**Resolución 111 de 2024**

Por la cual se expide el reglamento técnico que establece los requisitos y parámetros de calidad los combustibles semisintéticos mezclados, coprocesados y de componentes sintéticos para mezcla (SBC) para combustibles de aviación para uso en motores tipo turbina y se dictan otras disposiciones

**EL MINISTRO DE MINAS Y ENERGÍA Y LA MINISTRA DE AMBIENTE Y**

**DESARROLLO SOSTENIBLE**

En ejercicio de sus facultades legales, en especial las conferidas por el artículo 2.2.5.1.4.5 del Decreto 1076 de 2015, los numerales 2 y 8 del artículo 2 del Decreto 381 de 2012 modificado por los Decretos 1617 de 2013, 2881 de 2013 y 030 de 2022, y el artículo 2.2.1.1.2.2.1.3. del Decreto 1073 de 2015, y

**CONSIDERANDO:**

Que el artículo 212 del Código de Petróleos dispone que el transporte y distribución de petróleo y sus derivados constituye un servicio público, y por consiguiente las personas o entidades dedicadas a esta actividad deberán ejercerla de conformidad con los reglamentos que dicte el Gobierno en guarda de los intereses generales.

Que mediante los numerales 2 y 8 del artículo 2 del Decreto 381 de 2012 establece entre las funciones del Ministerio de Minas y Energía la formulación, adopción y coordinación de la política nacional en materia de exploración, explotación, transporte, refinación, procesamiento, beneficio, transformación y distribución de minerales, hidrocarburos y biocombustibles así como expedir los reglamentos del sector de recursos naturales y biocombustibles.

Que, de acuerdo con el artículo 2.2.5.1.3.3 del Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establecerá las normas y los criterios ambientales de calidad que deberán observarse en el uso de combustibles.

Que por su parte, de conformidad con lo previsto en el artículo 2.2.5.1.4.5 del Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible y de Minas y Energía establecerán las especificaciones de calidad, en materia ambiental y técnica respectivamente, de los combustibles que se han de importar, producir, distribuir y consumir en todo el territorio nacional.

Que mediante la Resolución 180790 de 2002 “*por la cual se establecen los requisitos de calidad, de almacenamiento, transporte y suministro de los combustibles de aviación para motores tipo turbina y se dictan otras disposiciones*”, los Ministerios de Minas y Energía y de Transporte, establecieron los requisitos de los combustibles de aviación (Jet A, Jet A-1, y Jet B) a través de los parámetros contenidos en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1899 de 1995.

Que, mediante la Resolución 40264 de 2022, los Ministerios de Minas y Energía y de Transporte derogaron las disposiciones relacionadas con la calidad de los combustibles de aviación para motores tipo turbina contenidas en la Resolución 180790 de 2002.

Que los Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante la Resolución 40263 de 2022, expidieron el reglamento técnico de emergencia que adopta los requisitos de calidad de los combustibles de aviación para motores tipo turbina establecidos en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1899:2022 *“Petróleo y sus derivados. Combustible de aviación para motores a reacción”* y en el estándar internacional ASTM 1655-21c – Tabla 1.

Que, los componentes sintéticos de mezcla (SBC por sus siglas en inglés ‘*synthetic blend component’*) son producidos a partir de diferentes vías de producción y pueden emplearse como combustible de aviación al mezclarse y cumplir con las definiciones y normas de calidad establecidas para los combustibles de aviación convencionales (tipo Jet A o Jet A-1).

Que, de acuerdo con el estándar internacional de la norma ASTM D7566 que establece las especificaciones para los combustible de aviación tipo turbina que contienen componentes sintéticos de mezcla (SBC), la cual es acogida en el presente reglamento técnico, se define que la capacidad de agregar SBC al combustible Jet A o al Jet A-1 está limitada por las propiedades físicas del combustible sintético con el que se está mezclando, por tal motivo, el porcentaje de mezcla en volumen no debe superar el porcentaje de mezcla máximo particular para cada SBC definido por la misma norma.

Que, en Colombia existe el Comité de Normalización del ICONTEC No. 087 “*Petróleo y sus derivados- combustibles para aviación*” que realizó una adopción idéntica de la ASTM D7566 en la Norma Técnica Colombiana NTC 6546. Esta estándar internacional establece los parámetros de calidad, aprueba las tecnologías y define los porcentajes de mezcla máximos por tecnología de los componentes de mezcla convencionales y sintéticos a ser usados en mezclas con combustibles de aviación de origen fósil para motores tipo turbina. A la fecha de la presente resolución, estas normas establecen las tecnologías aprobadas para la producción de componentes sintéticos de mezcla.

Que, en 2012, la OACI publicó el Manual sobre suministro de combustible para aviones para la aviación civil (Doc 9977, AN/489), que resume las principales prácticas recomendadas para manipular de forma segura el combustible para aviones a lo largo de toda la cadena de suministro, desde la refinería hasta el ala del avión. El manual hace referencia a directrices publicadas por otras entidades como EI y JIG. Este documento fue creado en colaboración con IATA, el Consejo Internacional de Aeropuertos (ACI) y A4A.

Que, de acuerdo con los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) expedidos por la Aeronáutica Civil – Aerocivil, en específico el RAC-216 adopta las normas y métodos recomendados internacionales para la implementación en Colombia, del Plan de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional (CORSIA), en desarrollo de lo previsto en el Volumen IV del Anexo 16 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional.

Que, en mérito de lo expuesto,

###### **RESUELVE**

Artículo 1. *Objeto.*La presente resolución tiene por objeto establecer el reglamento técnico que contiene los requisitos y parámetros de calidad de los combustibles semisintéticos mezclados, coprocesados y de componentes sintéticos para mezcla (SBC) para uso en combustibles de aviación para motores tipo turbina con el objetivo de que su producción, importación, distribución y comercialización se cumpla bajo las condiciones de seguridad y calidad requeridas, además de ampliar la oferta de combustibles de bajas emisiones como alternativa para el sector aeronáutico en el territorio nacional.

Artículo 2. *Ámbito de Aplicación.* La presente resolución aplica en todo el territorio nacional a los combustibles semisintéticos mezclados, coprocesados y los componentes sintéticos para mezcla (SBC) para uso en combustibles de aviación para motores tipo turbina, a quienes los refinen, produzcan, importen, transporten, mezclen, almacenen, distribuyan o consuman, así como a las autoridades definidas en el marco de sus competencias.

Artículo 3. *Definiciones.* Para efectos de las presentes disposiciones, se adoptan aquellas definiciones establecidas en el artículo 2 de la Resolución 000 de 2024 o aquella que la sustituya, modifique o derogue.

Artículo 4. *Parámetros de calidad de los componentes sintéticos para mezcla - SBC.* Los SBC deberán sujetarse a los requisitos de calidad establecidos en el estándar internacional de la norma ASTM D7566 o en la Norma Técnica Colombiana NTC 6546, según la vía de producción del SBC, relacionados en las Tablas A1 a la A8 de la presente resolución.

Artículo 5. *Parámetros de calidad de los SSJF coprocesados.* El combustible de aviación semisintético – SSJF producido a partir de coprocesamiento, deberá cumplir las especificaciones de calidad establecidas para combustibles de aviación convencionales definidos en la Tabla 1 de la norma ASTM D1655 o la NTC 1899.

Artículo 6. *Parámetros de calidad de los SSJF mezclados.* La mezcla del SBC con combustible de aviación fósil – CAF y/o con combustibles de aviación semisintéticos SSJF coprocesados, en cumplimiento del porcentaje de contenido máximo definido, deberá cumplir las especificaciones de calidad establecidas en la Tabla 1 de la ASTM D7566 o la NTC 6546, que se relacionan en la Tabla A.8 de la presente resolución.

Artículo 7. *Reporte de resultados de producto.* El refinador, productor, importador y mezclador de combustibles semisintéticos y componentes de mezcla sintéticos (SBC) para uso en motores tipo turbina deberá reportar el resultado de laboratorio para cada uno de los parámetros de calidad que refiere el artículo 4, 5 y 6, según corresponda, de la presente resolución.

**Parágrafo 1.** Los ensayos de calidad establecidos en la reglamentación técnica de calidad deberán ser realizados en laboratorios propios o de terceros que estén acreditados ante el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC bajo la norma ISO/IEC 17025 o por un laboratorio de ensayos acreditado por un organismo de acreditación que sea signatario del acuerdo de reconocimiento mutuo de ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) suscrito por la ONAC, u otros entes internacionales reconocidos. Así mismo, los análisis deberán ser acreditados y vigentes dentro de la acreditación del laboratorio.

**Parágrafo 2.** En el caso de los productores y mezcladores nacionales,los laboratorios propios deberán acreditarse para el efecto ante la ONAC, de acuerdo con los plazos que dicha entidad señale, tiempo durante el cual podrán funcionar, sin que sobrepase este plazo los dos (2) años. Durante este periodo, las muestras deberán ser analizadas en laboratorios de terceros acreditados y dichos reportes deberán realizarse y presentarse cada cuatro (4) meses. Para los importadores no aplica el presente parágrafo.

Artículo 8. *Porcentajes máximos permitidos de la mezcla de SBC con CAF y del SSJF coprocesado.* Los mezcladores de SBC autorizados que realicen la mezcla de SBC con combustible de aviación fósil – CAF y el refinador de SSJF coprocesado deberán asegurar el porcentaje máximo establecido:

* En la ASTM 7566 o la NTC 6546 para el caso de la mezcla de SBC con CAF
* En la ASTM 1655 para el caso del SSJF coprocesado.

Artículo 9. *Trazabilidad.* Los certificados de calidad de los SSJF deberáncontener las siguientes especificaciones para garantizar la trazabilidad a lo largo de la cadena de distribución de combustibles de aviación con diferentes porcentajes de SBC:

1. Contenido en volumen correspondiente al componente sintético de mezcla, cumpliendo el porcentaje máximo.
2. número del certificado de calidad de producto correspondiente al componente sintético de mezcla así como del combustible de origen fósil – CAF y del combustible semisintético que haga parte de la mezcla de SSJF que será distribuido en las estaciones de servicio de aviación.
3. Identificar el tipo y concentración de los aditivos utilizados tanto en cada SBC como en la mezcla de combustible de aviación fósil con componentes sintéticos.

**Parágrafo.** Cada agente deberá identificar el porcentaje de mezcla de los SBC que recibe y entrega, el cual no podrá superar la mezcla permitida de SBC para cada tecnología de acuerdo con el artículo 8 de la presente resolución.

Artículo 10. *Toma de muestras de los combustibles de aviación.* La toma de muestras de los combustibles sostenibles de aviación deberá sujetarse a las disposiciones establecidas en los estándares internacionales de la norma ASTM D4057 y ASTM D4306, así como aquellas establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 5836 “Manual de estándares de medición de petróleo, sección muestreo. Práctica normativa para el petróleo y productos del petróleo”.

Artículo 11. *Entidad de vigilancia y control.* De conformidad con lo establecido en el artículo 2.2.1.1.2.2.1.3. del Decreto 1073 de 2015 y en el Decreto 381 de 2012 y aquellas normas que los modifiquen o sustituyan, compete al Ministerio de Minas y Energía velar por el cumplimiento del presente reglamento técnico, sin perjuicio de las competencias atribuidas o delegadas a otras autoridades.

Artículo 12. *Revisión y Actualización.* Con el fin de determinar la permanencia, modificación o derogatoria del reglamento técnico que se establece con la presente resolución, los Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente y Desarrollo Sostenible procederán a revisarlo en un término no mayor a cinco (5) años contados a partir de la fecha de su entrada en vigencia, o antes si cambian las causas que le dieron origen, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 2.2.1.7.6.7 del Decreto 1074 de 2015.

Artículo 13. *Régimen sancionatorio.* De conformidad con lo establecido en el artículo 3 de la Ley 26 de 1989 y en el artículo 3 del Decreto 4299 de 2005, compete al Ministerio de Minas y Energía sancionar los incumplimientos a lo dispuesto en este reglamento técnico.

Artículo 14. *Vigencia y derogatorias*. La presente resolución rige a partir de su publicación en el Diario Oficial.

**PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Bogotá, D.C., a los

Ministerio de Minas y Energía/Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

ANEXO 1

**QUEROSENO PARAFÍNICO SINTÉTICO MEDIANTE HIDROPROCESAMIENTO POR FISCHER-TROPSCH (FT-SPK)**

Cada lote de componente sintético de mezcla (SBC) de queroseno parafínico sintético (SPK) hidroprocesado para mezcla con combustibles de aviación tipo turbina debe cumplir con los requisitos prescritos en la Tabla A1.1. Otros requisitos detallados se encuentran en la Tabla A1.2

Tabla A1.1. Requisitos detallados del lote; SPK hidroprocesado por proceso Fischer-Tropsch A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **FT SPK** | **Método de ensayo B** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN | | | |  |
| Acidez total | mg KOH/g | Máx | 0,015 | ASTM D3242/IP 354 |
| VOLATILIDAD | | | |  |
| Destilación física | | | | ASTM D86 C o IP 123C o ASTM D7344 o ASTM D7345 |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C | Máx | 205 |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Máx | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Máx | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Máx | 300 |  |
| T90-T10 | °C | Min | 22 |  |
| Residuo de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Pérdida de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Destilación simulada | | | | ASTM D2887D,E o IP 406 |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C |  | Reportar |  |
| 20% recuperado, temperatura (T20) | °C | Reportar |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Reportar |  |
| 80% recuperado, temperatura (T80) | °C | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Reportar |  |
| Punto de inflamación | °C | Min | 38F | ASTM D56 o ASTM D3828G o ASTM D7236, IP 170, IP 523 o IP 534 |
| Densidad a 15°C | kg/m3 |  | 730 a 770 | ASTM D1298 o IP 160, ASTM D4052 o IP365 |
| Punto de congelación | °C | Máx | -40 | ASTM D5972/IP 435, ASTM D7153/IP 529, ASTM D 7154 o IP 528 o ASTM D2386/IP 16 |
|  |
| Estabilidad térmica a 2,5 h, temperaturaH | °C | Min | 325I | ASTM D3241/IP 323J |  |
| Caída de presión del filtro | mmHg | Máx | 25 |  |  |
| Clasificación del tubo: se debe cumplir uno de los siguientes requisitos | | | | |  |
| (1) Anexo A1 VTR, Código de color VTRK |  | Menor de | 3 sin depósitos de color anormal o tipo tornasol (peacock) |  |  |
| (2) Anexo A2 ITR o Anexo A3 ETR o Anexo A4 MWETR | nm en área promedio de 2,5 mm2 | Máx | 85 |  |  |
| ADITIVOS | | | |  |  |
| AntioxidantesL | mg/L | Min | 17 |  |  |
| Máx | 24 |  |  |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A1.1) se deben consultar en la Tabla A1.1 de la norma ASTM D7566.    A Para conocer el cumplimiento de los resultados de los requisitos de la Tabla A1.1 se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A1.5.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  C La destilación de combustible para aviones de acuerdo con las normas ASTM D86 o IP 123 se realiza en condiciones del Grupo 4, excepto que se utiliza la temperatura del condensador del Grupo 3.  E El ensayo de la norma ASTM D2887 tiene como objetivo proporcionar datos que puedan usarse para identificar cualquier cambio de composición que pueda ocurrir debido a cambios en el procesamiento o contaminación.  F Se puede acordar una especificación de punto de inflamación más alta o baja entre el comprador y el proveedor. Cuando el punto de inflamación acordado sea inferior a 38 °C, entonces el producto no se debe denominar SPK o queroseno, pero se puede usar como componente de mezcla de acuerdo al Anexo A1 de la norma ASTM D7566.  G En relación con el método de prueba ASTM D56, los resultados obtenidos con el método de prueba: ASTM D93 pueden ser hasta 1,5 °C más altos; IP 170, IP 534 y ASTM D7236 pueden ser hasta 0,5 °C más altos; ASTM D3828 (IP 523) puede ser hasta 0,5 °C más bajo (un informe de investigación está pendiente de presentarse ante ASTM y está disponible en el Energy Institute como ILS2019\_MMS\_1). H Al analizar el combustible de turbinas de aviación o los componentes de mezcla sintética mediante el método de ensayo ASTM D3241 o IP 323, los usuarios no deberán informar los resultados obtenidos utilizando un instrumento 230 Mk IV que contenga un filtro de combustible interno no consumible en línea ubicado aguas arriba del prefiltro de 0,45 µm.  I En el punto de fabricación. Se especifica una temperatura de control de 325 °C para proporcionar una verificación recurrente, lote por lote, de la estabilidad del proceso y la consistencia de la composición.  J El método de ensayo ASTM D3241/IP 323 para la estabilidad térmica es un ensayo crítico del combustible de aviación, cuyos resultados se utilizan para evaluar la idoneidad del combustible para aviones para la seguridad operativa y regulatoria de la aviación. La integridad de los ensayos de la norma ASTM D3241/ IP 323 requiere que los tubos de calentamiento (cupón de prueba) cumplan los requisitos de la Tabla 2 de la norma ASTM D3241 y proporcionen resultados equivalentes que los tubos de calentamiento suministrados por el fabricante del equipo original (OEM) sometidos al ensayo de la norma ASTM D3241. Un protocolo de ensayo para demostrar la equivalencia de los tubos de calentamiento de otros proveedores se encuentra archivado en la sede central de ASTM International y puede obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: D02-1550. Para el desarrollo del método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 se utilizaron tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por el OEM (PAC, 8824 Fallbrook Drive, Houston, TX 77064). Se demostró que los tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por Falex (Falex Corporation, 1020 Airpark Dr., Sugar Grove, IL, 60554- 9585) dan resultados equivalentes (véase la norma ASTM D3241 para referencias de informes de investigación). Estos hechos históricos no deberían interpretarse como un aprobación o certificación.  K Las clasificaciones de los depósitos en los tubos se deben realizar según el Anexo A2, ITR, o Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR, de la norma ASTM D3241, cuando estén disponibles. Si el dispositivo ITR del Anexo A2 reporta "N/A" para la medición de volumen de un tubo, el ensayo debe ser considerado como un fallo y el valor se reporta como > 85 nm. La clasificación visual del tubo de calentamiento mediante el Anexo A1 de la norma ASTM D3241 no es necesaria cuando se informan las mediciones del espesor de los depósitos mediante el Anexo A2, ITR, o el Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR. En caso de disputa entre los resultados de los métodos visuales y los de los métodos metrológicos, se debe considerar que el método de arbitraje es el método del Anexo A3, ETR, si está disponible; de lo contrario, será el del Anexo A2, ITR o Anexo A4 MWETR. Los datos que soportan la inclusión del A4 MWETR están archivados en la sede central de ASTM International, y pueden ser obtenidos solicitando los Informes de Investigación RR:D02-2072. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  S Se debe agregar antioxidante al producto a granel antes de movimientos u operaciones que expongan significativamente el producto al aire, de tal manera que garantice una mezcla adecuada. Esto se debe hacer tan pronto como sea posible después del hidro procesamiento o fraccionamiento, para evitar la peroxidación y la formación de goma después de la fabricación. Los mezcladores en línea por inyección y en tanque se consideran métodos aceptables para garantizar una mezcla adecuada. | | | | |  |

Tabla A1.2. Otros requisitos detallados; SPK hidroprocesado por proceso Fischer-Tropsch A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **FT SPK** | **Método de ensayo** B |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN DE HIDROCARBUROS | | | |  |
| Cicloparafinas | % masa | Máx | 15C | ASTM D2425 |
| Aromáticos | % masa | Máx | 0,5 | ASTM D2425 |
| Parafinas | % masa |  | Reportar | ASTM D2425 |
| Carbono e hidrógeno | % masa | Min | 99,5 | ASTM D5291 |
| COMPOSICIÓN NO HIDROCARBONADA | | | |  |
| Nitrógeno | mg/kg | Máx | 2 | ASTM D4529/IP 379 |
| Agua | mg/kg | Máx | 75 | ASTM 6304 o IP438 |
| Azufre | mg/kg | Máx | 15 | ASTM D5453 o ASTM D2622 |
| METALES | | | |  |
| Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn | mg/kg | Máx | 0,1 por metal | ASTM D7111 o UOP 389 |
| Halógenos | mg/kg | Máx | 1 | ASTM D7359 |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A1.2) se deben consultar en la Tabla A1.2 de la norma ASTM D7566.  A Para la conformidad de los resultados de ensayo de los requisitos se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A1.5.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  C La composición máxima de cicloparafinas se basa en la experiencia actual con los componentes de mezcla sintéticos aprobados y está dentro del rango típico de las mezclas refinadas. | | | | |

**QUEROSENO PARAFÍNICO SINTÉTICO A PARTIR DE ÉSTERES Y ÁCIDOS GRASOS HIDROPROCESADOS (HEFA-SPK)**

Cada lote de componente sintético de mezcla de queroseno parafínico sintético producido a partir de ésteres y ácidos grasos hidroprocesados (HEFA SPK) para mezcla con combustibles de aviación tipo turbina debe cumplir con los requisitos prescritos en la Tabla A2.1. Otros requisitos detallados se encuentran en la Tabla A2.2.

Tabla A2.1. Requisitos detallados del lote; SPK de ésteres y ácidos grasos hidroprocesados A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **HEFA-SPK** | **Método de ensayo B** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN | | | |  |
| Acidez total | mg KOH/g | Máx | 0,015 | ASTM D3242/IP 354 |
| VOLATILIDAD | | | |  |
| Destilación física | | | | ASTM D86 C o IP 123 C o ASTM D7344 o ASTM D7345 |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C | Máx | 205 |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Máx | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Máx | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Máx | 300 |  |
| T90-T10 | °C | Min | 22 |  |
| Residuo de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Pérdida de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Destilación simulada | | | | ASTM D2887 D,E o IP 406 |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C |  | Reportar |  |
| 20% recuperado, temperatura (T20) | °C | Reportar |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Reportar |  |
| 80% recuperado, temperatura (T80) | °C | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Reportar |  |
| Punto de inflamación | °C | Min | 38F | ASTM D56 o ASTM D3828G o ASTM D7236G, IP 170G, IP 523G o IP 524G |
| Densidad a 15°C | kg/m3 |  | 730 a 772H | ASTM D1298 o IP 160, ASTM D4052 o IP365 |
| Punto de congelación | °C | Máx | -40 | ASTM D5972/IP 435, ASTM D7153/IP 529, ASTM D 7154 o IP 528 o ASTM D2386/IP 16 |
|  |
| Gomas existentes | mg/100 mL | Máx | 7 | ASTM D381, IP 540 |  |
| FAME | mg/kg | Máx | <5I | IP585 o IP 590 |  |
| Estabilidad térmica a 2,5 h, temperaturaJ | °C | Min | 325K | ASTM D3241L/IP 323 |  |
| Caída de presión del filtro | mmHg | Máx | 25 |  |  |
| Clasificación del tubo: se debe cumplir uno de los siguientes requisitosM | | | | |  |
| (1) Anexo A1 VTR, Código de color VTR |  | Menor de | 3 sin depósitos de color anormal o tipo tornasol (peacock) |  |  |
| (2) Anexo A2 ITR o Anexo A3 ETR o Anexo A4 MWETR | nm en área promedio de 2,5 mm2 | Máx | 85 |  |  |
| ADITIVOS | | | |  |  |
| AntioxidantesN | mg/L | Min | 17 |  |  |
| Máx | 24 |  |  |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A2.1) se deben consultar en la Tabla A2.1 de la norma ASTM D7566.  A Para conocer el cumplimiento de los resultados de los requisitos de la Tabla A1.1 se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A1.5.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  C La destilación de combustible para aviones de acuerdo con las normas ASTM D86 o IP 123 se realiza en condiciones del Grupo 4, excepto que se utiliza la temperatura del condensador del Grupo 3.  E El ensayo de la norma ASTM D2887 tiene como objetivo proporcionar datos que puedan usarse para identificar cualquier cambio de composición que pueda ocurrir debido a cambios en el procesamiento o contaminación.  F Se puede acordar una especificación de punto de inflamación más alta o baja entre el comprador y el proveedor. Cuando el punto de inflamación acordado sea inferior a 38 °C, entonces el producto no se debe denominar SPK o queroseno, pero se puede usar como componente de mezcla de acuerdo con el Anexo A2 de la norma ASTM D7566.  G En relación con el método de prueba ASTM D56, los resultados obtenidos con el método de prueba: ASTM D93 pueden ser hasta 1,5 °C más altos; IP 170, IP 534 y ASTM D7236 pueden ser hasta 0,5 °C más altos; ASTM D3828 (IP 523) puede ser hasta 0,5 °C más bajo (un informe de investigación está pendiente de presentarse ante ASTM y está disponible en el Energy Institute como ILS2019\_MMS\_1).  H Los datos de respaldo relacionados con el límite de densidad máxima se han archivado en la sede internacional de ASTM y se pueden obtener solicitando un informe de investigación.  I En el punto de fabricación.  J Al analizar el combustible de turbinas de aviación o los componentes de mezcla sintética mediante el método de ensayo ASTM D3241 o IP 323, los usuarios no deberán informar los resultados obtenidos utilizando un instrumento 230 Mk IV que contenga un filtro de combustible interno no consumible en línea ubicado aguas arriba del prefiltro de 0,45 µm.  K En el punto de fabricación. La temperatura de control de 325 °C se especifica para proporcionar una verificación periódica, lote por lote, de la estabilidad del proceso y la consistencia de la composición.  L El método de ensayo ASTM D3241/IP 323 para la estabilidad térmica es un ensayo crítico del combustible de aviación, cuyos resultados se utilizan para evaluar la idoneidad del combustible para aviones para la seguridad operativa y regulatoria de la aviación. La integridad de los ensayos de la norma ASTM D3241/ IP 323 requiere que los tubos de calentamiento (cupón de prueba) cumplan los requisitos de la Tabla 2 de la norma ASTM D3241 y proporcionen resultados equivalentes que los tubos de calentamiento suministrados por el fabricante del equipo original (OEM) sometidos al ensayo de la norma ASTM D3241. Un protocolo de ensayo para demostrar la equivalencia de los tubos de calentamiento de otros proveedores se encuentra archivado en la sede central de ASTM International y puede obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: D02-1550. Para el desarrollo del método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 se utilizaron tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por el OEM (PAC, 8824 Fallbrook Drive, Houston, TX 77064). Se demostró que los tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por Falex (Falex Corporation, 1020 Airpark Dr., Sugar Grove, IL, 60554- 9585) dan resultados equivalentes (véase la norma ASTM D3241 para referencias de informes de investigación). Estos hechos históricos no deberían interpretarse como un aprobación o certificación.  M Las clasificaciones de los depósitos en los tubos se deben realizar según el Anexo A2, ITR, o Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR, de la norma ASTM D3241, cuando estén disponibles. Si el dispositivo ITR del Anexo A2 reporta "N/A" para la medición de volumen de un tubo, el ensayo debe ser considerado como un fallo y el valor se reporta como > 85 nm. La clasificación visual del tubo de calentamiento mediante el Anexo A1 de la norma ASTM D3241 no es necesaria cuando se informan las mediciones del espesor de los depósitos mediante el Anexo A2, ITR, o el Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR. En caso de disputa entre los resultados de los métodos visuales y los de los métodos metrológicos, se debe considerar que el método de arbitraje es el método del Anexo A3, ETR, si está disponible; de lo contrario, será el del Anexo A2, ITR o Anexo A4 MWETR. Los datos que soportan la inclusión del A4 MWETR están archivados en la sede central de ASTM International, y pueden ser obtenidos solicitando los Informes de Investigación RR:D02-2072. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  N Se debe agregar antioxidante al producto a granel antes de movimientos u operaciones que expongan significativamente el producto al aire, de tal manera que garantice una mezcla adecuada. Esto se debe hacer tan pronto como sea posible después del hidro procesamiento o fraccionamiento, para evitar la peroxidación y la formación de goma después de la fabricación. Los mezcladores en línea por inyección y en tanque se consideran métodos aceptables para garantizar una mezcla adecuada. | | | | |  |

Tabla A2.2 Otros requisitos detallados; SPK de ésteres y ácidos grasos hidroprocesados A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **HEFA-SPK** | **Método de ensayo** B |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN DE HIDROCARBUROS | | | |  |
| Cicloparafinas | % masa | Máx | 15C | ASTM D2425 |
| Aromáticos | % masa | Máx | 0,5 | ASTM D2425 |
| Parafinas | % masa |  | Reportar | ASTM D2425 |
| Carbono e hidrógeno | % masa | Min | 99,5 | ASTM D5291 |
| COMPOSICIÓN NO HIDROCARBONADA | | | |  |
| Nitrógeno | mg/kg | Máx | 2 | ASTM D4529/IP 379 |
| Agua | mg/kg | Máx | 75 | ASTM 6304 o IP438 |
| Azufre | mg/kg | Máx | 15 | ASTM D5453 o ASTM D2622 |
| METALES | | | |  |
| Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn | mg/kg | Máx | 0,1 por metal | ASTM D7111 o UOP 389 |
| Halógenos | mg/kg | Máx | 1 | ASTM D7359 |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A2.2) se deben consultar en la Tabla A2.2 de la norma ASTM D7566.  A Para la conformidad de los resultados de ensayo de los requisitos se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A2.6.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  C La composición máxima de cicloparafinas se basa en la experiencia actual con los componentes de mezcla sintéticos aprobados y está dentro del rango típico de las mezclas refinadas. | | | | |

**ISOPARAFINAS SINTÉTICAS A PARTIR DEL HIDROPROCESAMIENTO DE AZÚCARES FERMENTADOS – SIP**

Cada lote de componente sintético de mezcla de isoparafinas sintéticas (SIP, por sus siglas en inglés) producidas a partir del hidroprocesamiento de azúcares fermentados para mezcla con combustibles de aviación tipo turbina debe cumplir con los requisitos prescritos en la Tabla A3.1 Otros requisitos detallados se encuentran en la Tabla A3.2.

Tabla A3.1. Requisitos detallados del lote; SIP de azúcares fermentados hidroprocesados A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **SIP** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN | | | |  |
| Acidez total | mg KOH/g | Máx | 0,015 | ASTM D3242/IP 354 |
| VOLATILIDAD | | | |  |
| Destilación física | | | | ASTM D86C o IP 123C |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C | Máx | 250 |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Máx | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Máx | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Máx | 255 |  |
| T90-T10 | °C | Min | 5 |  |
| Residuo de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Pérdida de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Destilación simulada | | | | ASTM D2887D,E o IP 406 |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C |  | Reportar |  |
| 20% recuperado, temperatura (T20) | °C | Reportar |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Reportar |  |
| 80% recuperado, temperatura (T80) | °C | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Reportar |  |
| Punto de inflamación | °C | Min | 100 | ASTM D56 o ASTM D3828J o ASTM D7236J, IP 170J, IP 523J o IP 534 J |
| Densidad a 15°C | kg/m3 |  | 765 a 780 | ASTM D1298 o IP 160, ASTM D4052 o IP365 |
| Punto de congelación | °C | Máx | -60 | ASTM D5972/IP 435, ASTM D7153/IP 529, ASTM D 7154 o IP 528 o ASTM D2386/IP 16 |
|  |
| Gomas existentes | mg/100 mL | Máx | 7 | ASTM D381, IP 540 |  |
| Microseparómetro, sin aditivo de conductividad electrica | Clasificación | Min | 85 | ASTM D3948 |  |
| Estabilidad termica a 2,5 h, temperaturaK | °C | Min | 355F | ASTM D3241G/IP 323 G |  |
| Caída de presión del filtro | mmHg | Máx | 25 |  |  |
| Clasificación del tubo: se debe cumplir uno de los siguientes requisitos H | | | |  |  |
| (1) Anexo A1 VTR, Código de color VTR |  | Menor de | 3 sin depositos de color anormal o tipo tornasol (peacock) |  |  |
| (2) Anexo A2 ITR o Anexo A3 ETR o Anexo A4 MWETR | nm en área promedio de 2,5 mm2 | Máx | 85 |  |  |
| COMBUSTIÓN | | | |  |  |
| Calor neto de combustión | MJ/kg | Min | 43,5 | ASTM D3338 o ASTM D4809 |  |
| ADITIVOS | | | |  |  |
| AntioxidantesI | mg/L | Min | 17 |  |  |
| Máx | 24 |  |  |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A3.1) se deben consultar en la Tabla A3.1 de la norma ASTM D7566.  A Para conocer el cumplimiento de los resultados de los requisitos de la Tabla A1.1 se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A1.5.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  CLa destilación de combustible para aviones de acuerdo con las normas ASTM D86 o IP 123 se realiza en condiciones del Grupo 4, excepto que se utiliza la temperatura del condensador del Grupo 3.  D No convierta las temperaturas medidas mediante la norma ASTM D2887 a equivalentes para la norma ASTM D86.  E El ensayo de la norma ASTM D2887 está diseñado para proporcionar datos que pueden utilizarse para identificar cualquier cambio de composición que pueda ocurrir debido a cambios en el procesamiento o a contaminación.  FLa temperatura de control de 355 °C se especifica para proporcionar una verificación periódica, lote por lote, de la estabilidad del proceso y la consistencia de la composición.  G En el punto de fabricación. El método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 para la estabilidad térmica es un ensayo crítico del combustible de aviación, cuyos resultados se utilizan para evaluar la idoneidad del combustible para jet en aspectos de seguridad operativa y cumplimiento normativo. La integridad de los ensayos de la norma ASTM D3241/ IP 323 requiere que los tubos de calentamiento (cupón de prueba) cumplan los requisitos de la Tabla 2 de la norma ASTM D3241 y proporcionen resultados equivalentes que los tubos de calentamiento suministrados por el fabricante del equipo original (OEM) sometidos al ensayo de la norma ASTM D3241. Un protocolo de ensayo para demostrar la equivalencia de los tubos de calentamiento de otros proveedores se encuentra archivado en la sede central de ASTM International y puede obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: D02-1550. Para el desarrollo del método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 se utilizaron tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por el OEM (PAC, 8824 Fallbrook Drive, Houston, TX 77064). Se demostró que los tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por Falex (Falex Corporation, 1020 Airpark Dr., Sugar Grove, IL, 60554- 9585) dan resultados equivalentes (véase la norma ASTM D3241 para referencias de informes de investigación). Estos hechos históricos no deberían interpretarse como un aprobación o certificación.  H Las clasificaciones de los depósitos en los tubos se deben realizar según el Anexo A2, ITR, o Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR, de la norma ASTM D3241, cuando estén disponibles. Si el dispositivo ITR del Anexo A2 reporta "N/A" para la medición de volumen de un tubo, el ensayo debe ser considerado como un fallo y el valor se reporta como > 85 nm. La clasificación visual del tubo de calentamiento mediante el Anexo A1 de la norma ASTM D3241 no es necesaria cuando se informan las mediciones del espesor de los depósitos mediante el Anexo A2, ITR, o el Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR. En caso de disputa entre los resultados de los métodos visuales y los de los métodos metrológicos, se debe considerar que el método de arbitraje es el método del Anexo A3, ETR, si está disponible; de lo contrario, será el del Anexo A2, ITR o Anexo A4 MWETR. Los datos que soportan la inclusión del A4 MWETR están archivados en la sede central de ASTM International, y pueden ser obtenidos solicitando los Informes de Investigación RR:D02-2072. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  ISe debe agregar antioxidante al producto a granel antes de movimientos u operaciones que expongan significativamente el producto al aire y de tal manera que garantice una mezcla adecuada.  JEn relación con el método de prueba D56, los resultados obtenidos con el método de prueba: D93 pueden ser hasta 1,5 °C más altos; IP 170, IP 534 y D7236 pueden ser hasta 0,5 °C más altos; D3828 (IP 523) puede ser hasta 0,5 °C más bajo (un informe de investigación está pendiente de presentarse ante ASTM y está disponible en el Energy Institute como ILS2019\_MMS\_1).  KAl analizar el combustible de turbinas de aviación o los componentes de mezcla sintética mediante el método de prueba D3241 o IP 323, los usuarios no deberán informar los resultados obtenidos utilizando un instrumento 230 Mk IV que contenga un filtro de combustible interno no consumible en línea ubicado aguas arriba del prefiltro de 0,45 μm. | | | | |  |

Tabla A3.1. Otros requisitos detallados; SIP de azúcares fermentados hidroprocesados A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **SIP** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN DE HIDROCARBUROS | | | |  |
| Hidrocarburos saturados | % masa | Min | 98 | ASTM D7974 |
| FamesanoC | % masa | Min | 97 | ASTM D7974 |
| HexahidrofarsemolD | % masa | Máx | 1,5E | ASTM D7974 |
| Oleofinas | mg de Br2 por 100 g | Máx | 300 | ASTM D2710/IP 299 |
| Aromáticos | % masa | Máx | 0,5 | ASTM D 2425 |
| Carbono e hidrógeno | % masa | Min | 99,5 | ASTM D5291 |
| COMPOSICIÓN NO HIDROCARBONADA | | | |  |
| Nitrógeno | mg/kg | Máx | 2 | ASTM D4529/IP 379 |
| Agua | mg/kg | Máx | 75 | ASTM 6304 o IP438 |
| Azufre | mg/kg | Máx | 2 | ASTM D5453 o ASTM D2622F |
| METALES | | | |  |
| Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn | mg/kg | Máx | 0,1 por metal | ASTM D7111 o UOP 389 |
| Halógenos | mg/kg | Máx | 1 por halógeno | ASTM D7359 |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A3.2) se deben consultar en la Tabla A3.2 de la norma ASTM D7566.  A Para la conformidad de los resultados de ensayo de los requisitos se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A3.6.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  CEl farnesano es una isoparafina con fórmula química: C15H32, nombre químico: 2,6,10-trimetildodecano, y número de registro CAS: 3891-98-3.  DHexahidrofarsernol es un alcohol alquilo con fórmula química: C15H32O, nombre químico: 3,7,11-trimetil-1-dodecanol, y número de registro CAS: 6750-34-1.  E El nivel máximo de hexahidrofarnesol se controla mediante un porcentaje en masa de hexahidrofarnesol por debajo del 1,5 %, que representa un máximo de 0,11 % por masa de restos de alcohol traídos por hexahidrofarnesol en el grado.  F El contenido de azufre puede ser cuantificado mediante la norma ASTM D2622 para ciertos laboratorios con un límite de detección por debajo de 1 mg/kg. En caso de disputa, el método de ensayo de arbitraje será la norma ASTM D5453. | | | | |

**QUEROSENO SINTÉTICOS CON AROMÁTICOS DERIVADOS POR ALQUILACIÓN DE AROMÁTICOS LIGEROS DE FUENTES NO PETROLERAS**

Cada lote de componente sintético de mezcla de isoparafinas sintetizado por proceso FT con aromáticos (SPK/A) para mezcla con combustibles de aviación tipo turbina debe cumplir con los requisitos prescritos en la Tabla A4.1. Otros requisitos detallados se encuentran en la Tabla A4.2.

Tabla A4.1. Requisitos detallados del lote; SPK/A A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **SPK/A** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN | | | |  |
| Acidez total | mg KOH/g | Máx | 0,015 | ASTM D3242/IP 354 |
| Aromáticos | % vol | Máx | 20 | ASTM D1319 o IP 156C |
| Aromáticos | % vol | Máx | 21,2 |  |
| VOLATILIDAD | | | |  |
| Destilación física | | | | ASTM D86D o IP 123D |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C | Máx | 205 |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Máx | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Máx | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Máx | 300 |  |
| T90-T10 | °C | Min | 22 |  |
| Residuo de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Pérdida de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Destilación simulada | | | | ASTM D2887E,F |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C |  | Reportar |  |
| 20% recuperado, temperatura (T20) | °C | Reportar |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Reportar |  |
| 80% recuperado, temperatura (T80) | °C | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Reportar |  |
| Punto de inflamación | °C | Min | 38G | ASTM D56 o ASTM D3828H o ASTM D7236H, IP 170H, IP 523H o IP 524H |
| Densidad a 15°C | kg/m3 |  | 755 a 800 | ASTM D1298 o IP 160, ASTM D4052 o IP365 |
| Punto de congelación | °C | Máx | -40 | ASTM D5972/IP 435, ASTM D7153/IP 529, ASTM D 7154 o IP 528 o ASTM D2386/IP 16 |
|  |
| Estabilidad térmica a 2,5 h, temperaturaI | °C | Min | 325J | ASTM D3241K/IP 323K |  |
| Caída de presión del filtro | mmHg | Máx | 25 |  |  |
| Clasificación del tubo: se debe cumplir uno de los siguientes requisitos: K | | | | |  |
| (1) Anexo A1 VTR, Código de color VTR |  | Menor de | 3 sin depósitos de color anormal o tipo tornasol (peacock) |  |  |
| (2) Anexo A2 ITR o Anexo A3 ETR o Anexo A4 MWETR | nm en área promedio de 2,5 mm2 | Máx | 85 |  |  |
| CONTAMINANTES | | | |  |  |
| Gomas existentes | mg por 100 mL | Máx | 4 | ASTM D381 o IP 540 |  |
| MSEP |  | Min | 90 | ASTM D3948 |  |
| ADITIVOS | | | |  |  |
| AntioxidantesL | mg/L | Min | 17 |  |  |
| Máx | 24 |  |  |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A4.1) se deben consultar en la Tabla A4.1 de la norma ASTM D7566.  A Para conocer el cumplimiento de los resultados de los requisitos de la Tabla A1.1 se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A4.5.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  CAl analizar el combustible de aviación tipo turbina mediante la norma ASTM D1319 o IP 156, los usuarios no deben reportar resultados obtenidos usando cualquiera de los siguientes números de lote de indicador fluorescente de gel teñido: 3000000975, 3000000976, 3000000977, 3000000978, 3000000979 y 3000000980.  DLa destilación de combustible para aviones de acuerdo con las normas ASTM D86 o IP 123 se realiza en condiciones del Grupo 4, excepto que se utiliza la temperatura del condensador del Grupo 3.  E No convierta las temperaturas medidas mediante la norma ASTM D2887 a equivalentes para la norma ASTM D86.  F El ensayo de la norma ASTM D2887 está diseñado para proporcionar datos que pueden utilizarse para identificar cualquier cambio de composición que pueda ocurrir debido a cambios en el procesamiento o a contaminación.  G Se puede acordar una especificación de punto de inflamación más alta o baja entre el comprador y el proveedor. Cuando el punto de inflamación acordado sea inferior a 38 °C, entonces el producto no se debe denominar SPK/A o queroseno, pero se puede usar como componente de mezcla acorde con el Anexo A4 de la norma ASTM D7566.  H En relación con el método de prueba ASTM D56, los resultados obtenidos con el método de prueba: ASTM D93 pueden ser hasta 1,5 °C más altos; IP 170, IP 534 y ASTM D7236 pueden ser hasta 0,5 °C más altos; ASTM D3828 (IP 523) puede ser hasta 0,5 °C más bajo (un informe de investigación está pendiente de presentarse ante ASTM y está disponible en el Energy Institute como ILS2019\_MMS\_1).  I Al analizar el combustible de turbinas de aviación o los componentes de mezcla sintética mediante el método de ensayo ASTM D3241 o IP 323, los usuarios no deberán informar los resultados obtenidos utilizando un instrumento 230 Mk IV que contenga un filtro de combustible interno no consumible en línea ubicado aguas arriba del prefiltro de 0,45 µm. J En el punto de fabricación. La temperatura de control de 325 °C se especifica para proporcionar una verificación periódica, lote por lote, de la estabilidad del proceso y la consistencia de la composición.  K Las clasificaciones de los depósitos en los tubos se deben realizar según el Anexo A2, ITR, o Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR, de la norma ASTM D3241, cuando estén disponibles. Si el dispositivo ITR del Anexo A2 reporta "N/A" para la medición de volumen de un tubo, el ensayo debe ser considerado como un fallo y el valor se reporta como > 85 nm. La clasificación visual del tubo de calentamiento mediante el Anexo A1 de la norma ASTM D3241 no es necesaria cuando se informan las mediciones del espesor de los depósitos mediante el Anexo A2, ITR, o el Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR. En caso de disputa entre los resultados de los métodos visuales y los de los métodos metrológicos, se debe considerar que el método de arbitraje es el método del Anexo A3, ETR, si está disponible; de lo contrario, será el del Anexo A2, ITR o Anexo A4 MWETR. Los datos que soportan la inclusión del A4 MWETR están archivados en la sede central de ASTM International, y pueden ser obtenidos solicitando los Informes de Investigación RR:D02-2072. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  L Se debe agregar antioxidante al producto a granel antes de movimientos u operaciones que expongan significativamente el producto al aire, de tal manera que garantice una mezcla adecuada. Esto se debe hacer tan pronto como sea posible después del hidro procesamiento o fraccionamiento, para evitar la peroxidación y la formación de goma después de la fabricación. Los mezcladores en línea por inyección y en tanque se consideran métodos aceptables para garantizar una mezcla adecuada. | | | | |  |

Tabla A4.2. Otros requisitos detallados; SPK/A A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **SPK/A** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN DE HIDROCARBUROS | | | |  |
| CicloparafinasB | % masa | Máx | 15C | ASTM D2425 |
| Aromáticos | % masa | Máx | 20 | ASTM D2425 |
| Parafinas | % masa |  | Reportar | ASTM D2425 |
| Carbono e hidrógeno | % masa | Min | 99,5 | ASTM D5291 |
| COMPOSICIÓN NO HIDROCARBONADA | | | |  |
| Nitrógeno | mg/kg | Máx | 2 | ASTM D4529/IP 379 |
| Agua | mg/kg | Máx | 75 | ASTM 6304 o IP438 |
| Azufre | mg/kg | Máx | 15 | ASTM D5453 o ASTM D2622 |
| METALES | | | |  |
| Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn | mg/kg | Máx | 0,1 por metal | ASTM D7111 o UOP 389 |
| Halógenos | mg/kg | Máx | 1 | ASTM D7359 |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A4.2) se deben consultar en la Tabla A4.2 de la norma ASTM D7566.  A Para la conformidad de los resultados del ensayo con los requisitos de la Tabla A4.2, se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Las normas de método de ensayo indicadas en esta tabla se deben consultar en el numeral A4.6.2 de la ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican con cursivas  C La composición máxima de cicloparafinas se basa en la experiencia actual con los componentes sintéticos de mezcla aprobados y está dentro del intervalo de lo que es típico para el combustible refinado para jet. | | | | |

**QUEROSENO PARAFÍNICO SINTÉTICO TIPO ALCOHOL-A-JET (ATJ-SPK)**

Cada lote de componente sintético de mezcla tipo alcohol-a-jet (ATJ-SPK) para mezcla con combustibles de aviación tipo turbina debe cumplir con los requisitos prescritos en la Tabla A5.1. Otros requisitos detallados se encuentran en la Tabla A5.2.

Tabla A5.1. Requisitos detallados del lote; alcohol-to-jet (ATJ-SPK)A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **ATJ** | **Método de ensayo B** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN | | | |  |
| Acidez total | mg KOH/g | Máx | 0,015 | ASTM D3242/IP 354 |
| VOLATILIDAD | | | |  |
| Destilación física | | | | ASTM D86C o IP 123C |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C | Máx | 205 |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Máx | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Máx | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Máx | 300 |  |
| T90-T10 | °C | Min | 21 |  |
| Residuo de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Pérdida de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Destilación simulada | | | | ASTM D2887D,E o IP 406 |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C |  | Reportar |  |
| 20% recuperado, temperatura (T20) | °C | Reportar |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Reportar |  |
| 80% recuperado, temperatura (T80) | °C | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Reportar |  |
| Punto de inflamación | °C | Min | 38F | ASTM D56 o ASTM D3828G o ASTM D7236G, IP 170G, IP 523G o IP 534G |
| Densidad a 15°C | kg/m3 |  | 730 a 770 | ASTM D1298 o IP 160, ASTM D4052 o IP365 |
| Punto de congelación | °C | Máx | -40 | ASTM D5972/IP 435, ASTM D7153/IP 529, ASTM D 7154 o IP 528 o ASTM D2386/IP 16 |
|  |
| Estabilidad térmica a 2,5 h, temperaturaH | °C | Min | 325I | ASTM D3241J/IP 323J |  |
| Caída de presión del filtro | mmHg | Máx | 25 |  |  |
| Clasificación del tubo: se debe cumplir uno de los siguientes requisitosK | | | |  |  |
| (1) Anexo A1 VTR, Código de color VTR |  | Menor de | 3 sin depósitos de color anormal o tipo tornasol (peacock) |  |  |
| (2) Anexo A2 ITR o Anexo A3 ETR o Anexo A4 MWETR | nm en área promedio de 2,5 mm2 | Máx | 85 |  |  |
| ADITIVOS | | | |  |  |
| AntioxidantesL | mg/L | Min | 17 |  |  |
| Máx | 24 |  |  |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A5.1) se deben consultar en la Tabla A5.1 de la norma ASTM D7566.  A Para conocer el cumplimiento de los resultados de los requisitos de la Tabla A5.1 se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A5.5.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  CLa destilación de combustible para aviones de acuerdo con las normas ASTM D86 o IP 123 se realiza en condiciones del Grupo 4, excepto que se utiliza la temperatura del condensador del Grupo 3.  D No convierta las temperaturas medidas mediante la norma ASTM D2887 a equivalentes para la norma ASTM D86.  E El ensayo de la norma ASTM D2887 está diseñado para proporcionar datos que pueden utilizarse para identificar cualquier cambio de composición que pueda ocurrir debido a cambios en el procesamiento o a contaminación.  F Se puede acordar una especificación de punto de inflamación más alta o baja entre el comprador y el proveedor. Cuando el punto de inflamación acordado sea inferior a 38 °C, entonces el producto no se debe denominar SPK/A o queroseno, pero se puede usar como componente de mezcla acorde con el Anexo A5 de la norma ASTM D7566.  G En relación con el método de prueba ASTM D56, los resultados obtenidos con el método de prueba: ASTM D93 pueden ser hasta 1,5 °C más altos; IP 170, IP 534 y ASTM D7236 pueden ser hasta 0,5 °C más altos; ASTM D3828 (IP 523) puede ser hasta 0,5 °C más bajo (un informe de investigación está pendiente de presentarse ante ASTM y está disponible en el Energy Institute como ILS2019\_MMS\_1).  H Al analizar el combustible de turbinas de aviación o los componentes de mezcla sintética mediante el método de ensayo ASTM D3241 o IP 323, los usuarios no deberán informar los resultados obtenidos utilizando un instrumento 230 Mk IV que contenga un filtro de combustible interno no consumible en línea ubicado aguas arriba del prefiltro de 0,45 µm. I En el punto de fabricación. La temperatura de control de 325 °C se especifica para proporcionar una verificación periódica, lote por lote, de la estabilidad del proceso y la consistencia de la composición.  JEl método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 para la estabilidad térmica es un ensayo crítico del combustible de aviación, cuyos resultados se utilizan para evaluar la idoneidad del combustible para jet en aspectos de seguridad operativa y cumplimiento normativo. La integridad de los ensayos de la norma ASTM D3241/ IP 323 requiere que los tubos de calentamiento (cupón de prueba) cumplan los requisitos de la Tabla 2 de la norma ASTM D3241 y proporcionen resultados equivalentes que los tubos de calentamiento suministrados por el fabricante del equipo original (OEM) sometidos al ensayo de la norma ASTM D3241. Un protocolo de ensayo para demostrar la equivalencia de los tubos de calentamiento de otros proveedores se encuentra archivado en la sede central de ASTM International y puede obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: D02-1550. Para el desarrollo del método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 se utilizaron tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por el OEM (PAC, 8824 Fallbrook Drive, Houston, TX 77064). Se demostró que los tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por Falex (Falex Corporation, 1020 Airpark Dr., Sugar Grove, IL, 60554- 9585) dan resultados equivalentes (véase la norma ASTM D3241 para referencias de informes de investigación). Estos hechos históricos no deberían interpretarse como un aprobación o certificación.  K Las clasificaciones de los depósitos en los tubos se deben realizar según el Anexo A2, ITR, o Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR, de la norma ASTM D3241, cuando estén disponibles. Si el dispositivo ITR del Anexo A2 reporta "N/A" para la medición de volumen de un tubo, el ensayo debe ser considerado como un fallo y el valor se reporta como > 85 nm. La clasificación visual del tubo de calentamiento mediante el Anexo A1 de la norma ASTM D3241 no es necesaria cuando se informan las mediciones del espesor de los depósitos mediante el Anexo A2, ITR, o el Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR. En caso de disputa entre los resultados de los métodos visuales y los de los métodos metrológicos, se debe considerar que el método de arbitraje es el método del Anexo A3, ETR, si está disponible; de lo contrario, será el del Anexo A2, ITR o Anexo A4 MWETR. Los datos que soportan la inclusión del A4 MWETR están archivados en la sede central de ASTM International, y pueden ser obtenidos solicitando los Informes de Investigación RR:D02-2072. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  L Se debe agregar antioxidante al producto a granel antes de movimientos u operaciones que expongan significativamente el producto al aire y de tal manera que garantice una mezcla adecuada. Esto se debe hacer tan pronto como sea posible después del hidroprocesamiento o fraccionamiento, para evitar la peroxidación y la formación de goma después de la fabricación. Los mezcladores en línea por inyección y en tanque se consideran métodos aceptables para garantizar una mezcla adecuada | | | | |  |

Tabla A5.2. Otros requisitos detallados; alcohol-to-jet (ATJ-SPK)A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **ATJ** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN DE HIDROCARBUROS | | | |  |
| Cicloparafinas | % masa | Máx | 15C | ASTM D2425 |
| Aromáticos | % masa | Máx | 0,5 | ASTM D2425 |
| Parafinas | % masa |  | Reportar | ASTM D2425 |
| Carbono e hidrógeno | % masa | Min | 99,5 | ASTM D5291 |
| COMPOSICIÓN NO HIDROCARBONADA | | | |  |
| Nitrógeno | mg/kg | Máx | 2 | ASTM D4529/IP 379 |
| Agua | mg/kg | Máx | 75 | ASTM 6304 o IP438 |
| Azufre | mg/kg | Máx | 15 | ASTM D5453 o ASTM D2622 |
| METALES | | | |  |
| Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn | mg/kg | Máx | 0,1 por metal | ASTM D7111 o UOP 389 |
| Halógenos | mg/kg | Máx | 1 | ASTM D7359 |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A5.2) se deben consultar en la Tabla A5.2 de la norma ASTM D7566.  A Para la conformidad de los resultados del ensayo con los requisitos de la Tabla A5.2, se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Las normas de método de ensayo indicadas en esta tabla se mencionan en el literal A5.6.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican con cursivas  C La composición máxima de cicloparafinas se basa en la experiencia actual con los componentes sintéticos de mezcla aprobados y está dentro del intervalo de lo que es típico para el combustible refinado para jet. | | | | |

**QUEROSENO SINTÉTICO DE CONVERSIÓN HIDROTÉRMICA DE ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS Y ÁCIDOS GRASOS**

Cada lote de componente sintético de mezcla tipo hidrotermólisis catalítica (CHJ) para mezcla con combustibles de aviación tipo turbina debe cumplir con los requisitos prescritos en la Tabla A6.1. Otros requisitos detallados se encuentran en la Tabla A6.2.

Tabla A.6.1. Requisitos detallados del lote; CHJ de Ésteres de ácidos grasos y de ácidos grasosA

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **CHJ** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN | | | |  |
| Acidez total | mg KOH/g | Máx | 0,015 | ASTM D3242/IP 354 |
| VOLATILIDAD | | | |  |
| Destilación física | | | | ASTM D86C o IP 123 C o ASTM D7345 |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C | Máx | 205 |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Máx | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Máx | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Máx | 300 |  |
| T50-T10 | °C | Min | 15 |  |
| T90-T10 | °C | Min | 40 |  |
| Residuo de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Pérdida de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Destilación simulada | | | | ASTM D2887D,E |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C |  | Reportar |  |
| 20% recuperado, temperatura (T20) | °C | Reportar |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Reportar |  |
| 80% recuperado, temperatura (T80) | °C | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Reportar |  |
| Punto de inflamación | °C | Min | 38F | ASTM D56 o ASTM D3828G o ASTM D7236G, IP 170G, IP 523G o IP 534G |
| Densidad a 15°C | kg/m3 |  | 775 a 840 | ASTM D1298 o IP 160, ASTM D4052 o IP365 |
| Punto de congelación | °C | Máx | -40 | ASTM D5972/IP 435, ASTM D7153/IP 529, ASTM D 7154 o IP 528 o ASTM D2386/IP 16 |
|  |
| Goma existente | mg/100 mL | Máx | 7 | ASTM D381, IP 540 |  |
| FAME | mg/kg |  | <5H |  |  |
| Estabilidad termica a 2,5 h, temperaturaI | °C | Min | 325J | ASTM D3241/IP 323K |  |
| Caída de presión del filtro | mmHg | Máx | 25 |  |  |
| Clasificación del tubo: se debe cumplir uno de los siguientes requisitosL | | | |  |  |
| (1) Anexo A1 VTR, Código de color VTR |  | Menor de | 3 sin depósitos de color anormal o tipo tornasol (peacock) |  |  |
| (2) Anexo A2 ITR o Anexo A3 ETR o Anexo A4 MWETR | nm en área promedio de 2,5 mm2 | Máx | 85 |  |  |
| ADITIVOS | | | |  |  |
| AntioxidantesM | mg/L | Min | 17 |  |  |
| Máx | 24 |  |  |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A6.1) se deben consultar en la Tabla A6.1 de la norma ASTM D7566.  A Para conocer el cumplimiento de los resultados de los requisitos de la Tabla A6.1 se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A6.5.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  CLa destilación de combustible para aviones de acuerdo con las normas ASTM D86 o IP 123 se realiza en condiciones del Grupo 4, excepto que se utiliza la temperatura del condensador del Grupo 3.  D No convierta las temperaturas medidas mediante la norma ASTM D2887 a equivalentes para la norma ASTM D86. La correlación proporcionada en el Anexo X4 de la norma D2887 no es necesariamente correcta para componentes sintéticos de mezcla del combustible para jet.  E El ensayo de la norma ASTM D2887 está diseñado para proporcionar datos que pueden utilizarse para identificar cualquier cambio de composición que pueda ocurrir debido a cambios en el procesamiento o a contaminación.  F Se puede acordar una especificación de punto de inflamación más alta o baja entre el comprador y el proveedor. Cuando el punto de inflamación acordado sea inferior a 38 °C, entonces el producto no se debe denominar CHJ o queroseno, pero se puede usar como componente de mezcla acorde con el Anexo A6 de la norma ASTM D7566.  GAl analizar el combustible de turbinas de aviación o los componentes de mezcla sintética mediante el método de ensayo ASTM D3241 o IP 323, los usuarios no deberán informar los resultados obtenidos utilizando un instrumento 230 Mk IV que contenga un filtro de combustible interno no consumible en línea ubicado aguas arriba del prefiltro de 0,45 μm  H En el punto de fabricación.  IAl analizar el combustible de turbinas de aviación o los componentes de mezcla sintética mediante el método de prueba D3241 o IP 323, los usuarios no deberán informar los resultados obtenidos utilizando un instrumento 230 Mk IV que contenga un filtro de combustible interno no consumible en línea ubicado aguas arriba del prefiltro de 0,45 μm.  JEn el punto de fabricación. La temperatura de control de 325 °C se especifica para proporcionar una verificación periódica, lote por lote, de la estabilidad del proceso y la consistencia de la composición.  K El método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 para la estabilidad térmica es un ensayo crítico del combustible de aviación, cuyos resultados se utilizan para evaluar la idoneidad del combustible para jet en aspectos de seguridad operativa y cumplimiento normativo. La integridad de los ensayos de la norma ASTM D3241/ IP 323 requiere que los tubos de calentamiento (cupón de prueba) cumplan los requisitos de la Tabla 2 de la norma ASTM D3241 y proporcionen resultados equivalentes que los tubos de calentamiento suministrados por el fabricante del equipo original (OEM) sometidos al ensayo de la norma ASTM D3241. Un protocolo de ensayo para demostrar la equivalencia de los tubos de calentamiento de otros proveedores se encuentra archivado en la sede central de ASTM International y puede obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: D02-1550. Para el desarrollo del método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 se utilizaron tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por el OEM (PAC, 8824 Fallbrook Drive, Houston, TX 77064). Se demostró que los tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por Falex (Falex Corporation, 1020 Airpark Dr., Sugar Grove, IL, 60554- 9585) dan resultados equivalentes (véase la norma ASTM D3241 para referencias de informes de investigación). Estos hechos históricos no deberían interpretarse como un aprobación o certificación.  L Las clasificaciones de los depósitos en los tubos se deben realizar según el Anexo A2, ITR, o Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR, de la norma ASTM D3241, cuando estén disponibles. Si el dispositivo ITR del Anexo A2 reporta "N/A" para la medición de volumen de un tubo, el ensayo debe ser considerado como un fallo y el valor se reporta como > 85 nm. La clasificación visual del tubo de calentamiento mediante el Anexo A1 de la norma ASTM D3241 no es necesaria cuando se informan las mediciones del espesor de los depósitos mediante el Anexo A2, ITR, o el Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR. En caso de disputa entre los resultados de los métodos visuales y los de los métodos metrológicos, se debe considerar que el método de arbitraje es el método del Anexo A3, ETR, si está disponible; de lo contrario, será el del Anexo A2, ITR o Anexo A4 MWETR. Los datos que soportan la inclusión del A4 MWETR están archivados en la sede central de ASTM International, y pueden ser obtenidos solicitando los Informes de Investigación RR:D02-2072. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  M Se debe agregar antioxidante al producto a granel antes de movimientos u operaciones que expongan significativamente el producto al aire, de tal manera que garantice una mezcla adecuada. Esto se debe hacer tan pronto como sea posible después del hidro procesamiento o fraccionamiento, para evitar la peroxidación y la formación de goma después de la fabricación. Los mezcladores en línea por inyección y en tanque se consideran métodos aceptables para garantizar una mezcla adecuada. | | | | |  |

Tabla A6.2. Otros requisitos detallados del lote; CHJ de Ésteres de ácidos grasos y de ácidos grasosA

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **CHJ** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN DE HIDROCARBUROS | | | |  |
| Cicloparafinas C | % masa | Máx | Reportar | ASTM D2425 |
| Parafinas | % masa |  | Reportar | ASTM D2425 |
| Aromáticos: debe cumplir uno de los siguientes requisitos: | | | |  |
| Aromáticos | % vol | Máx | 20 | ASTM D1319 o IP 156 |
| Min | 8 |  |
| Arómaticos | % masa | Máx | 21,2 | ASTM D2425 o ASTM D6379/IP 436 |
| Min | 8,4 |  |
| Carbono e hidrógeno | % masa | Min | 99,5 | ASTM D5291 |
| COMPOSICIÓN NO HIDROCARBONADA | | | |  |
| Nitrógeno | mg/kg | Máx | 2 | ASTM D4529/IP 379 |
| Agua | mg/kg | Máx | 75 | ASTM 6304 o IP438 |
| Azufre | mg/kg | Máx | 15 | ASTM D5453 o ASTM D2622 |
| METALES | | | |  |
| Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn | mg/kg | Máx | 0,1 por metal | ASTM D7111 o UOP 389 |
| Halógenos | mg/kg | Máx | 1 | ASTM D7359 |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A5.2) se deben consultar en la Tabla A6.2 de la norma ASTM D7566.  A Para la conformidad de los resultados del ensayo con los requisitos de la Tabla A6.2, se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Las normas de método de ensayo indicadas en esta tabla se mencionan en el literal A6.6.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican con cursivas | | | | |

**QUEROSENO PARAFÍNICO SINTETIZADO POR HIDROPROCESAMIENTO DE HIDROCARBUROS, ÉSTERES Y ÁCIDOS GRASOS**

Cada lote de componente sintético de mezcla producido a partir de hidrocarburos ésteres y ácidos grasos bioderivados para mezcla con combustibles de aviación tipo turbina debe cumplir con los requisitos prescritos en la Tabla A7.1. Otros requisitos detallados se encuentran en la Tabla A7.2

Tabla A.7.1. Requisitos detallados del lote; SPK de hidrocarburos hidroprocesados, ésteres y ácidos grasosA

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **HC-HEFA-SPK** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN | | | |  |
| Acidez total | mg KOH/g | Máx | 0,015 | ASTM D3242/IP 354 |
| VOLATILIDAD | | | |  |
| Destilación física | | | | ASTM D86C o IP 123C o ASTM D7344 o ASTM D7345 |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C | Máx | 205 |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Máx | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Máx | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Máx | 300 |  |
| T90-T10 | °C | Min | 22 |  |
| Residuo de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Pérdida de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Destilación simulada | | | | ASTM D2887D,E |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C |  | Reportar |  |
| 20% recuperado, temperatura (T20) | °C | Reportar |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Reportar |  |
| 80% recuperado, temperatura (T80) | °C | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Reportar |  |
| Punto de inflamación | °C | Min | 38F | ASTM D56 o ASTM D3828G o ASTM D7236G, IP 170G, IP 523Go IP 524G |
| Densidad a 15°C | kg/m3 |  | 730 a 780H | ASTM D1298 o IP 160, ASTM D4052 o IP365 |
| Punto de congelación | °C | Máx | -40 | ASTM D5972/IP 435, ASTM D7153/IP 529, ASTM D 7154 o IP 528 o ASTM D2386/IP 16 |
|  |
| Punto de humo | mm | Min | 25O | ASTM D1322/IP 598 |  |
| Gomas existentes | mg/100 mL | Máx | 7 | ASTM D381, IP 540 |  |
| FAME | mg/kg | Máx | <5I | IP585 o IP 590 |  |
| Estabilidad térmica a 2,5 h, temperaturaJ | °C | Min | 325K | ASTM D3241L/IP 323 L |  |
| Caída de presión del filtro | mmHg | Máx | 25 |  |  |
| Clasificación del tubo: se debe cumplir uno de los siguientes requisitosM | | | |  |  |
| (1) Anexo A1 VTR, Código de color VTR |  | Menor de | 3 sin depósitos de color anormal o tipo tornasol (peacock) |  |  |
| (2) Anexo A2 ITR o Anexo A3 ETR o Anexo A4 MWETR | nm en área promedio de 2,5 mm2 | Máx | 85 |  |  |
| ADITIVOS | | | |  |  |
| AntioxidantesN | mg/L | Min | 17 |  |  |
| Máx | 24 |  |  |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A7.1) se deben consultar en la Tabla A7.1 de la norma ASTM D7566.  A Para conocer el cumplimiento de los resultados de los requisitos de la Tabla A7.1 se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A7.5.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  CLa destilación de combustible para aviones de acuerdo con las normas ASTM D86 o IP 123 se realiza en condiciones del Grupo 4, excepto que se utiliza la temperatura del condensador del Grupo 3.  D No convierta las temperaturas medidas mediante la norma ASTM D2887 a equivalentes para la norma ASTM D86. La correlación proporcionada en el Anexo X4 de la norma D2887 no es necesariamente correcta para componentes sintéticos de mezcla del combustible para jet.  E El ensayo de la norma ASTM D2887 está diseñado para proporcionar datos que pueden utilizarse para identificar cualquier cambio de composición que pueda ocurrir debido a cambios en el procesamiento o a contaminación.  F Se puede acordar una especificación de punto de inflamación más alta o baja entre el comprador y el proveedor. Cuando el punto de inflamación acordado sea inferior a 38 °C, entonces el producto no se debe denominar SPK o queroseno, pero se puede usar como componente de mezcla acorde con el Anexo A7 de la norma ASTM D7566.  G En relación con el método de prueba ASTM D56, los resultados obtenidos con el método de prueba: ASTM D93 pueden ser hasta 1,5 °C más altos; IP 170, IP 534 y ASTM D7236 pueden ser hasta 0,5 °C más altos; ASTM D3828 (IP 523) puede ser hasta 0,5 °C más bajo (un informe de investigación está pendiente de presentarse ante ASTM y está disponible en el Energy Institute como ILS2019\_MMS\_1).  HLos datos de apoyo relacionados con el límite máximo de densidad se han presentado en la sede central de ASTM International y se pueden obtener solicitando el Informe de Investigación RR:D02-1925. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  IEn el punto de fabricación.  JAl analizar el combustible de turbinas de aviación o los componentes de mezcla sintética mediante el método de ensayo ASTM D3241 o IP 323, los usuarios no deberán informar los resultados obtenidos utilizando un instrumento 230 Mk IV que contenga un filtro de combustible interno no consumible en línea ubicado aguas arriba del prefiltro de 0,45 μm  KEn el punto de fabricación. La temperatura de control de 325 °C se especifica para proporcionar una verificación periódica, lote por lote, de la estabilidad del proceso y la consistencia de la composición.  L El método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 para la estabilidad térmica es un ensayo crítico del combustible de aviación, cuyos resultados se utilizan para evaluar la idoneidad del combustible para jet en aspectos de seguridad operativa y cumplimiento normativo. La integridad de los ensayos de la norma ASTM D3241/ IP 323 requiere que los tubos de calentamiento (cupón de prueba) cumplan los requisitos de la Tabla 2 de la norma ASTM D3241 y proporcionen resultados equivalentes que los tubos de calentamiento suministrados por el fabricante del equipo original (OEM) sometidos al ensayo de la norma ASTM D3241. Un protocolo de ensayo para demostrar la equivalencia de los tubos de calentamiento de otros proveedores se encuentra archivado en la sede central de ASTM International y puede obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: D02-1550. Para el desarrollo del método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 se utilizaron tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por el OEM (PAC, 8824 Fallbrook Drive, Houston, TX 77064). Se demostró que los tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por Falex (Falex Corporation, 1020 Airpark Dr., Sugar Grove, IL, 60554- 9585) dan resultados equivalentes (véase la norma ASTM D3241 para referencias de informes de investigación). Estos hechos históricos no deberían interpretarse como un aprobación o certificación.  M Las clasificaciones de los depósitos en los tubos se deben realizar según el Anexo A2, ITR, o Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR, de la norma ASTM D3241, cuando estén disponibles. Si el dispositivo ITR del Anexo A2 reporta "N/A" para la medición de volumen de un tubo, el ensayo debe ser considerado como un fallo y el valor se reporta como > 85 nm. La clasificación visual del tubo de calentamiento mediante el Anexo A1 de la norma ASTM D3241 no es necesaria cuando se informan las mediciones del espesor de los depósitos mediante el Anexo A2, ITR, o el Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR. En caso de disputa entre los resultados de los métodos visuales y los de los métodos metrológicos, se debe considerar que el método de arbitraje es el método del Anexo A3, ETR, si está disponible; de lo contrario, será el del Anexo A2, ITR o Anexo A4 MWETR. Los datos que soportan la inclusión del A4 MWETR están archivados en la sede central de ASTM International, y pueden ser obtenidos solicitando los Informes de Investigación RR:D02-2072. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  N Se debe agregar antioxidante al producto a granel antes de movimientos u operaciones que expongan significativamente el producto al aire, de tal manera que garantice una mezcla adecuada. Esto se debe hacer tan pronto como sea posible después del hidro procesamiento o fraccionamiento, para evitar la peroxidación y la formación de goma después de la fabricación. Los mezcladores en línea por inyección y en tanque se consideran métodos aceptables para garantizar una mezcla adecuada.  O El objetivo final del comité D02 de la ASTM es hacer la transición de este requisito de punto de humo por lotes a un requisito de gestión del cambio una vez que se haya ganado suficiente experiencia en la producción. | | | | |  |

Tabla A7.2. Otros requisitos detallados; SPK de hidrocarburos hidroprocesados, ésteres y ácidos grasosA

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **HC-HEFA-SPK** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN DE HIDROCARBUROS | | | |  |
| Cicloparafinas | % masa | Máx | 50C | ASTM D2425 |
| Aromáticos | % masa | Máx | 0,5 | ASTM D2425 |
| Parafinas | % masa |  | Reportar | ASTM D2425 |
| Carbono e hidrógeno | % masa | Min | 99,5 | ASTM D5291 |
| COMPOSICIÓN NO HIDROCARBONADA | | | |  |
| Nitrógeno | mg/kg | Máx | 2 | ASTM D4529/IP 379 |
| Agua | mg/kg | Máx | 75 | ASTM 6304 o IP438 |
| Azufre | mg/kg | Máx | 15 | ASTM D5453 o ASTM D2622 |
| METALES | | | |  |
| Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn | mg/kg | Máx | 0,1 por metal | ASTM D7111 o UOP 389 |
| Halógenos | mg/kg | Máx | 1 | ASTM D7359 |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A7.2) se deben consultar en la Tabla A7.2 de la norma ASTM D7566.  A Para la conformidad de los resultados de ensayo de los requisitos se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A.7.6.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  C La composición máxima de cicloparafinas se basa en la experiencia actual con los componentes de mezcla sintéticos aprobados y está dentro del rango típico de las mezclas refinadas. | | | | |

**QUEROSENO PARAFÍNICO SINTÉTICO DE ALCOHOL A CHORRO CON AROMÁTICOS (ATJ-SKA)**

Cada lote de componente sintético de mezcla de queroseno parafínico sintético con aromáticos de alcohol a avión (ATJ-SKA) para mezcla con combustibles de aviación tipo turbina debe cumplir con los requisitos prescritos en la Tabla A8.1. Otros requisitos detallados se encuentran en la Tabla A8.2.

Tabla A8.1. Requisitos detallados del lote; Alcohol a chorro con aromáticos (ATJ-SKA) A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **ATJ SKA** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN | | | |  |
| Aromáticos | % vol | Máx | 20 | ASTM D1319 o IP 156C o ASTM D8305N |
| % vol | Min | 8 |  |
| Aromáticos | % masa | Máx | 21,2 | ASTM D2425 o ASTM D6379/IP 436 |
| % masa | Min | 8,4 |  |
| Acidez total | mg KOH/g | Máx | 0,015 | ASTM D3242/IP 354 |
| VOLATILIDAD | | | |  |
| Destilación física: deberán cumplirse los dos requisitos siguientes: | | | | ASTM D86D |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C | Máx | 205 |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C |  | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C |  | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Máx | 300 |  |
| T50-T10 | °C | MinK,L | 15 |  |
| T90-T10 | °C | MinK,L | 40 |  |
| Residuo de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Pérdida de destilación | % | Máx | 1,5 |  |
| Destilación simulada | | | | ASTM D2887 o IP 406E,F |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C |  | Reportar |  |
| 20% recuperado, temperatura (T20) | °C | Reportar |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | Reportar |  |
| 80% recuperado, temperatura (T80) | °C | Reportar |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | Reportar |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | Reportar |  |
| Punto de inflamación | °C | Min | 38F | ASTM D56 o ASTM D3828G o ASTM D7236G, IP 170G, IP 523G o IP 524G |
| Punto de congelación | °C | Máx | -40 | ASTM D5972/IP 435, ASTM D7153/IP 529, ASTM D 7154 o IP 528 o ASTM D2386/IP 16 |
| Viscosidad -40°C | mm2/sH | Máx | 12 | ASTM D445 o IP 71, Sección 1,M o ASTM D7945 |
| Densidad a 15°C | kg/m3 |  | 775 a 840 | ASTM D1298 o IP 160, ASTM D4052 o IP365 |
|  |
| Estabilidad térmica a 2,5 h, temperatura de control de 325°C, min | | | | ASTM D3241I/IP 323I |  |
| Caída de presión del filtro | mmHg | Máx | 25 |  |  |
| Clasificación del tubo: se debe cumplir uno de los siguientes requisitos: J | | | | |  |
| (1) Anexo A1 VTR, Código de color VTR |  | Menor de | 3 sin depósitos de color anormal o tipo tornasol (peacock) |  |  |
| (2) Anexo A2 ITR o Anexo A3 ETR o Anexo A4 MWETR | nm en área promedio de 2,5 mm2 | Máx | 85 |  |  |
| ADITIVOS | | | |  |  |
| AntioxidantesP | mg/L | Min | 17 |  |  |
| Máx | 24 |  |  |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A8.1) se deben consultar en la Tabla A8.1 de la norma ASTM D7566.  A Para conocer el cumplimiento de los resultados de los requisitos de la Tabla A8.1 se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A8.5.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  C Al analizar el combustible de aviación tipo turbina mediante la norma ASTM D1319 o IP 156, los usuarios no deben reportar resultados obtenidos usando cualquiera de los siguientes números de lote de indicador fluorescente de gel teñido: 3000000975, 3000000976, 3000000977, 3000000978, 3000000979 y 3000000980.  D La destilación de combustible para aviones de acuerdo con las normas ASTM D86 o IP 123 se realiza en condiciones del Grupo 4, excepto que se utiliza la temperatura del condensador del Grupo 3.  E No convierta las temperaturas medidas mediante la norma ASTM D2887 a equivalentes para la norma ASTM D86. La correlación proporcionada en el Apéndice X4 de D2887 no es necesariamente correcta para los componentes de mezcla de combustible sintético para aviones.  F El ensayo de la norma ASTM D2887 está diseñado para proporcionar datos que pueden utilizarse para identificar cualquier cambio de composición que pueda ocurrir debido a cambios en el procesamiento o a contaminación.  G En relación con el método de prueba ASTM D56, los resultados obtenidos con el método de prueba: ASTM D93 pueden ser hasta 1,5 °C más altos; IP 170, IP 534 y ASTM D7236 pueden ser hasta 0,5 °C más altos; ASTM D3828 (IP 523) puede ser hasta 0,5 °C más bajo (un informe de investigación está pendiente de presentarse ante ASTM y está disponible en el Energy Institute como ILS2019\_MMS\_1).  H 1 mm2/s=1cSt  I El método de ensayo ASTM D3241/IP 323 para la estabilidad térmica es un ensayo crítico del combustible de aviación, cuyos resultados se utilizan para evaluar la idoneidad del combustible para aviones para la seguridad operativa y regulatoria de la aviación. La integridad de los ensayos de la norma ASTM D3241/ IP 323 requiere que los tubos de calentamiento (cupón de prueba) cumplan los requisitos de la Tabla 2 de la norma ASTM D3241 y proporcionen resultados equivalentes que los tubos de calentamiento suministrados por el fabricante del equipo original (OEM) sometidos al ensayo de la norma ASTM D3241. Un protocolo de ensayo para demostrar la equivalencia de los tubos de calentamiento de otros proveedores se encuentra archivado en la sede central de ASTM International y puede obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: D02-1550. Para el desarrollo del método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 se utilizaron tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por el OEM (PAC, 8824 Fallbrook Drive, Houston, TX 77064). Se demostró que los tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por Falex (Falex Corporation, 1020 Airpark Dr., Sugar Grove, IL, 60554- 9585) dan resultados equivalentes (véase la norma ASTM D3241 para referencias de informes de investigación). Estos hechos históricos no deberían interpretarse como un aprobación o certificación.  J Las clasificaciones de los depósitos en los tubos se deben realizar según el Anexo A2, ITR, o Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR, de la norma ASTM D3241, cuando estén disponibles. Si el dispositivo ITR del Anexo A2 reporta "N/A" para la medición de volumen de un tubo, el ensayo debe ser considerado como un fallo y el valor se reporta como > 85 nm. La clasificación visual del tubo de calentamiento mediante el Anexo A1 de la norma ASTM D3241 no es necesaria cuando se informan las mediciones del espesor de los depósitos mediante el Anexo A2, ITR, o el Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR. En caso de disputa entre los resultados de los métodos visuales y los de los métodos metrológicos, se debe considerar que el método de arbitraje es el método del Anexo A3, ETR, si está disponible; de lo contrario, será el del Anexo A2, ITR o Anexo A4 MWETR. Los datos que soportan la inclusión del A4 MWETR están archivados en la sede central de ASTM International, y pueden ser obtenidos solicitando los Informes de Investigación RR:D02-2072. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  K Los criterios mínimos de aromáticos y pendiente de destilación solo se aplican a los combustibles de turbinas de aviación que contienen hidrocarburos sintetizados producidos según esta especificación y no son aplicables a los combustibles de turbinas de aviación convencionales producidos según la especificación D1655. Es posible que algunos lotes de combustibles para turbinas de aviación producidos según la especificación D1655 no cumplan con los criterios mínimos de aromáticos y pendiente de destilación especificados en la Tabla 1 de esta especificación.  L Estos límites de la pendiente de destilación se basan en la experiencia actual con los combustibles sintéticos aprobados y estos valores se establecieron a partir de lo que es típico para el combustible refinado para aviones. Se están llevando a cabo investigaciones sobre los requisitos reales para la pendiente de destilación.  M D445 o IP 71, Sección 1 permite medir la viscosidad a -40 °C, sin embargo, los valores de precisión se determinaron hasta -20 °C. Los datos que correlacionan los resultados de las pruebas a –40 °C para D445 y otros métodos de prueba ASTM relacionados se proporcionan en el Informe de investigación RR: D02-1776, Evaluación de isoparafinas sintetizadas producidas a partir de azúcares fermentados hidroprocesados (SIPFuels), preparado por TOTALNew Energies, Amyris, Inc. y el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (AFRL), versión final, febrero de 2014.  N Los resultados del método de ensayo D8305 se corregirán por sesgo utilizando la ecuación de corrección de sesgo para los aromáticos totales de la sección 13 (Precisión y sesgo) del método de ensayo D8305. El resultado de los aromáticos corregidos por sesgo también se utilizará en el método de ensayo D3338.  O En el punto de fabricación. | | | | |  |

Tabla A8.2. Otros requisitos detallados; Alcohol-to-jet (ATJ SKA) A

| **Parámetro** | **Unidad** | **Max/Min** | **HC-HEFA-SPK** | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN DE HIDROCARBUROS | | | |  |
| Cicloparafinas | % masa | Máx | 40C | ASTM D2425 |
| Parafinas | % masa |  | Reportar | ASTM D2425 |
| Carbono e hidrógeno | % masa | Min | 99,5 | ASTM D5291 |
| COMPOSICIÓN NO HIDROCARBONADA | | | |  |
| Nitrógeno | mg/kg | Máx | 2 | ASTM D4529/IP 379 |
| Agua | mg/kg | Máx | 75 | ASTM 6304 o IP438 |
| Azufre | mg/kg | Máx | 15 | ASTM D5453 o ASTM D2622 |
| METALES | | | |  |
| Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn | mg/kg | Máx | 0,1 por metal | ASTM D7111 o UOP 389 |
| Halógenos | mg/kg | Máx | 1 | ASTM D7359 |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A8.2) se deben consultar en la Tabla A8.2 de la norma ASTM D7566.  A Para la conformidad de los resultados de ensayo de los requisitos se debe consultar la sección 7.4 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección A.8.6.2 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  C La composición máxima de cicloparafinas se basa en la experiencia actual con los componentes de mezcla sintéticos aprobados y está dentro del rango típico de las mezclas refinadas. | | | | |

**REQUISITOS DETALLADOS DE LOS COMBUSTIBLES PARA TURBINAS DE AVIACIÓN QUE CONTIENEN HIDROCARBUROS SINTETIZADOS**

La Tabla A.9 contiene los requisitos de calidad para los combustibles de aviación convencional que contengan componentes sintéticos de mezcla – SBC, conforme se establece en la Tabla 1 de la norma ASTM D7566.

Tabla A9. Requisitos detallados para los combustibles de aviación tipo turbina que contienen hidrocarburos sintéticosA

| **Parámetro** | **Unidad** | | **Max/Min** | **Jet A/Jet A-1** | | **Método de ensayoB** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPOSICIÓN | | | | | |  |
| Acidez total | mg KOH/g | | Máx | 0,010 | | ASTM D3242/IP 354 |
| Aromáticos | % vol | | Máx | 8C,D a 25 | | ASTM D1319 o IP 156,E ASTM D8267 o ASTM D8305F |
| Aromáticos | % vol | | Máx | 8,4 C,D a 26,5 | | ASTM D6379/IP 436 |
| AzufreG | %masa | | Máx | 0,003 | | ASTM D3227/ IP 342 |
| Azufre total G | %masa | | Máx | 0,30 | | ASTM D1266, ASTM D2622, ASTM D4292, ASTM D5453 o IP 336 |
| VOLATILIDAD | | | | | |  |
| Destilación física | | | | | | ASTM D86H, ASTM D2887/IP 406I, ASTM D7344J,K, ASTM D7345J o IP 123H |
| 10% recuperado, temperatura (T10) | °C | | Máx | 205 | |  |
| 50% recuperado, temperatura (T50) | °C | | Máx | Reportar | |  |
| 90% recuperado, temperatura (T90) | °C | | Máx | Reportar | |  |
| Punto de ebullición final, temperatura | °C | | Máx | 300 | |  |
| T50-T10 | °C | | MinD,L | 15 | |  |
| T90-T10 | °C | | MinD,L | 40 | |  |
| Residuo de destilación | % | | Máx | 1,5 | |  |
| Pérdida de destilación | % | | Máx | 1,5 | |  |
| Punto de inflamación | °C | | Min | 38M | | ASTM D56 o ASTM D3828N o ASTM D7236 N, IP 170 N, IP 523 N o IP 524 N |
| Densidad a 15°C | kg/m3 | |  | 775 a 840 | | ASTM D1298 o IP 160, ASTM D4052 o IP365 |
| Punto de congelación | °C | | Máx | -40 Jet AO  -47 Jet A-1O | | ASTM D5972/IP 435, ASTM D7153/IP 529, ASTM D 7154 o IP 528 o ASTM D2386/IP 16 |
| VISCOSIDAD | | | | | | ASTM D445R o IP 71, Sección 1 R, ASTM D7042Q, ASTM D7945 |
| Tabla A.1 y A.4  Viscosidad -20°C P | mm2/s | | Máx | | 8,0 |  |
| Tabla A.5 menos a 30%  Viscosidad -20°C P | mm2/s | | Máx | | 12 |  |
| Tabla A.2, A.3, A.6, A.7 y A.8.  Viscosidad -20°C P | mm2/s | | Máx | | 8,0 |  |
| Tabla A.2, A.3, A.6, A.7 y A.8.  Viscosidad -40°C P | mm2/s | | Máx | | 12 |  |
| Tabla A.5 mayor a 30%  Viscosidad -20°C P | mm2/s | | Máx | | 8,0 |  |
| Tabla A.5 mayor a 30%  Viscosidad -40°C P | mm2/s | | Máx | | 12 |  |
| LUBRICIDAD | | | | | |  |
| Lubricidad S | mm | | Máx | 0,85 | | ASTM D5001 |  |
| COMBUSTIÓN | | | | | |  |  |
| Calor neto de combustión | MJ/kg | | Min | 42,8 T | | ASTM D4529, ASTM D3338, ASTM D4809 o IP 12 |  |
| Se debe cumplir uno de los siguientes requisitos | | | | | |  |  |
| Punto de humo | mm | | Min | 25 | | ASTM D1322/IP 598 |  |
| Punto de humo y  Naftalenos | mm  %vol | | Min  Máx | 18,0  3,0 | | ASTM D1322/IP 598  ASTM D1840 o ASTM D8305 U |  |
| CORROSIÓN | | | | | |  |  |
| Lámina de cobre, 2h a 100°C |  | | Máx | No.1 | | ASTM D130 o IP154 |  |
| Estabilidad térmicaV a 2,5 h, temperatura de control 260°C, mínimo | | | | | | ASTM D3241W/IP323W |  |
| Caída de presión del filtro | mmHg | | Máx | 25 | |  |  |
| Clasificación del tubo: se debe cumplir uno de los siguientes requisitos X | | | | | |  |  |
| (1) Anexo A1 VTR, Código de color VTR |  | | Menor de | 3 sin depósitos de color anormal o tipo tornasol (peacock) | |  |  |
| (2) Anexo A2 ITR o Anexo A3 ETR o Anexo A4 MWETR | nm en área promedio de 2,5 mm2 | | Máx | 85 | |  |  |
| CONTAMINANTES | | | | | |  |  |
| Gomas existentes | mg por 100 mL | | Máx | 7 | | ASTM D381 o IP 540 |  |
| MICROSEPARÓMETROS | | | | | | ASTM D3948 |  |
| Sin aditivo de conductividad eléctrica | Índice | | Min | 85 | |  |  |
| Con aditivo de conductividad eléctrica | Índice | | Min | 70 | | ASTM D3948 |  |
| ADITIVOS | | | | | |  |  |
| Conductividad eléctrica | pS/m |  | | Y | | ASTM D2624/IP 274 |  |
| Las especificaciones de la presente tabla (Tabla A9) se deben consultar en la Tabla 1 de la norma ASTM D7566.  A Para conocer el cumplimiento de los resultados de los requisitos de la Tabla A9 se debe consultar la sección 7.3 de la norma ASTM D7566.  B Los métodos de ensayo indicados en esta tabla se mencionan en la sección 11 de la norma ASTM D7566. Los métodos de ensayo de arbitraje se indican en cursiva, según aplique.  C El contenido mínimo de compuestos aromáticos se basa en la experiencia actual con las mezclas aprobadas de componentes sintéticos de mezcla con combustibles derivados del petróleo convencionales, y estos niveles se establecieron a partir de lo que es típico para combustibles refinados para jet. Se están realizando investigaciones sobre la necesidad real de compuestos aromáticos.  D Los criterios mínimos para los compuestos aromáticos y para la pendiente de la destilación sólo se aplican a los combustibles de aviación tipo turbina que contienen hidrocarburos sintéticos producidos bajo esta norma, y no son aplicables a los combustibles de aviación tipo turbina convencionales producidos bajo la norma ASTM D1655. Algunos lotes de combustible de aviación tipo turbina producidos de acuerdo con la norma ASTM D1655 pueden no cumplir con los criterios mínimos para el contenido de aromáticos y para la pendiente de la destilación que se indican en Tabla 1 de esta norma.  E Al analizar el combustible de aviación tipo turbina mediante la norma ASTM D1319 o IP 156, los usuarios no deben reportar resultados obtenidos usando cualquiera de los siguientes números de lote de indicador fluorescente de gel teñido: 3000000975, 3000000976, 3000000977, 3000000978, 3000000979 y 3000000980.  F Los resultados del método de ensayo de la norma ASTM D8305 se deben corregir respecto al sesgo, utilizando la fórmula de corrección de sesgo para aromáticos totales del numeral 13 (Precision and Bias) de la norma ASTM D8305. Los resultados corregidos respecto al sesgo también se deben utilizar para la norma ASTM D3338.  G Puede omitirse la determinación de azufre como mercaptano si el combustible se considera dulce según el ensayo de la prueba doctor descrita en el método de ensayo de las normas ASTM D4952 o IP 30.  H La destilación de combustible para aviones de acuerdo con las normas ASTM D86 o IP 123 se realiza en condiciones del Grupo 4, excepto que se utiliza la temperatura del condensador del Grupo 3.  I Los criterios de las propiedades de destilación se especifican en las unidades de escala de la norma ASTM D86 o IP 123. Los resultados de las normas ASTM D2887 o / IP 406 se deben convertir a los resultados estimados de las normas ASTM D86 o IP 123 mediante la aplicación de la correlación del Anexo X4 de la norma ASTM D2887, o del Anexo G de la norma IP 406, para las comparaciones con los criterios de propiedades especificados. Los límites de residuos y pérdidas de destilación proporcionan un control del proceso de destilación durante el uso del método de ensayo de las normas ASTM D86 e IP 123, y no se aplican al método de ensayo de la norma ASTM D2887/IP 406. Los residuos de destilación y las pérdidas se deben informar como "no aplicables" (N/A) cuando se informen los resultados del método de ensayo de la norma ASTM D2887 o /IP 406.  J Los resultados de los métodos de ensayo de las normas ASTM D7344 y ASTM D7345 deberán corregirse en función del sesgo.  K Los datos que respaldan la inclusión de la metodología D7344 están archivados en la sede de ASTM International y se pueden obtener solicitando Informes de investigación RR:D02-1621 y RR:D02-1855. Comuníquese con el Servicio de atención al cliente de ASTM en service@astm.org.  L Estos límites de pendiente de destilación se basan en la experiencia actual con las mezclas aprobadas de componentes sintéticos con combustibles convencionales derivados del petróleo y estos valores se establecieron a partir de lo típico del combustible refinado para aviones. Se están realizando investigaciones sobre los requisitos reales para la pendiente de destilación.  M Se puede acordar una especificación de punto de inflamación mínimo más alto entre el comprador y el proveedor.  N En relación con el método de prueba ASTM D56, los resultados obtenidos con el método de prueba: ASTM D93 pueden ser hasta 1,5 °C más altos; IP 170, IP 534 y ASTM D7236 pueden ser hasta 0,5 °C más altos; ASTM D3828 (IP 523) puede ser hasta 0,5 °C más bajo (un informe de investigación está pendiente de presentarse ante ASTM y está disponible en el Energy Institute como ILS2019\_MMS\_1).  O Se podrán acordar otros puntos de congelación entre el proveedor y el comprador.  P 1 mm2/s=1cSt  Q Los resultados del método de ensayo ASTM D7042 se convertirán en resultados de viscosidad cinemática con corrección de sesgo mediante la aplicación de la corrección descrita en el Método de ensayo ASTM D7042, sección 15.4.4.  R ASTM D445 o IP 71, Sección 1 permite medir la viscosidad a - 40 °C, sin embargo los valores de precisión se determinaron hasta -20 °C. Datos que correlacionan los resultados de las pruebas a -40 °C para la norma ASTM D445 y otros métodos de prueba ASTM relacionados se proporcionan en el Informe de investigación R:D02-1776, Evaluación de isoparafinas sintetizadas producidas a partir de hidroprocesados Azúcares fermentados (SIP Fuels), preparado por TOTAL New Energies, Amyris, Inc. y el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (AFRL), versión final, febrero 2014.  S En el punto de fabricación  T Para todos los grados, use la Ecuación 1 o la Tabla 1 establecidas en el método de ensayo de la norma ASTM D4529 o la ecuación 2 en el Método de ensayo de la ASTM D3338 o IP 12. Se puede usar el Método de prueba D4809 como alternativa.  U Los resultados del Método de ensayo de la norma ASTM D8305 se corregirán por sesgo utilizando la ecuación de corrección de sesgo para aromáticos polinucleares totales en la Sección 13 (Precisión y sesgo) de la norma ASTM D8305.  V Al analizar el combustible de turbinas de aviación o los componentes de mezcla sintética mediante el método de ensayo ASTM D3241 o IP 323, los usuarios no deberán informar los resultados obtenidos utilizando un instrumento 230 Mk IV que contenga un filtro de combustible interno no consumible en línea ubicado aguas arriba del prefiltro de 0,45 µm.  W El método de ensayo ASTM D3241/IP 323 para la estabilidad térmica es un ensayo crítico del combustible de aviación, cuyos resultados se utilizan para evaluar la idoneidad del combustible para aviones para la seguridad operativa y regulatoria de la aviación. La integridad de los ensayos de la norma ASTM D3241/ IP 323 requiere que los tubos de calentamiento (cupón de prueba) cumplan los requisitos de la Tabla 2 de la norma ASTM D3241 y proporcionen resultados equivalentes que los tubos de calentamiento suministrados por el fabricante del equipo original (OEM) sometidos al ensayo de la norma ASTM D3241. Un protocolo de ensayo para demostrar la equivalencia de los tubos de calentamiento de otros proveedores se encuentra archivado en la sede central de ASTM International y puede obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: D02-1550. Para el desarrollo del método de ensayo de la norma ASTM D3241/IP 323 se utilizaron tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por el OEM (PAC, 8824 Fallbrook Drive, Houston, TX 77064). Se demostró que los tubos de calentamiento y kits de filtro fabricados por Falex (Falex Corporation, 1020 Airpark Dr., Sugar Grove, IL, 60554- 9585) dan resultados equivalentes (véase la norma ASTM D3241 para referencias de informes de investigación). Estos hechos históricos no deberían interpretarse como un aprobación o certificación.  J Las clasificaciones de los depósitos en los tubos se deben realizar según el Anexo A2, ITR, o Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR, de la norma ASTM D3241, cuando estén disponibles. Si el dispositivo ITR del Anexo A2 reporta "N/A" para la medición de volumen de un tubo, el ensayo debe ser considerado como un fallo y el valor se reporta como > 85 nm. La clasificación visual del tubo de calentamiento mediante el Anexo A1 de la norma ASTM D3241 no es necesaria cuando se informan las mediciones del espesor de los depósitos mediante el Anexo A2, ITR, o el Anexo A3, ETR o Anexo A4 MWETR. En caso de disputa entre los resultados de los métodos visuales y los de los métodos metrológicos, se debe considerar que el método de arbitraje es el método del Anexo A3, ETR, si está disponible; de lo contrario, será el del Anexo A2, ITR o Anexo A4 MWETR. Los datos que soportan la inclusión del A4 MWETR están archivados en la sede central de ASTM International, y pueden ser obtenidos solicitando los Informes de Investigación RR:D02-2072. Póngase en contacto con el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org).  YSegún el comprador, la conductividad será de 50 pS /m a 600 pS/m en las condiciones en el punto de entrega. (1 pS/m = 1 x 10-12 O -1m-1). | | | | | | |  |