



SUCESOS RELACIONADOS CON EL **COMBUSTIBLE** **(FUEL)** *Parte 2: combustible incorrecto o contaminado*



INTRODUCCIÓN

Un suceso relacionado con el combustible, FUEL en taxonomía OACI¹, es aquel en el que una o más plantas motoras, presentaron una caída de potencia parcial o total debido a:

- Agotamiento o incapacidad de utilizar el combustible disponible a bordo
- Utilización de un combustible incorrecto o contaminado
- Formación de hielo en el sistema de inducción del motor

Para este boletín se analizó una serie histórica que identificó y categorizó a los sucesos relacionados con el combustible en Argentina durante el periodo 2013-2022 a través del sistema ADREP/ECCAIRS² del repositorio institucional de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST). **Estos sucesos totalizaron 64 eventos, con la particularidad que tuvieron lugar en operaciones de aviación general o trabajo aéreo** (no aviación comercial). El análisis será presentado en tres entregas que abordarán los sucesos FUEL de manera independiente.

64
SUCESOS

48



AVIACIÓN GENERAL (75%)

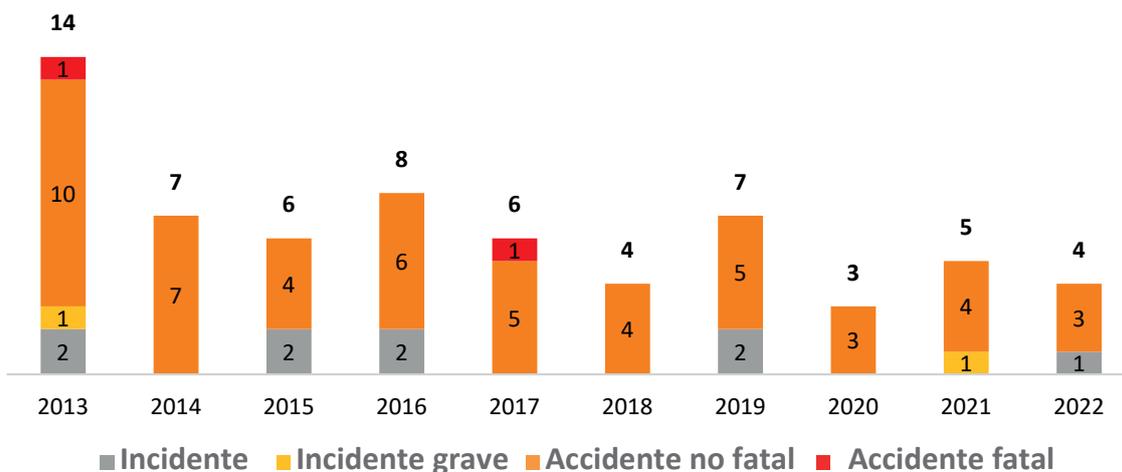
16



TRABAJO AÉREO (25%)

1. Es una de las categorías de sucesos establecidas por el equipo de seguridad operacional de aviación comercial y el equipo de taxonomía común de OACI (CAST/CICTT): <http://www.intlaviationstandards.org/Documents/OccurrenceCategoryDefinitions.pdf>
2. El ECCAIRS es un sistema desarrollado por la Unión Europea que permite, de manera estandarizada, recolectar, analizar y compartir información acerca de los sucesos (accidentes e incidentes) en un formato compatible con el Sistema de Notificación de Accidentes/Incidentes de Aviación (ADREP).

Gráfico 1. Serie anual de sucesos relacionados con el combustible en Argentina en el periodo 2013-2022

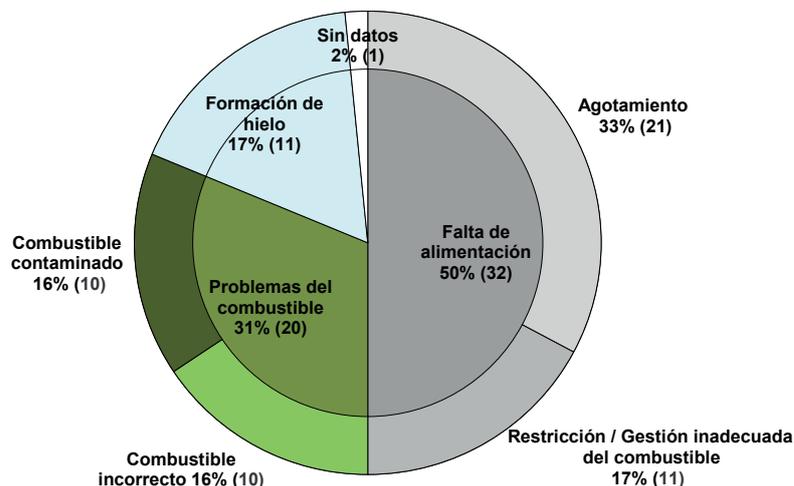


Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

ESCENARIOS FUEL

Para el periodo analizado se contabilizaron **64 sucesos FUEL**, de los cuales **20 (31%, casi 1 de cada 3)** estuvieron relacionados con la utilización de un **combustible incorrecto o contaminado**.

Gráfico 2. Escenarios de sucesos relacionados con el combustible en el período 2013-2022*.



*. Los porcentajes mostrados son redondeados al valor más cercano

Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

Esta segunda entrega del boletín centrará el análisis en aquellos sucesos originados por la utilización de un combustible distinto al especificado por el fabricante del motor y aquellos en los cuales, si bien pudo ser el correcto, no era apto por estar contaminado.

CONTAMINACIÓN DEL COMBUSTIBLE

De los casos analizados, 10 (16%, 3 de cada 20) son resultado de la contaminación del combustible utilizado. Se entiende por contaminante a cualquier sustancia extraña (agua, aceite, hielo, tierra, arena, insectos y crecimiento microbiano) presente en el tipo correcto de combustible para un determinado motor.

La contaminación con partículas se asocia con deficiencias en el reabastecimiento de combustible, por lo general debido al empleo de elementos inapropiados carentes de filtros y de limpieza.

La contaminación con agua comúnmente ocurre por un inadecuado almacenamiento del combustible para reabastecimiento, en tanques o bidones donde se acumula humedad. Con un drenado periódico y adecuado es posible observar visualmente la presencia de agua.

Es muy importante que el combustible que se cargue en la aeronave no se contamine de ninguna manera, ya que es probable que los efectos de esa contaminación afecten a los motores y sus sistemas, lo cual puede no ser evidente hasta después de que la aeronave haya despegado.

Los orígenes de los diferentes contaminantes suelen ser:

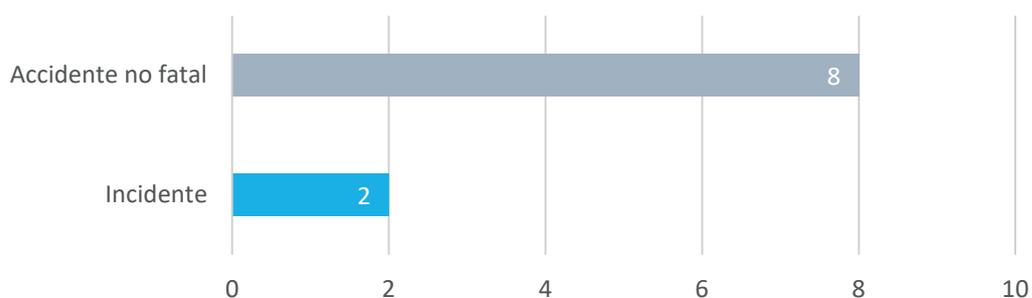
Figura 1. Origen de los contaminantes.



Fuente: elaboración propia.

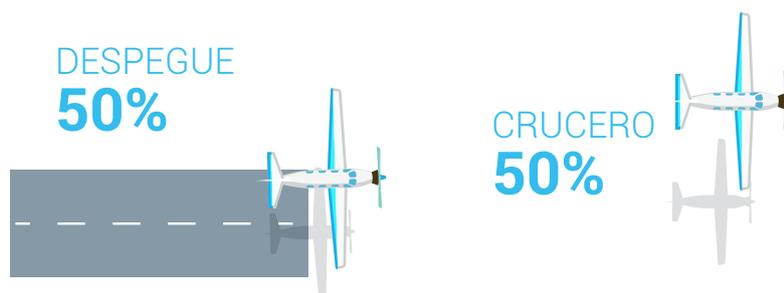
El momento en que la contaminación se evidencia dependerá de múltiples factores, como cantidad y tipo de contaminante, el tiempo y lugar de almacenamiento, y el circuito de combustible de la aeronave. Esto puede ocurrir de inmediatamente después de una carga contaminada o tras un cierto intervalo de tiempo. Como puede verse en la ilustración 1, el efecto de la pérdida de potencia en el motor por contaminantes suele ocurrir en el despegue y el crucero, ambas fases de vuelo con el 50% de los sucesos registrados (5 cada uno). De estos 10 sucesos, 8 fueron clasificados como accidente.

Gráfico 2. Sucesos por contaminación de combustible en el período 2013-2022.



Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

Ilustración 1. Distribución de sucesos por contaminación de combustible por fases de vuelo en el período 2013-2022.



Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

Para asegurar que la calidad del combustible que se carga sea adecuada para el funcionamiento de los motores se recomienda seguir las siguientes pautas:

- ✓ En la inspección previa al vuelo, purgar los tanques de la aeronave y luego el filtro de combustible con un drenador transparente que permita observar la presencia de agua o sólidos.

Figura 2: Drenador o tester de combustible.



- ✓ Los chequeos en el combustible suministrado deben incluir el uso de cápsulas detectoras de agua o cualquier equivalente que pueda probar una suspensión y detectar la presencia de agua.

Figura 3: Inspección visual del combustible.

CLARO	BRILLANTE	Parámetros	JET A-1	Avgas 100 LL
LIMPIO	SECO	Densidad (gr/Litro)	775 a 840	690 a 730
Sin Partículas	Sin Agua	Color	Transparente o levemente amarillento	Azul

Fuente: YPF Aviación.

- ✓ En lo posible, los tanques de combustible de la aeronave deben llenarse tras el último vuelo del día para evitar la condensación de humedad en su interior.
- ✓ Respecto al almacenamiento en tambores, los sellos deben ser herméticos y estar intactos antes de su uso, y cuando sea posible, mantenerlos cubiertos y evitar el contacto directo con el suelo a través del uso de camas de madera o similares.
- ✓ Respecto al almacenamiento en cisternas y pequeños tambores, se recomienda además el uso de succión flotante y trampa de agua.
- ✓ Evitar recargar el combustible utilizando latas, contenedores plásticos, materiales galvanizados, aleaciones de cobre o bañadas en cadmio.



SUCESO DEL LV-IJX

Para ejemplificar la importancia de evitar la contaminación del combustible, se expone a continuación el accidente de la aeronave matrícula LV-IJX, un Piper Twin Comanche PA-30, ocurrido el 7 de noviembre del 2016. Durante el ascenso, se presentaron oscilaciones de RPM en el motor derecho. Al no poder resolver el inconveniente, colocó la hélice en bandera e inició el regreso a la pista. Durante el aterrizaje la aeronave embistió el alambrado perimetral del aeródromo y cruzó una calle pública donde finalmente se detuvo. La investigación posterior determinó que el combustible utilizado no era apto, ya que estaba contaminado por sólidos y agua. Teniendo en cuenta que el combustible con el que se reabasteció a la aeronave previo al vuelo era apto, se concluyó que el remante en los tanques de la aeronave previo a la recarga estaba contaminado.

Figura 3: Vista de los distintos almacenajes de combustible utilizados.



Fuente: investigación.

Enlace al informe de seguridad operacional del **LV-IJX**: <https://so.jst.gob.ar/informe/?id=871>



Combustible incorrecto

De los casos analizados, 10 (16%, 3 de cada 20) son resultado del uso de un combustible incorrecto. Los procesos del ciclo de trabajo del motor se calculan considerando combustibles con determinadas características -contenido energético, octanaje, volatilidad, etc.- y la utilización de un combustible que no ha sido contemplado en el diseño puede afectar el correcto desempeño.

La utilización de un combustible diferente al especificado implica cambios en el proceso de combustión y tiene efectos en todo el sistema de combustible de la aeronave (tanques, tuberías, válvulas, aislamientos térmicos, bombas, etc.). También puede causar el deterioro prematuro de los materiales, que se degradan e ingresan al motor a través del flujo de combustible lo que puede originar además pérdidas de potencia por contaminación.

Otro efecto adverso del uso de un combustible incorrecto es el incremento en la volatilidad que favorece la ocurrencia del fenómeno vapor lock. Este fenómeno se produce cuando el combustible cambia de estado líquido a gaseoso mientras se encuentra en la línea de alimentación del motor y una "burbuja" de vapor generada interrumpe parcial o totalmente el flujo. Uno de los casos más comunes es con la utilización de combustible automotor (MOGAS). A su vez, el aumento de la volatilidad de los MOGAS, favorece la formación de hielo en el carburador con relación al combustible aeronáutico (AVGAS), ya que el MOGAS absorbe calor mucho más rápido durante el proceso de mezcla aire/combustible y, por eso, puede estar sujeto a un mayor enfriamiento durante la vaporización. El resultado es la acumulación de hielo a temperatura ambiente más alta.

Respecto a la utilización de MOGAS, si bien existen motores certificados de fábrica como aptos para combustible automotriz, estos imponen determinadas restricciones en su composición química. Tal es el caso del motor Rotax³, cuyas variantes del modelo 912 y 914 son muy utilizadas en el país; el fabricante permite el uso de combustibles automotrices siempre y cuando el contenido de etanol no supere el 10% de la mezcla en volumen.

3. Rotax. Service Instruction: Selection of suitable operating fluids for ROTAX® Engine Type 916i (Series), 915 i (Series), 912 i (Series), 912 and 914 (Series). https://legacy.rotaxowner.com/si_tb_info/serviceinfo/si-912-016-r13.pdf

Figura 3: Instrucciones de servicio para la selección de fluidos adecuados en los motores Rotax.

5.1) Automotive fuels

In addition to AVGAS, various automotive fuel types with different quality are available. Due to various environmental, economic and political reasons a number of fuel types with different amounts of ethanol blend are available. Therefore the maximum amount of ethanol blend is defined as follows:

5.1.1) E10 (Unleaded gasoline blended with 10% ethanol)

In addition to AVGAS and unleaded automotive fuel (MOGAS) the ROTAX® 912/914 Series of engines are now approved for use with E10. Fuels that contain more than 10% ethanol blend have not been tested by BRP-Rotax and are not permitted for use.

5.1.2) Suitability of fuel system components of airframe

BRP-Rotax urges owners to confirm with their airframe manufacturer that ethanol blended fuels of up to 10% (E10) are compatible with all fuel system components.

It is the responsibility of the aircraft manufacturer to test their fuel system components and supply any further information on techniques, procedures and limitations of using ethanol blended fuel.

BRP-Rotax recommends that aircraft manufacturer and owner/operators read the following:

- FAA Advisory Circular Letter AC 23.1521-2
- FAA Advisory Circular Letter AC 33.91-1
- FAA Special Airworthiness Information Bulletin CE-07-06
- EASA Safety Information Bulletin – SIB 2009-02

These contain details regarding the use of ethanol (alcohol) blended fuels and the type certificate requirements.

It is strongly recommended that non-certified aircraft also conform to the information given in the above documents.

Fuente: service instruction: Selection of suitable operating fluids for ROTAX® Engine Type 916 i (Series), 915 i (Series), 912 i (Series), 912 and 914 (Series)

De acuerdo con lo establecido en la Ley de Biocombustibles (Ley N.º 27.640⁴), el combustible automotriz comercializado en Argentina debe contener un porcentaje obligatorio de 12% de etanol en volumen. Este porcentaje de etanol excede los límites permisibles de diseño informado por el fabricante. Adicionalmente, la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) ha emitido en 2010 la disposición 224⁵ y la circular de asesoramiento 20-139⁶ que prohíben el uso de combustible automotriz en cualquier tipo de aeronave. También en el año 2019 se emitió la advertencia 260/DCA⁷ aplicable a aeronaves con motores Rotax.

4. Ley 27.640. Marco regulatorio de biocombustibles. 4 de agosto de 2011. Argentina.

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=352587>

5. Disposición 224/2010. Administración Nacional de Aviación Civil. 23 de noviembre de 2010. Argentina.

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/175000-179999/179946/norma.htm>

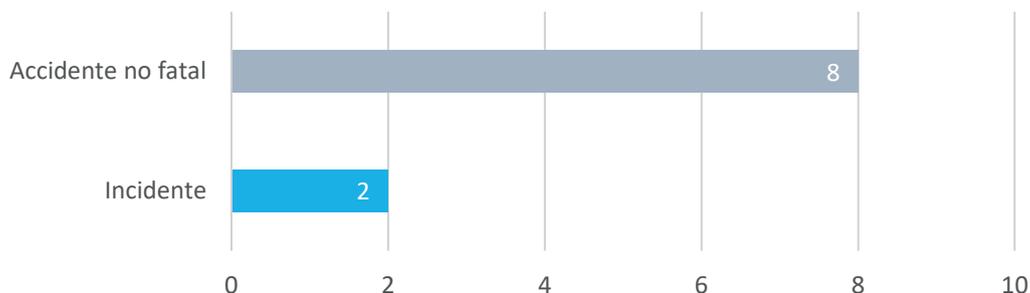
6. Circular de asesoramiento N°20-139. Administración Nacional de Aviación Civil. 24 de noviembre de 2010. Argentina.

http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/circ_as/ca-20-139.pdf

7. Advertencia 260/DCA. Administración Nacional de Aviación Civil. 13 de noviembre 2019. Argentina.

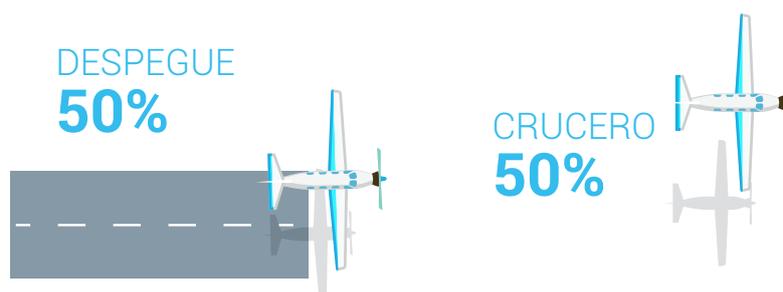
<http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/reglamentacion/advertencias/adv-260-dca.pdf>

Gráfico 4. Sucesos por uso de combustible incorrecto en el período 2013-2022.



Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

Ilustración 2. Distribución de sucesos por uso de combustible incorrecto por fases de vuelo en el período 2013-2022.



Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

Estudios a nivel internacional sobre el tema

En 2008, la European Aviation Safety Agency (EASA) publicó el estudio titulado *Safety Implication of Biofuels in Aviation*⁸, realizado con diferentes fabricantes, entre ellos Rotax. El propósito del estudio fue investigar acerca de los efectos del etanol en los combustibles automotores utilizados en la aviación general. Si bien algunos de los problemas identificados pueden advertirse durante las tareas de mantenimiento, otros pueden ocurrir de forma inesperada durante el vuelo -entre estos problemas se destaca el vapor lock- con el riesgo potencial de causar la detención del motor.

8. EASA. (2008). *Safety Implications of Biofuels in Aviation (SloBiA)*.
https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Final_Report_EASA.2008-6-light.pdf

Asimismo, la Federal Aviation Administration (FAA) de Estados Unidos impulsó junto con otros actores del sistema aeronáutico – la Environmental Protection Agency (EPA), fabricantes de aeronaves, fabricantes de motores y productores de combustible- un programa denominado Piston Aviation Fuels Initiative (PAFI)⁹ para desarrollar combustibles de aviación que no contengan plomo como aditivo y cubran los requerimientos de los motores de aeronaves que utilizan combustible automotriz. En la actualidad, tanto la Unión Europea como Estados Unidos permiten la utilización de combustibles automotrices cuyas mezclas contengan un porcentaje de etanol certificado por el fabricante del motor.

Uso de combustible aeronáutico

El combustible aeronáutico para motores alternativos utilizado en la Argentina es AVGAS 100LL. Si bien su uso está ampliamente difundido, posee ciertas cualidades que lo vuelven inadecuado para los motores certificados para el uso de combustible automotriz. La presencia de plomo en ese combustible ocasiona grandes diferencias (respecto del uso de MOGAS) en la lubricación y temperatura de funcionamiento del motor. Debido a ello, algunos componentes ven reducida su vida útil prácticamente a la mitad y los fabricantes de esos motores acortaron los intervalos de inspección, lo que conlleva un mayor costo directo e indirecto para el usuario u operador.

También existe un combustible certificado para uso aeronáutico que cubre los requerimientos de los motores de aeronaves que utilizan combustible automotriz, como el denominado “UL91”.

Efectos del contenido de tetraetilo de plomo

Una característica que diferencia al AVGAS 100LL respecto del combustible automotriz, es el contenido de tetraetilo de plomo. Éste se utiliza como aditivo antidetonante y la utilización de combustible sin plomo en motores que no han sido diseñados a tal efecto puede afectar severamente su funcionamiento.

Además, la utilización de AVGAS 100LL en motores aeronáuticos diseñados para funcionar con combustible automotriz presenta la particularidad de que el tetraetilo de plomo se oxida durante el proceso de

9. La actualización del programa en el 2022 estableció la iniciativa EAGLE con el fin de eliminar de manera segura los combustibles aeronáuticos con contenidos de plomo para el 2030.
FAA. (2022). PAFI - Background and Program Update
<https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/PAFIL%20Background%20and%20Program%20Updates.pdf>

combustión y se va depositando en forma de óxido de plomo en los cilindros, en las bujías, en las válvulas, en los asientos de válvulas, en la cámara de combustión y también se generan sedimentos en el sistema de lubricación.

Un ejemplo que aplica para nuestro país es el de Rotax que especifica en el manual de usuario de sus motores que cuando se utilice de manera prolongada AVGAS 100LL, se deben reducir los intervalos de mantenimiento con respecto al uso de combustible automotriz.

Suceso del LV-FUY

Para ejemplificar acerca de la importancia de la utilización de un combustible indicado por el fabricante del motor, se expone a continuación el accidente la aeronave matrícula LV-FUY, un Petrel 912i, ocurrido el 25 de febrero de 2018 durante un vuelo donde el instructor planeaba demostrar procedimientos y maniobras de vuelo al alumno piloto que incluían un procedimiento de aproximación frustrada. Finalizada esta maniobra, durante el ascenso, se produjo la pérdida de potencia del motor y la aeronave no pudo mantener la trayectoria de vuelo. Por ello, el instructor realizó un aterrizaje de emergencia en un campo no preparado y la aeronave experimentó daños de importancia.

Figura 5. Etiquetas presentes en las bocas de carga de combustible del LV-FUY.



En la investigación se halló que el motor no podía proporcionar su máxima potencia debido al desprendimiento del resorte asociado a la mariposa de uno de los carburadores, no obstante, las variaciones de potencia observadas en un ensayo realizado sin el resorte no fueron razón suficiente para explicar que la aeronave no pudiese mantener su línea de vuelo.

Adicionalmente se encontró que el combustible en los tanques de la aeronave y el almacenado en el aeroclub se encontraban contaminados con sólidos, pero por lo observado en los filtros de combustible y en ambos carburadores, que no presentaban restos de suciedad, se consideró que no fue un factor contribuyente al suceso.

La evidencia obtenida por la investigación sugiere que la pérdida de potencia en el motor probablemente ocurrió debido a la vaporización del combustible en la línea de alimentación al motor -vapor lock- debido a que se utilizó un combustible no aeronáutico con un contenido de etanol superior al que especificaba el fabricante del motor. El vapor de combustible habría interrumpido el flujo de este a la bomba y a los carburadores e impidió la correcta alimentación del motor.

Enlace al informe de seguridad operacional del
LV-FUY: <https://so.jst.gob.ar/informe/?id=1444>

