



NOTA DE ESTUDIO

TERCERA CONFERENCIA SOBRE LA AVIACIÓN Y LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS (CAAF/3)

Dubái, Emiratos Árabes Unidos, 20 - 24 de noviembre de 2023

Cuestión 2: Políticas de acompañamiento para promover el desarrollo y uso de energía más limpia en la aviación

MEDIDAS DE REFERENCIA Y PROYECCIONES DE POSIBLES OBJETIVOS CUANTIFICADOS DE USO DE ENERGÍAS MÁS LIMPIAS PARA LA AVIACIÓN INTERNACIONAL

(Nota presentada por la Secretaría)

RESUMEN

En esta nota de estudio se presentan medidas de referencia potenciales de posibles objetivos cuantificados de energías más limpias para la aviación internacional, así como proyecciones sobre los niveles mundiales de uso de energías más limpias para la aviación internacional, incluidas las aportaciones técnicas del Comité sobre la Protección del Medioambiente y la Aviación (CAEP) de la OACI y otra información pertinente.

Las medidas propuestas a la Conferencia figuran en el párrafo 5.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La segunda Conferencia sobre la Aviación y los Combustibles Alternativos (CAAF/2) de la OACI, celebrada en octubre de 2017¹, respaldó la “Visión de la OACI sobre los combustibles de aviación sostenibles para 2050, como camino vivo e inspirador, e insta a los Estados, la industria y otros interesados, a que reemplacen un porcentaje considerable de los combustibles de aviación convencionales (CAF) por combustibles de aviación sostenibles (SAF) para 2050, de modo que la aviación civil internacional reduzca significativamente las emisiones de carbono y, al mismo tiempo, aproveche todas las oportunidades del conjunto de medidas de mitigación para reducir las emisiones, según sea necesario” (refiérase a CAAF/2 Declaración, párrafo 1 y Resolución A41-21 de la Asamblea, 30º preámbulo).

1.2 La CAAF/2 también señaló que “este camino se basa en las suposiciones de un aumento progresivo del uso de SAF y que se debería examinar periódicamente mediante un proceso de evaluación para evaluar en forma continua los avances respecto del desarrollo y la utilización de SAF, incluida la

¹ CAAF/2 Declaración: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/pages/ICAO-Vision.aspx>

necesidad de considerar políticas y medidas y la organización de seminarios teóricos y prácticos periódicos, previos a la convocatoria de la CAAF/3, a más tardar en 2025, con miras a actualizar la visión de la OACI para 2050 a fin de incluir un porcentaje cuantificado de CAF que se han de sustituir por SAF a más tardar en 2050, y reducciones de carbono mediante los SAF” (véase CAAF/2 Declaración, párrafo 3).

1.3 En consecuencia, el 41º período de sesiones de la Asamblea de la OACI, celebrado en octubre de 2022, solicitó al Consejo que “continúe evaluando los avances en el desarrollo y la utilización de los SAF, LCAF y otras fuentes más limpias de energía para la aviación como parte del proceso de evaluación de la OACI, y convoque a la CAAF/3 en 2023 para reexaminar la Visión de la OACI sobre SAF, LCAF y otras fuentes más limpias de energía para la aviación para 2050, a fin de definir un marco mundial con arreglo a la Iniciativa *Ningún País se Queda Atrás* (NCLB) y teniendo en cuenta las circunstancias y capacidades nacionales” (véase A41-21, párrafo 28 f)).

1.4 Con el fin de apoyar la actualización y evaluación de la Visión de la OACI para 2050, y en consonancia con la implementación del objetivo ambicioso a largo plazo (LTAG) de cero emisiones netas de carbono para 2050 acordado en la Asamblea, en esta nota de estudio se ofrecen medidas de referencia potenciales y proyecciones de posibles objetivos cuantificados de energías más limpias para la aviación internacional, surgidas de las aportaciones técnicas del Comité sobre la Protección del Medioambiente y la Aviación (CAEP) del Consejo de la OACI.

1.5 A este respecto, en marzo de 2023, el Consejo de la OACI solicitó al CAEP que²:

- a) identifique medidas de referencia potenciales de posibles objetivos cuantificados de energías más limpias para la aviación internacional (p.ej., porcentajes (%) o valores absolutos (masa/volumen), en términos de los niveles de incorporación de SAF, LCAF y otras energías más limpias para la aviación, o en términos de niveles de reducción de emisiones de CO₂), destacando las ventajas y desventajas de cada medida de referencia posible;
- b) utilice las medidas de referencia potenciales identificadas en el punto a) anterior, junto con el informe del LTAG del CAEP, proporcione proyecciones sobre los niveles mundiales de uso de energías más limpias para la aviación internacional, a través de hitos intermedios, como los años 2030, 2040, y hasta 2050; y
- c) en el contexto de las proyecciones a corto plazo sobre la producción de SAF, determinar la distribución geográfica y las tendencias de las instalaciones de producción de SAF existentes y previstas.

2. MEDIDAS DE REFERENCIA POTENCIALES Y SUS VENTAJAS Y DESVENTAJAS

2.1 El CAEP identificó una serie de medidas de referencia potenciales de posibles objetivos cuantificados de energías más limpias³ para la aviación internacional, sobre la base del análisis de distintas

² Véase la decisión del Consejo: [C-DEC 229/3, párrafo 2. c\)](#).

³ En el contexto de este análisis, “energía más limpia” se refiere a las categorías de combustibles consideradas en las proyecciones del LTAG, es decir:

1) Combustibles de aviación sostenibles del LTAG (SAF-LTAG), que comprenden:

a. combustibles derivados de la biomasa (cultivos de aceites vegetales, cultivos energéticos lignocelulósicos, cultivos energéticos amiláceos, cultivos energéticos que contienen azúcares)

b. combustibles derivados de residuos

i. residuos sólidos – residuos de cultivos, residuos sólidos municipales, residuos forestales.

ii. residuos líquidos – residuos y subproductos de manteca, aceite y grasa (FOG).

iii. residuos gaseosos – residuos de CO₂ provenientes de: producción de etanol, producción de amoníaco, producción de hierro y acero y producción de cemento.

c. combustibles derivados de CO₂ atmosférico.

fuentes: medidas de referencia utilizadas en el sistema MRV del CORSIA (véanse las notas CAAF/3-WP 5 y 6); las medidas de referencia utilizadas por las partes interesadas del sector de la aviación en sus compromisos de cero emisiones netas; las medidas de referencia incluidas en el informe del LTAG; y las medidas de referencia asociadas a las metas de temperatura del IPCC. Se determinaron diez medidas de referencia potenciales, que se presentan en el apéndice A de la presente nota de estudio⁴ y se resumen a continuación.

#	Opción de medida de referencia	Unidad	#	Opción de medida de referencia	Unidad
1	Masa de energía más limpia	Kilotonelada (kt)	6	Porcentaje de reducción de emisiones de CO _{2e} a partir del uso de energía más limpia	%
2	Masa de energía más limpia (<i>Medida de referencia 1</i>) por masa total de combustible	%	7	Masa media de intensidad de carbono (CI) de combustible (gCO _{2e} /MJ) ⁵	Gramo de CO _{2e} /Megajulio de energía (gCO _{2e} /MJ)
3	Total de emisiones de CO _{2e} por año	Millón de toneladas (Mt)	8	Emisiones de CO ₂ acumuladas entre 2020 y 2050	Gigatonelada (Gt)
4	Total de emisiones de CO _{2e} por año (<i>Medida de referencia 3</i>) por masa total de combustible	Tonelada de CO _{2e} /Tonelada de combustible	9	gCO ₂ /RTK	Gramo de CO ₂ / Tonelada-kilómetro de pago
5	Reducciones de CO _{2e} a partir del uso de energía más limpia	Millón de toneladas (Mt)	10	gCO ₂ /ATK	Gramo de CO ₂ / Tonelada-kilómetro disponible

2.2 El CAEP utilizó el siguiente grupo de criterios para evaluar las ventajas y desventajas de cada medida de referencia potencial:

- a) la medida de referencia es notificada por los explotadores de aeronaves como parte de los requisitos del CORSIA;
- b) la OACI pone a la disposición la medida de referencia en el Registro Central del CORSIA (CCR), o la misma puede calcularse/seguirse con el uso de la información disponible en el CCR;
- c) permite hacer seguimiento del progreso hacia el LTAG, p.ej., puede utilizarse para evaluar los objetivos intermedios a corto, medio o largo plazo; y
- d) proporciona un punto de referencia para la comparación, p.ej., la medida de referencia se compara con un valor de referencia en lugar de ser un número absoluto.

2.3 La medida de referencia permite monitorear el desempeño de la implementación de energías limpias en la aviación civil. Las diferentes opciones de medidas de referencia pueden repercutir de manera diferente en el desarrollo de energías más limpias para el sector de la aviación. Las medidas de

2) **Combustibles de aviación con menos emisiones de carbono del LTAG (LCAF-LTAG)** – combustibles derivados del petróleo que alcanzan una intensidad de carbono de < 80.1 gCO_{2e}/MJ con el uso de tecnologías y prácticas idóneas de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI).

3) **Combustibles que no son de sustitución directa**, entre los que se encuentra el hidrógeno líquido (LH₂).

⁴ La presentación del CAEP con sus aportaciones técnicas también está disponible en el sitio web de la consulta sobre resultados previa a la CAAF/3:

<https://www.icao.int/Meetings/pre-CAAF3/Pages/reference-materials.aspx>

⁵ Al calcular la masa media, la masa de cada tipo de combustible (en toneladas) se multiplica por la CI (gCO_{2e}/MJ) del tipo de combustible, y luego se divide la suma de los valores de la ponderación por la masa total de combustible.

referencia pueden fomentar el incremento de los volúmenes de energía limpia, conducir a la disminución de las emisiones de la energía más limpia o influir tanto en el volumen como en las emisiones.

2.4 La evaluación por el CAEP de las ventajas de las diez medidas de referencia potenciales, basada en los cuatro criterios anteriores, figura en el apéndice B de esta nota de estudio. Cumplir todos los criterios no es un requisito previo para la idoneidad de una medida de referencia y, de hecho, algunos criterios pueden ser relevantes solo para determinadas medidas de referencia. También se puede considerar una combinación de medidas de referencia. Las desventajas de una medida de referencia también se indican en la última columna de la tabla del apéndice B y se resumen a continuación.

Resumen de las desventajas de las posibles medidas potenciales

No reflejan las ventajas de las energías más limpias	Medida de referencia 1 y 2
Falta de datos disponibles, por ejemplo, a través del Registro Central del CORSIA, para realizar un seguimiento de los progresos.	Medidas de referencia 9 y 10
Se ven afectadas por otras medidas que van más allá de las energías más limpias (tecnología / operaciones)	Medidas de referencia 3, 5 y 8
Es un número absoluto y no se puede comparar con un valor de referencia	Medidas de referencia 1, 3, 4, 5 y 8
A las medidas de referencia 6 y 7 no les afectan estas desventajas	

3. PROYECCIONES SOBRE LOS NIVELES MUNDIALES DE USO DE ENERGÍAS MÁS LIMPIAS PARA LA AVIACIÓN INTERNACIONAL

3.1 Para ilustrar el uso de las opciones de medidas de referencia establecidas, se han aplicado a las proyecciones sobre los niveles mundiales de uso de energías más limpias para la aviación internacional del informe del LTAG⁶. Estas proyecciones se basan en la información disponible hasta 2021 y figuran en el apéndice C, que incluye tablas detalladas con proyecciones por año que utilizan cada medida de referencia.

3.2 Además de las proyecciones del informe LTAG del apéndice C, el CAEP también proporcionó información sobre la distribución geográfica y las tendencias a corto plazo (hasta 2030) de las instalaciones de producción de SAF existentes y previstas. Esta información figura en el apéndice D. En este análisis inicial del CAEP se evaluó el grado de madurez de las instalaciones de producción de SAF anunciadas hasta el 31 de enero de 2023; por tanto, en el apéndice D no se incluye ninguno de los anuncios de instalaciones de SAF realizados desde entonces.

3.3 Además, se proporciona un panorama actualizado de los anuncios de instalaciones de producción de SAF en todo el mundo a través de la [Herramienta de seguimiento de la OACI de las instalaciones de producción de SAF](#), que se ilustra en el apéndice E. La herramienta de seguimiento refleja

⁶ Puede consultarse una descripción detallada del análisis del LTAG sobre los combustibles, incluidos la descripción de la hipótesis y los costos asociados, en el sitio web de la OACI sobre "LTAG and Fuels" (LTAG y combustibles): <https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Pages/LTAG-and-Fuels.aspx>.

todos los anuncios sin necesidad de realizar nuevas evaluaciones técnicas, entre otras, sobre el grado de madurez.

3.4 Se pondrá a disposición de la CAAF/3 una actualización de las proyecciones a corto plazo y la información más reciente de la herramienta de seguimiento de la OACI sobre las instalaciones de producción de SAF.

4. ANÁLISIS DE MEDIDAS DE REFERENCIA POTENCIALES CUANTIFICADAS Y METAS PARA LA AVIACIÓN INTERNACIONAL

4.1 El informe del LTAG muestra que es factible el uso de un 100% de combustibles de aviación sostenibles en todos los vuelos de la aviación internacional para el año 2050, lo que se refleja en la opción 1 de las medidas de referencia “masa de energía más limpia”. Aunque es la medida de referencia más sencilla de entender, no refleja los beneficios climáticos de esas energías más limpias. Dado que los beneficios de las energías más limpias se obtienen en función de un ciclo de vida, habrá opciones de energía con mejores beneficios medioambientales según el ciclo de vida, que no serán captadas en las medidas de referencia simplemente asociadas a la masa, según destacó el CAEP.

4.2 El análisis de las medidas de referencia potenciales en el apéndice B muestra que las opciones de medidas de referencia 6 (Porcentaje de reducción de emisiones de CO_{2e} a partir del uso de energía más limpia) y 7 (Masa media de intensidad de carbono (CI) de combustible) captan estos beneficios climáticos asociados al uso de energías más limpias. Ambas medidas de referencia también podrán obtenerse con el uso de la información que estará disponible en el Registro Central del CORSIA, y sus proyecciones también están disponibles como parte del informe del LTAG, lo que permite el seguimiento del avance hacia cualquier objetivo potencial. Estos elementos muestran que las medidas de referencia 6 y 7 podrían ser buenas candidatas para su uso en cualquier posible objetivo cuantificado para energías más limpias en la aviación internacional.

4.3 La facilidad de comprensión también es un elemento importante que debe tenerse en cuenta, ya que la medida de referencia debe permitir que la señal sea fácilmente comprensible para las partes interesadas de la aviación y el público en general. A este respecto, la medida de referencia 7 proporciona una unidad bastante científica (gCO_{2e}/MJ), que puede requerir ciertos conocimientos sobre la evaluación del ciclo de vida de los combustibles para ser comprendida a cabalidad. En ese sentido, la medida de referencia 6 (Porcentaje de reducción de emisiones de CO_{2e} a partir del uso de energía más limpia) proporciona el mismo nivel de información en un formato que puede ser fácilmente comprendido por cualquier persona con conocimientos básicos sobre las repercusiones del cambio climático. Las figuras siguientes proporcionan más información sobre cómo calcular las medidas de referencia 6 y 7 y sobre la forma en que están interrelacionadas.

Medida de referencia 6 – % de reducción del CO₂ a partir del uso de energía más limpia

- Esta medida de referencia puede obtenerse con el uso de información que ya se notifica en el marco del CORSIA y se publica en el sitio web del CORSIA.

$$\text{Medida de referencia 6} = \left(\frac{\text{Reducciones del CO}_2 \text{ de SAF y LCAF del CORSIA}^{**}}{\text{Total de emisiones de CO}_2 \text{ de la aviación internacional}^*} \right) \times 100\%$$

% de reducción del CO₂ a partir del uso de energía más limpia

* Puede obtenerse sumando las emisiones notificadas para los explotadores de aviones, según los requisitos del Anexo 16, Vol. IV, tabla A5-5. **Esta información está disponible en:** <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CCR.aspx> ;

** La información sobre las reclamaciones relativas a CEF también estará disponible en el sitio web mencionado anteriormente, según los requisitos del Anexo 16, Vol. IV, tabla A5-6. Cabe señalar que no todos los CEF se reclamarán necesariamente en el marco del CORSIA; se espera que los explotadores solo informen de las reducciones de emisiones reclamadas de los CEF si están sujetos a requisitos de compensación.

Medida de referencia 7 – Masa media de intensidad de carbono (CI) de combustible

$$\text{Medida de referencia 7} = 89 \times \left(1 - \frac{\text{Reducciones del CO}_2 \text{ de SAF y LCAF del CORSIA}^{**}}{\text{Total de emisiones de CO}_2 \text{ de la aviación internacional}^*} \right)$$

Masa media de intensidad de carbono (CI) de combustible (gCO₂e/MJ)

Valor de referencia de las emisiones durante el ciclo de vida del combustible de aviación en el CORSIA – Definido en el Anexo 16 Vol. IV, 3.3.1

Esta es la medida de referencia 6 % de reducción del CO₂ a partir del uso de energía más limpia

4.4 Un objetivo cuantificado y colectivo para SAF, LCAF y otras energías más limpias en la aviación internacional, en el contexto de la implementación del LTAG, podría permitir un seguimiento más fácil del avance hacia la consecución del LTAG y su examen periódico, que apoye a los Estados en la elaboración de sus políticas de energía limpia. Asimismo, proporcionaría más claridad a las instituciones financieras sobre las necesidades de inversión y ayudaría a dirigir fondos hacia SAF, LCAF y otros proyectos para el uso de energías más limpias.

5. MEDIDAS PROPUESTAS A LA CAAF/3

5.1 Se invita a la CAAF/3 a:

- utilizar la información que figura en la presente nota de estudio, incluidas las aportaciones técnicas del CAEP sobre medidas de referencia potenciales de posibles objetivos cuantificados y proyecciones sobre los niveles mundiales de uso de energías

más limpias por parte de la aviación internacional, así como a monitorear el proceso LTAG, para examinar los resultados de la CAAF/3; y

- b) tener en cuenta la inclusión de objetivos colectivos de uso de energías más limpias por parte de la aviación internacional, basados en las medidas de referencia más apropiadas y en consonancia con el informe del LTAG, como parte de la evaluación y actualización de la “Visión de la OACI para 2050”.

APPENDIX A: POSSIBLE METRICS FOR POTENTIAL QUANTIFIED GOALS FOR CLEANER ENERGY FOR INTERNATIONAL AVIATION

	Metric Option	Metric description	Unit	Examples of Metric use [reference number]⁷
1	Mass of cleaner energy	Total mass of cleaner energy use	KiloTonne (kt)	CORSIA MRV [1, 7] , ICF (UK industry SAF roadmap) [2] , ATAG Waypoint 2050 [3] EASA Environmental Report [4] , Delta airlines [14] , JetBlue [10]
2	Mass of cleaner energy (<i>Metric 1</i>) per Total mass of fuel	Mass proportion of total cleaner energy use to total fuel use	%	CORSIA MRV [1, 7], EASA Environmental Report [4], AirFrance KLM [11]; Japan Airlines [12]; Delta Airlines [14] ; JetBlue [10] ; World Bank [13]; ATAG Waypoint 2050 [3]
3	Total CO _{2e} emitted per year	Total mass of CO ₂ equivalent emitted per year	MillionTonne (Mt)	CORSIA MRV [1, 7], ICF (UK industry SAF roadmap) [2], ATAG Waypoint 2050 [3] EASA Environmental Report [4], US Action Plan [5], ICCT [6], IATA Net zero monitoring [10], Japan Airlines [12]; One World carbon roadmap [16]
4	Total CO _{2e} emitted per year (<i>Metric 3</i>) per total mass of fuel	Mass proportion of total CO ₂ equivalent emitted to total fuel use	Tonne CO _{2e} /Tonne of fuel	CORSIA MRV [1, 7] ICF (UK industry SAF roadmap) [2] ATAG Waypoint 2050 [3] EASA environmental report [9]
5	CO _{2e} reduction from the use of cleaner energy	Total mass of CO ₂ equivalent emissions reductions generated by cleaner energy use	MillionTonne (Mt)	CORSIA MRV [1, 7] ICF (UK industry SAF roadmap) [2] ATAG Waypoint 2050 [3] US Action Plan [5]
6	% CO _{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	Percentage of CO ₂ equivalent emissions reductions resulting from cleaner energy use compared to baseline scenario with zero cleaner energy use	%	CORSIA MRV [1, 7] ICF (UK industry SAF roadmap) [2] ATAG Waypoint 2050 [3] EASA Environmental Report [4]
7	Mass average carbon intensity (CI) of fuel (gCO _{2e} /MJ) ⁸	Carbon intensity of total fuel mix based on weighted sum of carbon intensities of cleaner energy and fossil jet fuel	Grams of CO _{2e} /MegaJoule of energy (gCO _{2e} /MJ)	CORSIA MRV [1, 7]
8	Cumulative total CO ₂ emissions over the period between 2020 and 2050	Cumulative total mass of CO ₂ emissions from international aviation	GigaTonne (Gt)	CORSIA MRV ⁹ [1, 7] LTAG report [9] IPCC
9	gCO ₂ /RTK	CO ₂ emissions intensity, whilst accounting for changes in traffic volumes	gram CO ₂ / Revenue Tonne Kilometer	IATA Net zero monitoring [15]
10	gCO ₂ /ATK	CO ₂ emissions intensity, whilst accounting for changes in available capacity	gram CO ₂ / Available Tonne Kilometer	IATA Net zero monitoring [15]

⁷ Note that these are examples of use of the same or similar metrics. They cannot be directly applied to LTAG as is. For example, some may report based on CO₂ rather than CO_{2e}

⁸ In calculating the mass average, the mass of each type of fuel (in tonne) is multiplied by the CI (gCO_{2e}/MJ) of the type of fuel. The sum of the weighted values is then divided by the total mass of fuel.

⁹ CORSIA MRV covers CO₂ emissions up to 2035.

APPENDIX B: ASSESSMENT OF POSSIBLE METRIC OPTIONS FOR CLEANER ENERGY FOR INTERNATIONAL AVIATION

Possible metrics for potential quantified goals associated with using cleaner energy sources for international aviation are identified below, together with the identified criteria, to assess the advantages and disadvantages of each possible metric. Checkmarks indicate advantages of each metric. Disadvantages are highlighted in the last column.

	Metric Option / Criteria	Metric is reported by aeroplane operators as part of CORSIA requirements ¹⁰	Metric is made available by ICAO in the CORSIA Central Registry, or can be calculated/ tracked with the use of available CCR information	Metric Allows tracking progress toward the LTAG, e.g. can be used to assess short, mid, and long-term intermediate goals	Provides a benchmark for comparison;eg. the metric compares against a reference value instead of being an absolute number.	Disadvantages
1	Mass of cleaner energy	✓	✓			Does not capture environmental benefits of cleaner energy or non drop in fuels. Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
2	Mass of cleaner energy (<i>Metric 1</i>) / Total mass of fuel)		✓		✓	Does not capture environmental benefits of cleaner energy or non drop in fuels.
3	Total CO _{2e} emitted per year	✓	✓	✓		Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
4	Total CO _{2e} emitted per year (<i>metric 3</i>) / per total mass of fuel		✓	✓		
5	CO _{2e} reduction from the use of cleaner energy	✓	✓	✓		Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
6	% CO _{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy		✓	✓	✓	
7	Mass average carbon intensity (CI) of fuel (gCO _{2e} /MJ)		✓	✓	✓	

¹⁰ Information provided by CORSIA is not fully comprehensive due to the scope of CORSIA

	Metric Option / Criteria	Metric is reported by aeroplane operators as part of CORSIA requirements ¹⁰	Metric is made available by ICAO in the CORSIA Central Registry, or can be calculated/ tracked with the use of available CCR information	Metric Allows tracking progress toward the LTAG, e.g. can be used to assess short, mid, and long-term intermediate goals	Provides a benchmark for comparison;eg. the metric compares against a reference value instead of being an absolute number.	Disadvantages
8	Cumulative CO2 emissions over the period between 2020 and 2050		✓ ¹¹	✓		Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
9	gCO2/RTK			✓	✓	Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand). Restricted to commercial aviation.
10	gCO2/ATK			✓	✓	Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).

¹¹ CCR information covers up to 2035.

APPENDIX C: DETAILED PROJECTIONS ON THE GLOBAL LEVELS OF CLEANER ENERGY USE FOR INTERNATIONAL AVIATION

The projections below on the global levels of cleaner energy use for international aviation, using the identified possible metrics in Appendix A, are based on the fuels data using the medium traffic scenario in the LTAG Report (data spreadsheet available at <https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Pages/LTAG-data-spreadsheet.aspx>).

Projections for cumulative CO2 emissions (metric 8) are provided in the [LTAG report, Appendix R3, Table 1](#).

The projections used 43 MJ/kg as fuel energy content (heating value), and values are given for milestones for 2030, 2040 and 2050 and for three fuel-related scenarios (F1, F2 and F3).

It is important to highlight that volume results from the LTAG report for 2030 were based on announcements made up to 2021.

	Metric Option	Unit	Scenario F1			Scenario F2			Scenario F3		
			2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
1	Mass of Cleaner energy	kt	8292	51732	129354	36971	188802	357319	78493	275912	335619
2	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	%	3.81	17.73	34.45	17.13	65.94	100.00	36.97	100.00	100.00
3	Total CO _{2e} emitted	Mt	816.61	1024.25	1155.97	742.62	756.18	599.62	672.94	465.14	242.65
4	Total CO _{2e} emitted per year/Total mass of fuel	t CO ₂ /t of fuel	3.75	3.51	3.08	3.44	2.64	1.68	3.17	1.69	0.72
5	CO _{2e} reduction from the use of cleaner energy	Mt	15.95	92.68	280.91	83.24	339.66	767.84	139.53	590.77	1041.77
6	% CO _{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	%	1.92	8.30	19.55	10.08	31.00	56.15	17.17	55.95	81.11
7	Mass average carbon intensity (CI) of fuel (gCO _{2e} /MJ)	gCO _{2e} /MJ	87.30	81.62	71.60	80.03	61.41	39.03	73.72	39.21	16.81
8	Cumulative CO2 emissions over the period between 2020 and 2050	GtCO ₂	23			17			12		
9	gCO ₂ /RTK		Can't be obtained from LTAG fuels data								
10	gCO ₂ /ATK		Can't be obtained from LTAG fuels data								

Assumptions used in the constrained scenarios of the LTAG report for fuels:

- Under Scenario F1, the scenario prioritization emphasized low cost GHG reduction, and fuels were ordered by minimum selling price (MSP).
- Under Scenario F2, selection prioritized cost effective GHG reduction, using marginal abatement cost as the ordering criterion given in units of \$/kg CO₂reduced.

- Under Scenario F3, the emphasis was on maximizing GHG reductions, and the fuel LCA value was used as the ordering criterion with lowest LCA value fuels prioritized.

DETAILED TABLE FOR THE SCENARIO F1

Unit	Scenario F1						
	Mass of Cleaner energy	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	Total CO _{2e} emitted	Total CO _{2e} emitted per year/Total mass of fuel	CO _{2e} reduction from the use of cleaner energy	% CO _{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	Mass average CI of fuels (gCO _{2e} /MJ) ^b
	kt	%	Mt	t CO ₂ /t of fuel	Mt	%	gCO _{2e} /MJ
2030	8292	3.8%	816.61	3.75	15.95	1.92%	87.30
2031	12319	5.5%	833.61	3.74	19.96	2.34%	86.92
2032	16521	7.2%	850.07	3.72	24.51	2.80%	86.51
2033	20934	8.9%	865.90	3.70	29.69	3.32%	86.05
2034	25612	10.7%	880.94	3.68	35.66	3.89%	85.54
2035	30589	12.5%	895.10	3.65	42.52	4.53%	84.96
2036	33747	13.3%	923.23	3.63	49.60	5.10%	84.46
2037	37350	14.2%	950.14	3.61	57.91	5.74%	83.89
2038	41499	15.2%	975.54	3.58	67.73	6.49%	83.22
2039	46248	16.4%	999.28	3.55	79.20	7.34%	82.46
2040	51732	17.7%	1024.25	3.51	92.68	8.30%	81.62
2041	57955	19.3%	1040.64	3.47	108.28	9.42%	80.61
2042	65126	21.1%	1054.41	3.42	126.50	10.71%	79.47
2043	73316	23.1%	1065.39	3.36	147.52	12.16%	78.18
2044	82658	25.4%	1073.20	3.30	171.70	13.79%	76.72
2045	91413	27.4%	1083.19	3.25	193.71	15.17%	75.50
2046	97509	28.5%	1101.35	3.22	207.55	15.86%	74.89
2047	104367	29.8%	1117.66	3.19	223.24	16.65%	74.18
2048	111951	31.2%	1132.21	3.16	240.68	17.53%	73.40

2049	120288	32.8%	1144.96	3.12	259.93	18.50%	72.53
2050	129354	34.5%	1155.97	3.08	280.91	19.55%	71.60

DETAILED TABLE FOR THE SCENARIO F2

	Scenario F2						
	Mass of Cleaner energy	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	Total CO _{2e} emitted	Total CO _{2e} emitted per year/Total mass of fuel	CO _{2e} reduction from the use of cleaner energy	% CO _{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	Mass average CI of fuels (gCO _{2e} /MJ) ^b
Unit	kt	%	Mt	t CO ₂ /t of fuel	Mt	%	gCO _{2e} /MJ
2030	36971	17.1%	742.62	3.44	83.24	10.08%	80.03
2031	48440	21.9%	745.97	3.38	99.81	11.80%	78.50
2032	60348	26.7%	747.96	3.31	117.74	13.60%	76.90
2033	72795	31.5%	748.29	3.23	137.32	15.51%	75.20
2034	85837	36.3%	746.80	3.16	158.73	17.53%	73.40
2035	99568	41.2%	743.20	3.07	182.24	19.69%	71.47
2036	115473	46.1%	749.91	2.99	208.46	21.75%	69.64
2037	132317	51.1%	754.06	2.91	237.24	23.93%	67.70
2038	150115	56.1%	755.61	2.82	268.61	26.23%	65.66
2039	168910	61.1%	754.45	2.73	302.69	28.63%	63.52
2040	188802	65.9%	756.18	2.64	339.66	31.00%	61.41
2041	204402	69.7%	744.17	2.54	378.83	33.73%	58.98
2042	220824	73.5%	729.89	2.43	420.27	36.54%	56.48
2043	237918	77.3%	713.76	2.32	463.57	39.37%	53.96
2044	255480	81.2%	696.31	2.21	508.18	42.19%	51.45
2045	273300	84.9%	678.11	2.11	553.54	44.94%	49.00
2046	291103	88.5%	659.84	2.01	598.97	47.58%	46.65
2047	308576	91.8%	642.39	1.91	643.58	50.05%	44.46
2048	325566	94.9%	626.20	1.82	686.94	52.31%	42.44

2049	341863	97.6%	611.81	1.75	728.49	54.35%	40.63
2050	357319	100.0%	599.62	1.68	767.84	56.15%	39.03

DETAILED TABLE FOR THE SCENARIO F3

	Scenario F3						
	Mass of Cleaner energy	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	Total CO _{2e} emitted	Total CO _{2e} emitted per year/Total mass of fuel	CO _{2e} reduction from the use of cleaner energy	% CO _{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	Mass average CI of fuels (gCO _{2e} /MJ) ^b
Unit	kt	%	Mt	t CO ₂ /t of fuel	Mt	%	gCO _{2e} /MJ
2030	78493	36.97%	672.94	3.17	139.53	17.17%	73.72
2031	98093	45.22%	658.90	3.04	171.30	20.63%	70.64
2032	118606	53.53%	641.90	2.90	206.02	24.30%	67.38
2033	140136	61.95%	621.60	2.75	244.05	28.19%	63.91
2034	162844	70.55%	597.47	2.59	285.91	32.37%	60.19
2035	186690	79.29%	569.52	2.42	331.58	36.80%	56.25
2036	202486	83.26%	553.00	2.27	377.72	40.58%	52.88
2037	219487	87.47%	533.10	2.12	427.22	44.49%	49.41
2038	237536	91.83%	510.28	1.97	479.65	48.45%	45.88
2039	256385	96.24%	485.23	1.82	534.32	52.41%	42.36
2040	275912	100.00%	465.14	1.69	590.77	55.95%	39.21
2041	281882	100.00%	412.02	1.46	666.75	61.81%	33.99
2042	287853	100.00%	359.47	1.25	742.15	67.37%	29.04
2043	293824	100.00%	308.19	1.05	816.28	72.59%	24.39
2044	299795	100.00%	258.87	0.86	888.45	77.44%	20.08
2045	305765	100.00%	254.51	0.83	915.65	78.25%	19.36
2046	311736	100.00%	252.72	0.81	940.29	78.82%	18.85
2047	317707	100.00%	250.64	0.79	965.23	79.39%	18.35
2048	323678	100.00%	248.27	0.77	990.45	79.96%	17.84

2049	329648	100.00%	245.60	0.75	1015.96	80.53%	17.33
2050	335619	100.00%	242.65	0.72	1041.77	81.11%	16.81

REFERENCIAS

- [1] OACI, Anexo 16 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, volumen IV, 2018. <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/SARPs-Annex-16-Volume-IV.aspx> (consultado el 28 de marzo de 2023).
- [2] ICF, Roadmap for the development of the UK SAF industry, 2023 (Mapa de ruta para el desarrollo de la industria de SAf en el Reino Unido). <https://www.sustainableaviation.co.uk/wp-content/uploads/2023/04/Sustainable-Aviation-SAF-Roadmap-Final.pdf> (consultado el 27 de junio de 2023).
- [3] Grupo de Acción del Transporte Aéreo (ATAG), Waypoint 2050, 2020 (Puntos de referencia 2050, 2020). https://aviationbenefits.org/media/167187/w2050_full.pdf.
- [4] Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea, Agencia Europea de Medio Ambiente, Informe Medioambiental sobre la Aviación Europea 2022, 2022. https://www.easa.europa.eu/eco/sites/default/files/2023-02/230217_EASA%20EAER%202022.pdf (consultado el 27 de junio de 2023).
- [5] Administración Federal de Aviación, United States 2021 Aviation Climate Action Plan (Plan de Acción Climática de la Aviación de Estados Unidos para 2021), 2021. https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-11/Aviation_Climate_Action_Plan.pdf (consultado el 27 de junio de 2023).
- [6] ICCT, CO2 Emissions from Commercial Aviation (Emisiones de CO2 de la Aviación Comercial), B. Graver, D. Rutherford, S. Zheng, 2020.
- [7] OACI, Combustibles Admisibles en el CORSIA - Metodología de Evaluación del Ciclo de Vida - V5, 2022. https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_Eligible_Fuels/CORSIA_Supporting_Document_CORSIA%20Eligible%20Fuels_LCA_Methodology_V5.pdf (consultado el 30 de abril de 2023).
- [8] L. Jing, H.M. El-Houjeiri, J.C. Monfort, J. Littlefield, A. Al-Qahtani, Y. Dixit, R.L. Speth, A.R. Brandt, M.S. Masnadi, H.L. MacLean, W. Peltier, D. Gordon, J.A. Bergerson, Understanding variability in petroleum jet fuel life cycle greenhouse gas emissions to inform aviation decarbonization (Comprensión de la variabilidad de las emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida del combustible para reactores para informar sobre la descarbonización de la aviación), Nat Commun. 13 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35392-1>.
- [9] https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixM5.pdf
- [10] JetBlue, [Sustainability | JetBlue](#)
- [11] AirFrance-KLM, [Environment | AIR FRANCE KLM](#)
- [12] Japan Airlines, [Addressing Climate Change | Sustainability | JAPAN AIRLINES Corporate Information \(jal.com\)](#)
- [13] Banco Mundial, [Report on the Role of Sustainable Aviation Fuels in Decarbonizing Air Transport, 2022](#)
- [14] Delta Airlines, [Our Decarbonization Pathway \(delta.com\)](#)
- [15] IATA Net Zero monitoring, [Net Zero 2050 \(iata.org\)](#)
- [16] One World Carbon roadmap <https://www.oneworld.com/news/2021-08-31-oneworld-outlines-path-to-net-zero-emissions-by-2050>

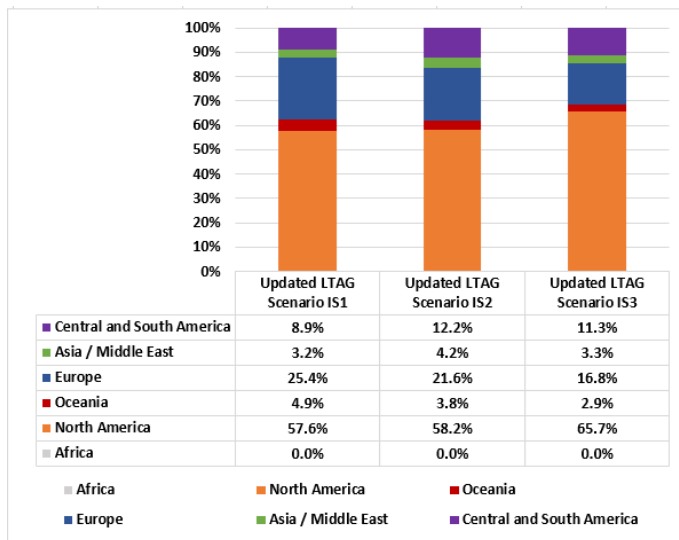
APPENDIX D

GEOGRAPHIC DISTRIBUTION AND TRENDS OF EXISTING AND PLANNED SAF PRODUCTION FACILITIES IN 2030

The short-term scenarios for 2030 were originally developed by CAEP in 2021, and included 5 short-term scenarios based on publically-available announcements of SAF production: “low”, “moderate”, “high”, ”high+”, and “max”. Such information **in 2021** was incorporated in the LTAG report in 2022, in which the three short-term scenarios “moderate”, “high” and “high+” were associated with the LTAG scenarios IS1, IS2 and IS3, respectively.

The results shown in this Appendix reflect a further update of the short-term projections for 2030, as compared to the LTAG scenarios IS1, IS2 and IS3. The updates to the short term projections include further announcements of SAF production facilities **by 31 January 2023**. Therefore, fuel volumes from the short-term projections out to 2030 outlined in this Appendix are not the same volumes reported in the LTAG-report, given the different points in time in which the different analyses have been prepared.

Based on the updated SAF short-term projection in 2030, the geographical distribution by world-region (in %) in 2030 is provided in the Figure below.



Notes – There are efforts ongoing in other world regions that could lead to SAF production by 2030 but have not reached the maturity level yet for inclusion in these projections at the time the database was frozen as of

31 January 2023. This analysis was developed by CAEP in a short period of time and should be reviewed in the future to ensure its accuracy and to use the definition of ICAO regions.

The database used by the CAEP analysis was frozen on 31 January 2023 and information above does not include any SAF facility announcements made since then.

Details on the methodology

Diffusion modelling was used to more accurately project later years' production beyond the 4-5 years typical for project announcements. However, the diffusion approach does not yield world-region-specific projections but rather global projections. Therefore, the analysis rely on scenario-adjusted announcements from the database for reporting world-region-specific SAF volumes in 2030.

The database used in the analysis includes 108 facilities, including 25 with a maturity level of A, 20 with a maturity level of B, and 27 with a maturity level of C, while other 36 facilities received a maturity level of D and were, therefore, not used in the analysis.

Although SAF activities are in its early stages and are evolving very rapidly in different parts of the world, when analyzing the current results by region of production, it is found that across all scenarios, the majority of SAF production is forecasted to be in the US, followed by the EU (see Figure above). The following essential aspects are highlighted:

- a) The analysis used the SAF database that was frozen on 31 January 2023, and announcements made since then are not included in the data;
- b) Facility announcements made later, as well as policy developments that could support the SAF production scale-up, are not included in the regional breakdown;
- c) Updating the database is a continuous task with additional announcements being captured, and therefore the output from database analyses in the future will change;
- d) Given the relatively small global SAF volumes, small volume changes in one world region can have a significant impact on the share of this world region in total production;
- e) Many facility announcements have incomplete data, and assumptions had to be made with regard to product slate; and
- f) The regional breakdown is based on scenario-adjusted announcements and does not include any diffusion-modelling. The assessment results and methodology can be found in the ICAO public website (<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF-Projections.aspx>).

APPENDIX E

ICAO TRACKER ON SAF PRODUCTION FACILITIES

An up-to-date snapshot of SAF production facilities announcements worldwide is provided through the [ICAO Tracker on SAF production facilities](https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Production-Facilities.aspx), which is illustrated below and available for consultation at <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Production-Facilities.aspx>.

The tracker reflects all announcements without further technical assessments, including on maturity levels.

The capacity numbers refer to the total capacity of the facilities (including ground transportation fuels). There is significant uncertainty on the share of this capacity that will be directed to SAF compared to other fuels.

Information is based on publically-available announcements. ICAO does not actively verify the situation of announcements made in the past.

