización de mayores esfuerzos mecánicos, donde esfuerzos cíclicos de flexión, corte e impacto pueden hacerse presente durante el servicio del componente "Tren de aterrizaje de nariz de aeronave Petrel 912 LV-FVC".
- Los materiales sometidos a procesos de soldadura experimentan cambios estructurales, los cuales deben ser atendidos a modo de evitar la existencia de estructuras metalográficas indeseadas que limitan considerablemente la capacidad de soportar esfuerzos mecánicos.
- La muestra conjunta "Tren de aterrizaje de nariz de aeronave Petrel 912 LV-FVC" ha sido construida por tubería de acero del tipo SAE 4130, el cual posee características de templeabilidad que deben ser consideradas.

4. Conclusiones:

De acuerdo a los estudios realizados entendemos que la muestra "Tren de aterrizaje de nariz de aeronave Petrel 912 LV-FVC" ha presentado rotura debido a la aplicación de cargas cíclicas, iniciándose en localización del exterior de la superficie soldada, la cual pudo resultar como una entalla metalúrgica, constituyéndose este sitio en la zona apropiada para el proceso de inicio de falla.

5- Recomendaciones:

- Verificar las condiciones de unión de tubos de acero que constituyen al conjunto "Tren de aterrizaje de nariz de aeronave Petrel 912 LV-FVC" a modo de evitar la aparición de estructuras frágiles – fases aciculares martensíticas - que disminuyen considerablemente la capacidad de soportar esfuerzos mecánicos del componente.
- Verificar a través de procedimiento de soldadura que las condiciones de unión de tubos de acero son las correctas y que se logran las propiedades mecánicas esperadas por el proyectista del componente.

Atte.

Ing. Diego Gazquez
Área Estudios Materiales Metálicos

Ing. Gabriel Manfré
Director DAT

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