



ICAO

ENVIRONMENT

Viabilidad de un objetivo ambicioso a largo plazo para la reducción de las emisiones de CO₂ (LTAG) de la aviación civil internacional

Introduction to the ICAO LTAG process



Estudiar la viabilidad de un objetivo ambicioso global a largo plazo

Párrafo 9:

- Pide al Consejo que continúe explorando la viabilidad de una meta a la que se aspire a nivel mundial en el largo plazo para la aviación internacional mediante la realización de estudios detallados para evaluar la posibilidad de alcanzar las metas que pudieran proponerse y las repercusiones;
- Someter a la consideración de la 41ª período de sesiones de la Asamblea de la OACI;
- En el análisis de las metas a largo plazo debería incluirse la información que ofrezcan los Estados miembros sobre sus experiencias en las iniciativas para alcanzar la meta a mediano plazo

En respuesta a esta solicitud, el Comité de Protección del Medio Ambiente y la Aviación (CAEP) del Consejo de la OACI estableció:

- el Grupo de Trabajo LTAG (LTAG-TG) en marzo de 2020 para brindar apoyo técnico en la exploración de la viabilidad de un LTAG.
- El informe LTAG, desarrollado por CAEP, consolida los esfuerzos acumulativos de más de 280 expertos durante casi dos años de trabajo intensivo.

Procesos del LTAG de la OACI

**Abierto, transparente
e inclusivo:**



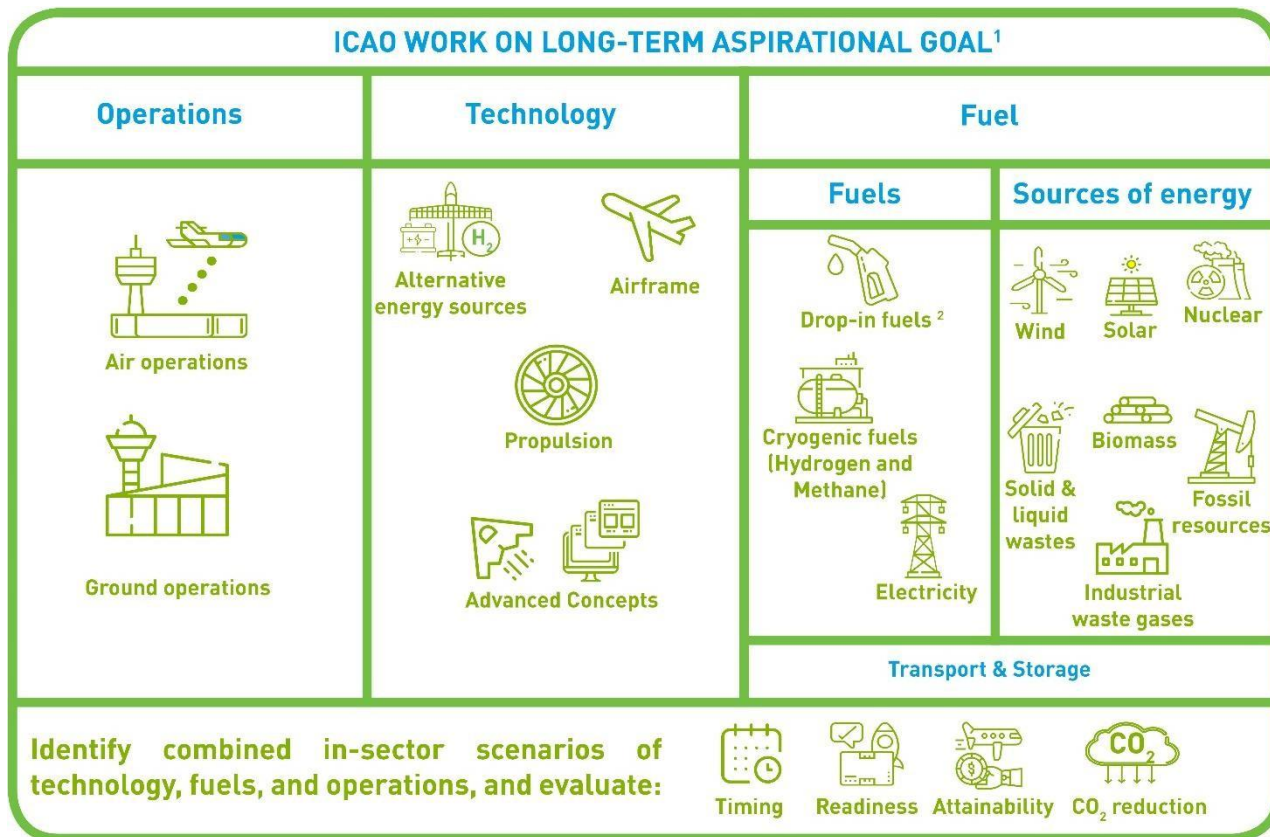
Innovación:



Enfocado en sectores:



ICAO WORK ON LONG-TERM ASPIRATIONAL GOAL¹



Cronograma general del trabajo del LTAG de la OACI

- La CAEP/12 acordó recomendar para la consideración del Consejo el informe final que proporcione los resultados del trabajo técnico sobre la exploración de la viabilidad de una meta global a la que se aspira a largo plazo para la reducción de las emisiones de CO₂ de la aviación civil internacional (LTAG).
- Informe final disponible en el sitio web de la OACI.



Pronóstico de la demanda de tráfico

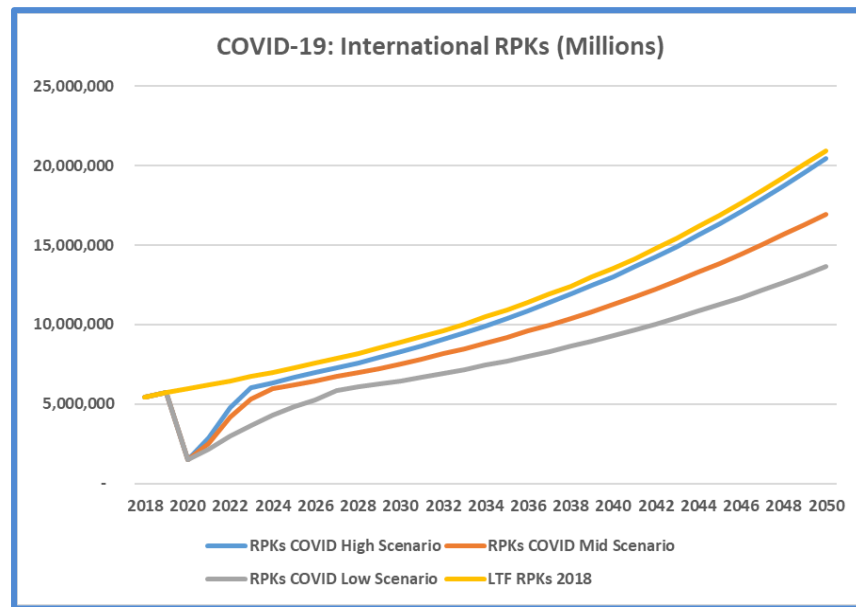
La OACI desarrolló escenarios de pronóstico de la demanda de tráfico que incorporan los efectos a corto y largo plazo de la pandemia de COVID-19.

– Mercados de pasajeros/carga

- ✓ Previsión económica a largo plazo de COVID-19 (datos de IHS Markit)
- ✓ Información de pronóstico de la IATA utilizada para la recuperación a corto plazo y la desaceleración de 2020 (de vuelta a los niveles de 2019)
- ✓ Escenarios 2018-2050, ampliados a 2070

- Mercado de aviones comerciales

- ✓ Datos/informes publicados utilizados
- ✓ Escenarios 2018-2050, ampliados a 2070



LTAG - Evolución de la flota

Extensión de Tendencias COVID-19

- Se ejecutan todos los supuestos de entrada iguales que los de la Proyección de tendencias ambientales.
- La producción de evolución de la flota coincide exactamente con las tendencias hasta 2050.
- Consistente con las proyecciones ADAP de la OACI.

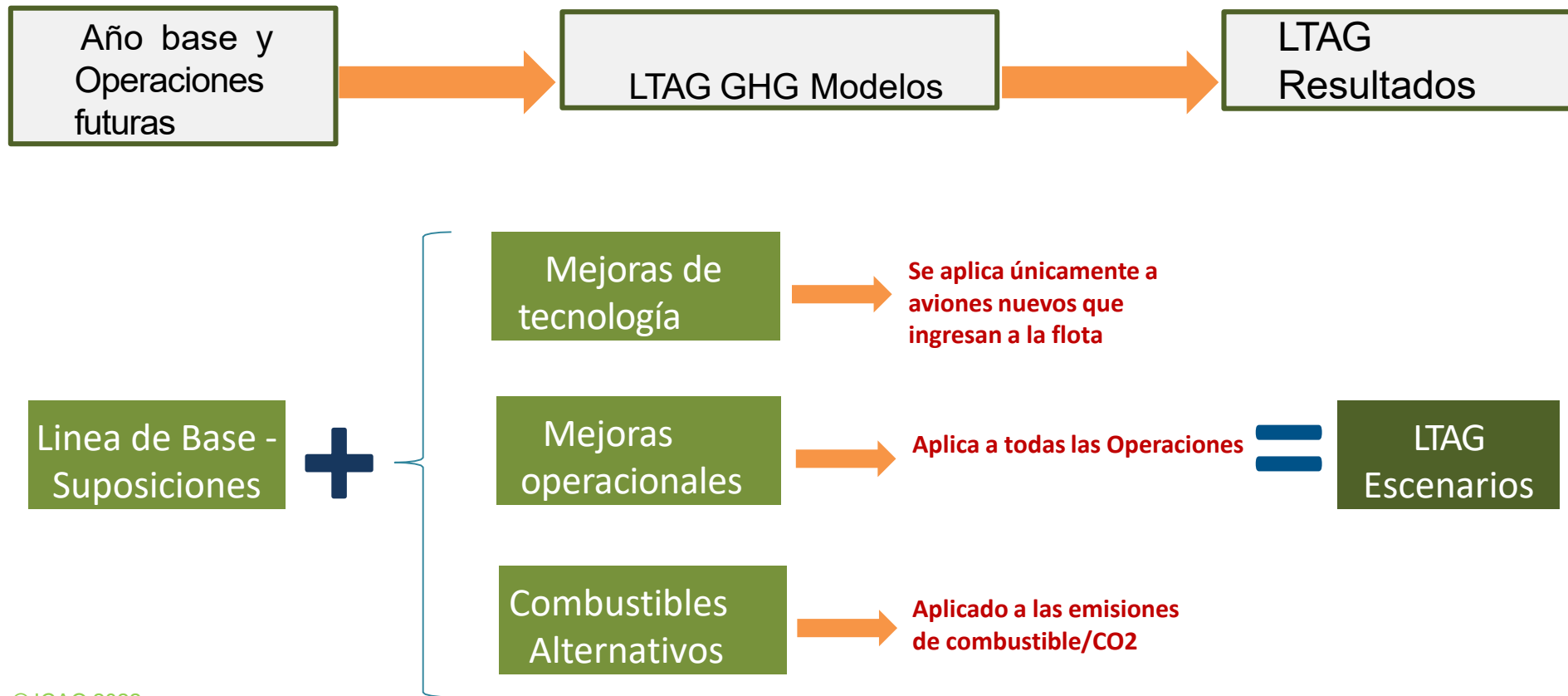
Escenario de Pronóstico

- Proporciona datos básicos de evolución de la flota establecidos hasta 2070.
- Introducción de la mejora de la tecnología Advanced Tube and Wing (ATW) y Advanced Concept Aircraft (ACA).

Dato

- Resultados de la evolución de la flota por años objetivo previstos (2040, 2050, 2060, 2070).
- ASK/ATK/Ops, flota en servicio por edad.

Modelado LTAG y procesamiento de años futuros



Aportes científicos basados en IPCC 2021 AR6

CAEP ISG informó sobre las emisiones globales de CO₂ permitidas para limitar el aumento de la temperatura media global a 1,5 °C o 2 °C, según el informe de 2021 del IPCC.

- Para un calentamiento de 1,5°C, las emisiones globales acumuladas antropogénicas de CO₂ permitidas a partir de 2020 son 400 gigatoneladas (Gt) de CO₂ con un 67% de probabilidad y 500 Gt con un 50% de probabilidad.
- Para un calentamiento de 2°C, las emisiones acumuladas permitidas son 1150 Gt CO₂ con un 67% de probabilidad y 1350 Gt con un 50% de probabilidad.
- La incertidumbre en estas estimaciones es grande debido a una variedad de factores físicos, incluidos los efectos distintos del CO₂ de otros gases de efecto invernadero como el metano, el óxido nitroso y los gases fluorados.
- [AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis — IPCC](#)

Future emissions cause future additional warming, with total warming dominated by past and future CO₂ emissions

(a) Future annual emissions of CO₂ (left) and of a subset of key non-CO₂ drivers (right), across five illustrative scenarios

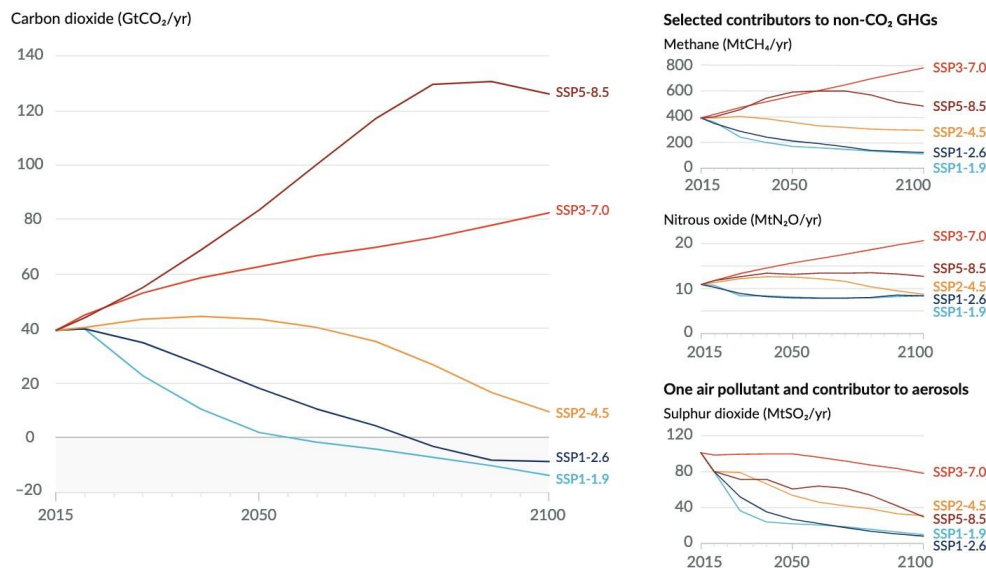


Figura SPM.4 (parte de) del IPCC AR6 WG1, 2021

- El CAEP utilizó el “escenario de emisiones muy bajas” (línea azul claro, SSP1-1.9), según el cual es más probable que la temperatura global vuelva a descender a menos de 1,5 °C hacia finales del siglo XXI, con un rebasamiento temporal de no más de 0,1°C por encima de 1,5°C de calentamiento global.
- En el “escenario(s) de emisiones bajas (y muy bajas)” (línea azul oscuro, SSP1-2.6), es extremadamente improbable o poco probable que se supere un calentamiento global de 2°C.



ICAO

ENVIRONMENT

Informe de la OACI sobre la viabilidad de un objetivo ambicioso a largo plazo para la reducción de las emisiones de CO₂ (LTAG) de la aviación civil internacional



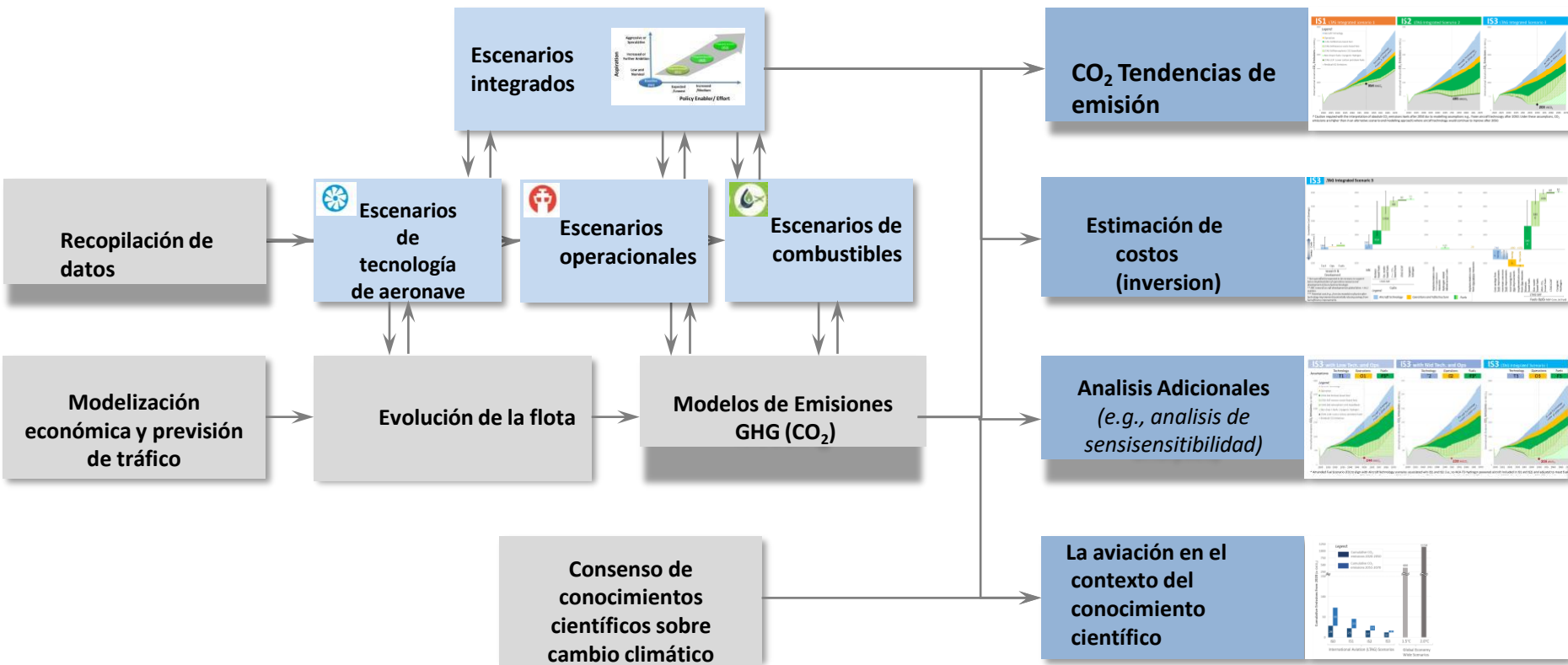
1**Descripción general del trabajo de LTAG****2****LTAG Desarrollo de escenario****3****LTAG – Tecnología****4****LTAG – Operaciones****5****LTAG – Combustibles**

1

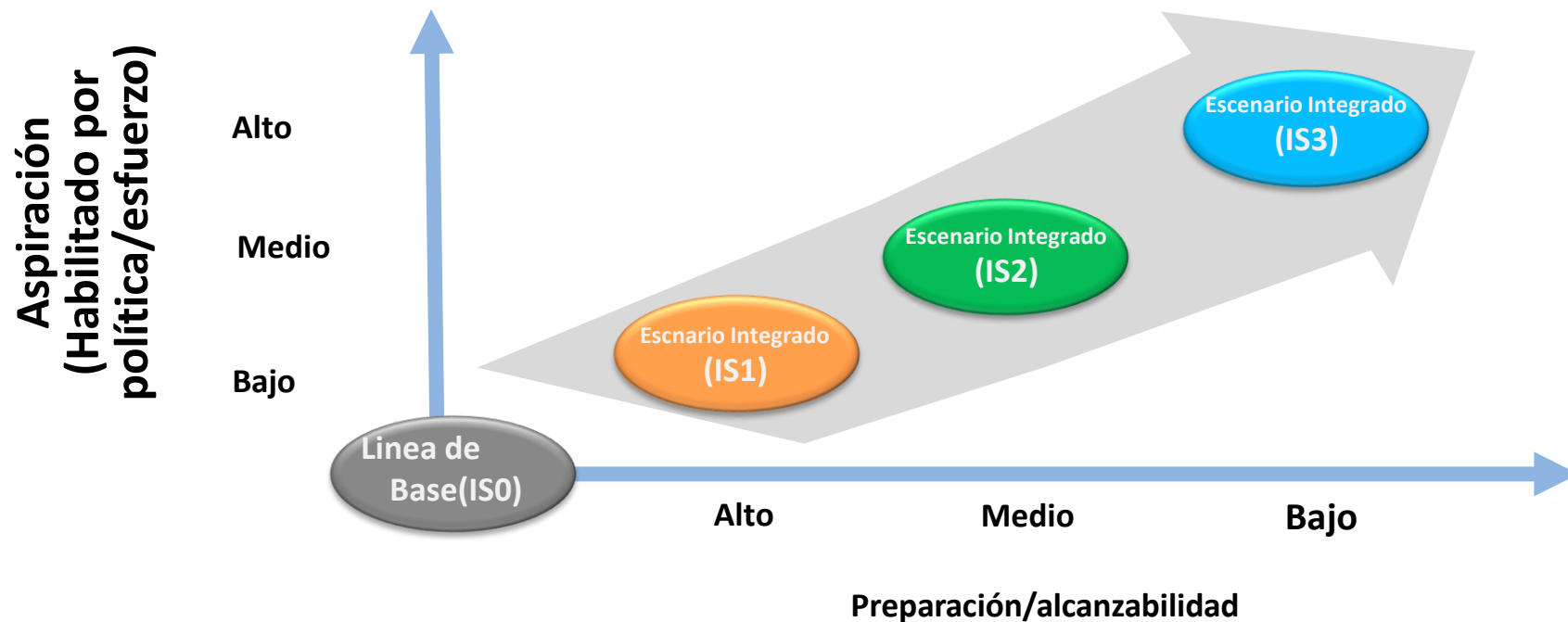
Descripción general del trabajo de LTAG



Metodología: Descripción General



Methodology: Integrated Scenario



*Abordado en el
Informe LTAG:*

Pregunta 1:	¿Cómo podrían las medidas sectoriales (es decir, tecnología, operaciones y combustibles) ayudar a reducir las emisiones de CO₂ de la aviación internacional hasta 2050 y más allá?	<i>Sección 4.2</i>	
Pregunta 2:	Dadas las tendencias de las emisiones de CO₂ para cada escenario, ¿cuáles serían las emisiones acumuladas de la aviación? ¿Cómo se comparan las emisiones acumuladas de la aviación con los requisitos para limitar el aumento de la temperatura global a 1,5°C y 2°C?	<i>Sección 4.3</i>	
Pregunta 3:	¿Qué inversiones se requieren para apoyar la implementación de las medidas sectoriales asociadas a cada escenario? ¿Cuáles serían los impactos en los costos para las partes interesadas de la aviación?	<i>Sección 4.4</i>	
Pregunta 4:	¿Cuáles serían los impactos de los distintos niveles futuros del tráfico aéreo?	<i>Sección 4.5</i>	
Pregunta 5:	¿Qué tan sensibles son los resultados a los supuestos del escenario?	<i>Sección 4.6</i>	

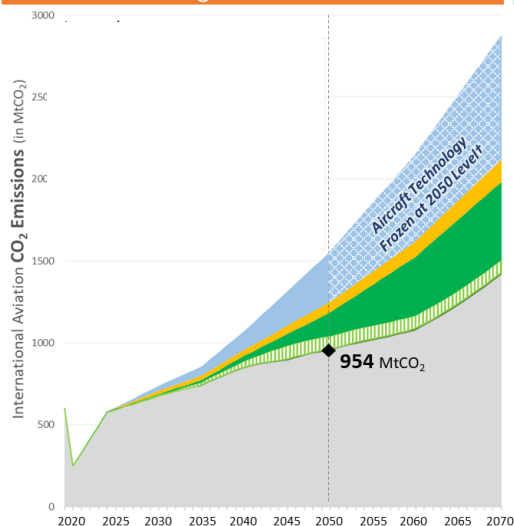


ICAO

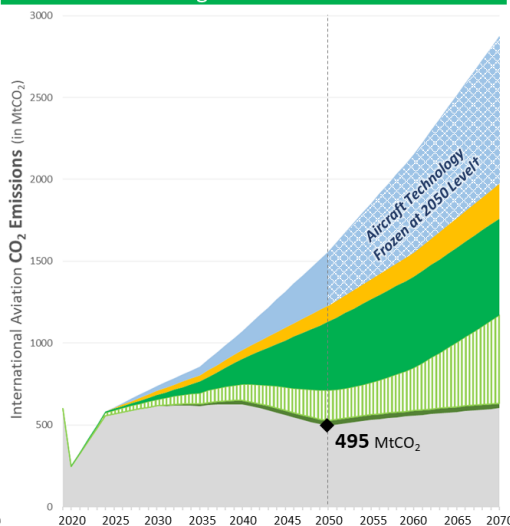
Pregunta 1:

Reducciones de las emisiones de CO₂ de la aviación internacional mediante medidas sectoriales hasta 2050 y más allá

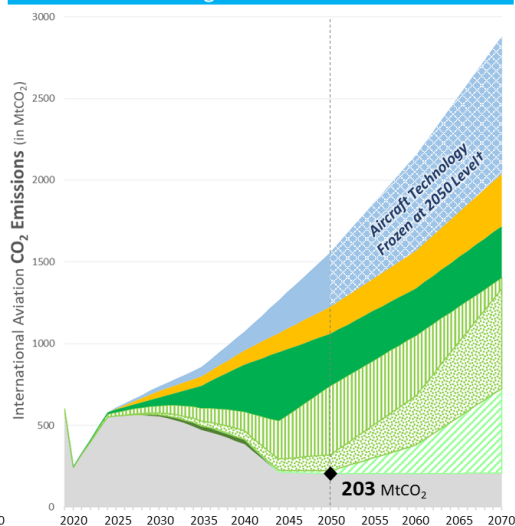
IS1 LTAG Integrated Scenario 1



IS2 LTAG Integrated Scenario 2



IS3 LTAG Integrated Scenario 3



Legend:

- Aircraft Technology
- Operations
- LTAG-SAF Biomass based fuel
- LTAG-SAF Gaseous waste based fuels
- LTAG-SAF Atmospheric CO₂ based fuels
- Non drop in fuels: Cryogenic Hydrogen
- LTAG-LCAF: Lower carbon petroleum fuels
- Residual CO₂ Emissions

© ICAO 2022

Metrics

IS1

IS2

IS3

CO₂ Emisiones en 2050
después de la reducción

≈950 MtCO₂ en 2050
(160% de las emisiones de CO₂ del 2019)

≈500 MtCO₂ en 2050
(80% de las emisiones de CO₂ del 2019)

≈200 MtCO₂ en 2050
(35% de las emisiones de CO₂ del 2019)

Reducción en 2050
considerando la línea de
bases

39% total a través de: Tecnología - 20%,
Operaciones - 4%, Combustibles - 15%

68% total a través de: Tecnologías - 21%,
Operaciones - 6%, Combustibles - 41%

87% total a través de: Tecnologías - 21%,
Operaciones - 11%, Combustibles - 55%

Emisiones residuales
acumuladas de 2020 a 2070

23 GtCO₂ (2020 a 2050)
23 GtCO₂ (2051 a 2070)

17 GtCO₂ (2020 a 2050)
11 GtCO₂ (2051 a 2070)

12 GtCO₂ (2020 a 2050)
4 GtCO₂ (2051 a 2070)

Observaciones Generales

- Los escenarios muestran el potencial de una reducción sustancial de CO₂, sin embargo, ninguno de ellos alcanza cero emisiones de CO₂ (utilizando únicamente medidas sectoriales).
- Habrá emisiones residuales a pesar de la sustitución del 100% del combustible para aviones convencional por combustibles novedosos, debido a la consideración de las emisiones del ciclo de vida de los combustibles.
- A medida que otros aspectos de las economías reducen sus emisiones, el valor del ciclo de vida también debería disminuir.
- Dado que el alcance del análisis de LTAG se limitó a considerar medidas dentro del sector, las medidas fuera del sector no se consideraron en el estudio de viabilidad de LTAG

Observaciones sobre tecnología

- Los aviones avanzados con tubos y alas tienen un claro potencial para mejorar la eficiencia del combustible (energía) del sistema de aviación internacional con alguna contribución incremental de aviones con configuraciones no convencionales.
- La brecha tecnológica continúa creciendo después de 2050 a medida que estos aviones ingresan a la flota (se requiere precaución al interpretar los resultados después de 2050 debido a supuestos congelados en los modelos de tecnología de aviones).
- Los aviones propulsados por hidrógeno exhibirían una peor eficiencia energética, en comparación con los aviones que operan con combustibles directos, teniendo en cuenta que las reducciones de emisiones provendrían de reducciones de emisiones del ciclo de vida del hidrógeno.

Observación de tráfico

La tasa de crecimiento general del tráfico tiene un impacto importante en las emisiones residuales de CO₂ para 2050 y años posteriores.

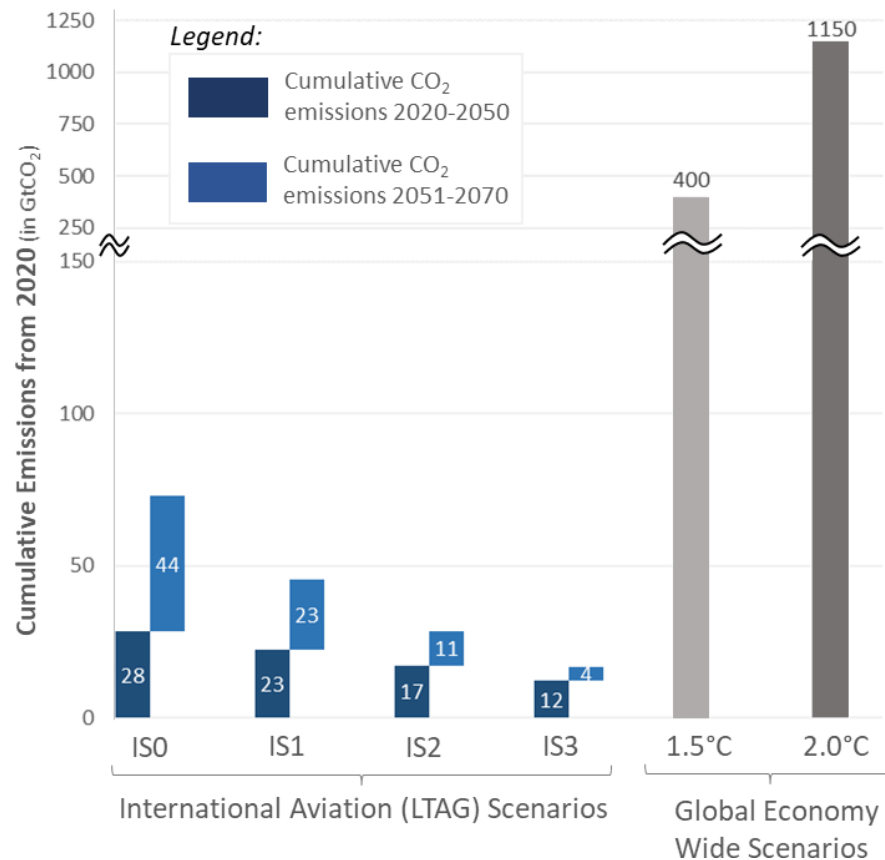
Observaciones de operaciones

El análisis muestra que existen oportunidades para que las operaciones reduzcan las emisiones de CO₂ mediante mejoras en el rendimiento de las fases de los vuelos, incluidas medidas no convencionales como los vuelos en formación.

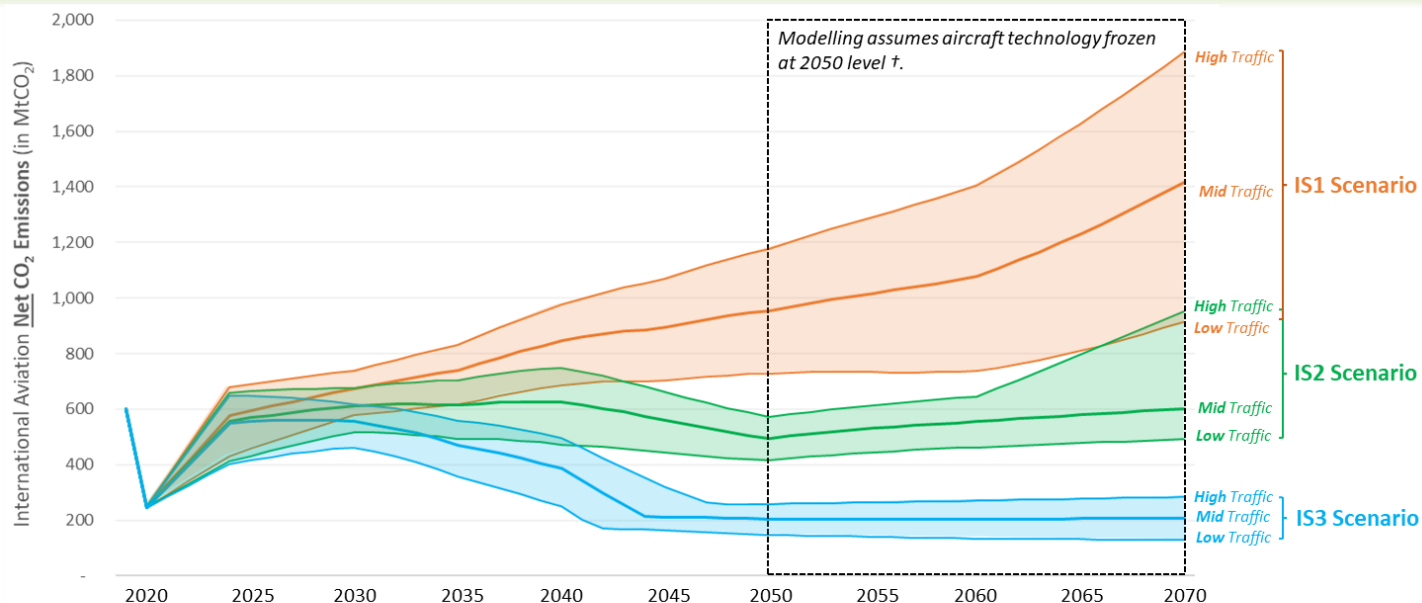
Observaciones de combustibles

- Los combustibles de uso directo tienen el mayor impacto en las emisiones residuales de CO₂, lo que impulsará las reducciones generales para 2050.
- Independiente -en cierta medida- de escenarios tecnológicos y operativos.
- No se espera que el hidrógeno tenga una contribución significativa para 2050 (con solo el 1,9% de la participación energética en 2050), pero puede aumentar en las décadas de 2050 y 2060 si es técnicamente y comercialmente viable.

- Las emisiones residuales antropogénicas globales estimadas de CO₂ desde principios de 2020 para limitar el calentamiento global a 1,5°C son 400 GtCO₂ con una probabilidad del 67%.
 - Participación de la aviación internacional ~4,1-11,3%
- Para un límite de calentamiento de 2°C, se estima que las emisiones de carbono restantes permitidas serán 1150 GtCO₂ con una probabilidad del 67%.
 - Participación de la aviación internacional ~1,4-3,9%



- Los costos y las inversiones asociados con los escenarios están impulsados en gran medida por los combustibles (por ejemplo, SAF).
- Reconocer que los costos incrementales de los combustibles (es decir, el precio de venta mínimo de los SAF en comparación con los combustibles para aviones convencionales) motivan aún más las mejoras en la eficiencia del combustible (energía) de la tecnología y las operaciones de las aeronaves.
- La tecnología aeronáutica y las medidas operativas también requerirán algunas inversiones de los gobiernos y la industria.

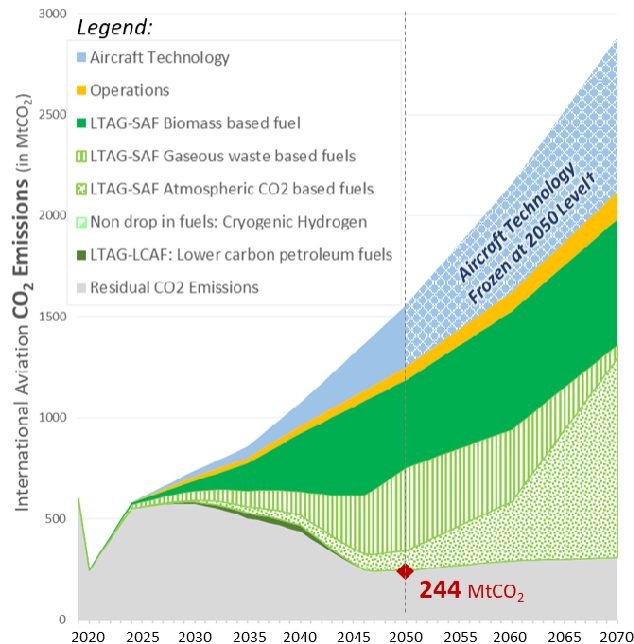


CO ₂ Emisiones en 2050 después de las reducciones de emisiones (de tecnología, operaciones y combustibles).	IS1	IS2	IS3
Alto (tráfico)	1160 MtCO ₂	590 MtCO ₂	260 MtCO ₂
Medio (tráfico)	950 MtCO ₂	495 MtCO ₂	200 MtCO ₂
Bajo (tráfico)	730 MtCO ₂	420 MtCO ₂	150 MtCO ₂

El análisis de sensibilidad del Escenario IS3 demuestra la importancia de los combustibles

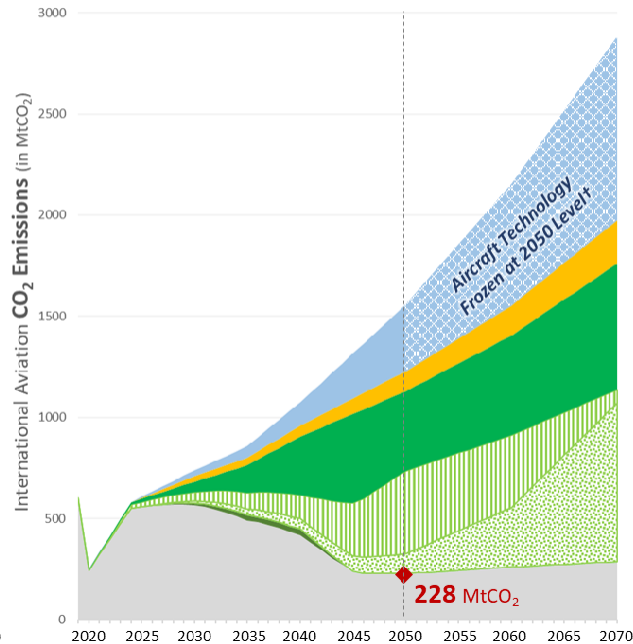
IS3 with Low Tech. and Ops

Assumptions: Technology **T1** Operations **O1** Fuels **F3***



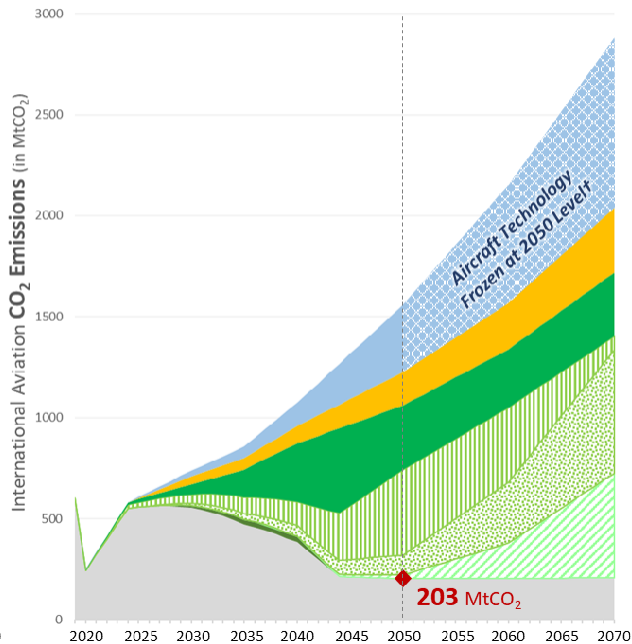
IS3 with Mid Tech. and Ops

Assumptions: Technology **T2** Operations **O2** Fuels **F3***



IS3 LTAG Integrated Scenario 3

Assumptions: Technology **T3** Operations **O3** Fuels **F3**



Estos resultados muestran que existen múltiples caminos que pueden resultar en niveles similares de emisiones de CO₂, y que la contribución crítica de los combustibles para desacoplar el crecimiento del tráfico aéreo internacional de sus emisiones de CO₂.

Consideraciones sobre las opciones LTAG

Con base en los resultados del estudio de viabilidad de LTAG, a continuación se identificaron opciones **técnicas para las métricas de LTAG**. Esta no es una lista exhaustiva y, por supuesto, se pueden considerar otras formulaciones.

Opciones que utilizan los niveles anuales de emisiones:

- El nivel anual de emisiones en 2050, por ejemplo, 950, 500 o 200 MtCO₂
- Utilizar un año de referencia anterior a 2050 puede no brindar la certeza a largo plazo que se espera sea un beneficio clave de la adopción de un LTAG
- Usar un año de referencia posterior a 2070 estaría sujeto a una mayor incertidumbre
- Los puntos de referencia intermedios en años importantes podrían agregar una trayectoria al perfil de emisiones en el tiempo.

Opciones que utilizan emisiones totales acumuladas:

- Las emisiones totales acumuladas del sector de la aviación internacional para 2050, por ejemplo 23, 17 o 12 GtCO₂ (según el Escenario).
- Las emisiones totales acumuladas del sector se traducirían más estrechamente en una respuesta de la temperatura atmosférica y permitirían monitorear el progreso sin la necesidad de puntos intermedios.

- Consideración adicional: Dado que el alcance del estudio LTAG se limitó a considerar medidas dentro del sector únicamente, las medidas “fuera del sector” no se consideraron en el análisis LTAG.

Impactos en el crecimiento de la aviación

- Se consideraron **cualitativamente** los posibles impactos de los escenarios LTAG en el crecimiento de la aviación.
- LTAG puede **aumentar los costos operativos y algunos costos pueden trasladarse a los pasajeros**

Impactos Regionales

- Se esperan variaciones regionales más significativas **en la producción y consumo de combustibles** debido, por ejemplo, a disponibilidad regional de materias primas, energía renovable, infraestructura.

Impactos sobre el ruido y la calidad del aire.

- En todos los escenarios, **el crecimiento del tráfico aumenta el ruido total y las emisiones de NOx.**
- **Las mejoras tecnológicas** suelen reducir el ruido y las emisiones junto con el consumo de combustible.
- **Las eficiencias operativas** pueden tener beneficios colaterales para el ruido, pero no afectan la calidad del aire.
- **LTAG-SAF y el hidrógeno criogénico** tienen beneficios colaterales para la calidad del aire y la formación de estelas sin impacto en el ruido.

Implementación de la Hoja de Ruta

- El CAEP de la OACI consideró los aspectos técnicos de la implementación sin prejuzgar decisiones futuras

Seguimiento del Progreso

- Los planes de acción estatales pueden usarse para que los Estados informen sobre el progreso hacia una meta, sin duplicar los procesos existentes.
- Si se adoptara una meta, la OACI podría realizar trabajos futuros sobre posibles métricas, mecanismos de notificación, etc.

Revisión

- Es posible que la OACI necesite revisar cualquier objetivo para garantizar que siga siendo apropiado
- Un proceso de revisión trienal podría considerarse similar al examen periódico del CORSIA.

Capacity building

- Posibles necesidades de desarrollo de capacidades y asistencia, por ejemplo:
 - **Talleres** sobre medidas, incluida la comprensión de los costos.
 - **asistencia** para el seguimiento y medición de las emisiones de CO₂
 - **un programa de formación global** similar a ACT-CORSIA



ICAO

ENVIRONMENT

2

LTAG Desarrollo de Escenarios



La estructura general del escenario

		Forecast Demand Level (from FESG)		
		Low	Mid	High
Baseline for context	IS0			
LTAG-TG Integrated Scenarios	IS1			
	IS2			
	IS3			

La estructura muestra cómo se combinaron los escenarios integrados de LTAG con los pronósticos de demanda/tráfico impactados por COVID del CAEP/12 para producir resultados. Cada celda de la matriz representa una serie de tiempo que es una combinación de un pronóstico de tráfico y un escenario integrado LTAG (reducción de emisiones) durante el período de análisis.

Línea de Base (por contexto)	Escenarios integrados de LTAG		
Escenario Integrado 0 (ISO)	Escenario Integrado 1 (IS1)	Escenario Integrado 2 (IS2)	Escenario Integrado 3 (IS3)
• ‘Escenario congelado • Proyección de tecnologías actuales disponibles en el año base (mediante renovación de flota) • Sin mejoras adicionales de tecnología, operaciones y sin reducciones de emisiones de combustibles (SAF) • Ningún cambio sistémico – p.ej. Cambios en la infraestructura para dar cabida únicamente al crecimiento.	• Escenario 'bajo/nominal' • Expectativa actual (c. 2021) de tecnologías futuras disponibles, eficiencias operativas y disponibilidad de combustible • Facilitadores de políticas esperados para tecnología, operaciones y combustibles • Cambio sistémico bajo – p.ej. sin cambios sustanciales en la infraestructura	• Escenario “Mayor/mayor ambición” • Implementación más rápida de tecnologías futuras, mayor eficiencia operativa y mayor disponibilidad de combustible • Mayores facilitadores de políticas para tecnología, operaciones y combustibles. • Mayor cambio sistémico – p.ej. cambios de infraestructura limitados	• Escenario “agresivo/especulativo” • Máximo esfuerzo posible en términos de implementación futura de tecnología, eficiencias operativas y disponibilidad de combustible. • Máximos habilitadores de políticas para tecnología, operaciones y combustibles. • Alto cambio sistémico alineado internacionalmente -p.ej. Cambio significativo y amplio en la infraestructura aeroportuaria y energética.

Disminución de la preparación y la alcanzabilidad. Aspiración creciente.



A largo plazo Previsión	Bajo <i>or</i> Medio <i>or</i> Alto						
Composición de la flota	Current (2018) Remaining Fleet	+	Introduction of Advanced Tube & Wing	+	Introduction of ACA with Limited Infrastructure Changes	+	Introduction of ACA with Major Infrastructure Changes
Entrada y difusión de flotas	Low ACA Market Share <i>or</i> Mid ACA Market Share <i>or</i> High ACA Market Share						
Aeronaves Configuración	Currently (2018) Certified Aircraft	Advanced Tube & Wings (ATW)	ACA Airframe	ACA (Airframe + Prop) (Drop-In)	ACA Propulsion (Drop-In)	ACA Propulsion (Non Drop-In)	ACA Combinations (Airframe + Prop) (Non Drop-In)*
Vehículo Tecnologías	Frozen Technology at Current (2018) Level	T1 Technology Baskets 2030/2040/2050	T2 Technology Baskets 2030/2040/2050	T3 Technology Baskets 2030/2040/2050			
Operaciones	Flight and Ground Operations Fixed at Current Capability	O1: Low Scenario Operational Assumptions	O2: Medium Scenario Operational Assumptions	O3: High Scenario Operational Assumptions			
Infraestructura	Incremental Changes to Accommodate New Growth Only	Changes Required to Accommodate Efficiency Changes	Minor Changes Required for Alternative Aircraft	Major Changes Required for Alternative Aircraft			
Combustibles	Conventional Jet A-1 Fuel	F1: Availability of Drop-in Fuels (SAF & LCAF)	F2: Increased Availability of Drop-in Fuels	F3: Widespread Availability of Drop-in Fuels	F3: Non-drop-in Alternative Fuels		

© ICAO 2022



- Utilizando un enfoque de costo menos línea de base, la OACI evaluó los costos y las inversiones asociados con los escenarios integrados.
- Costos o ahorros evaluados de medidas de tecnología, operaciones y combustibles entre las partes interesadas. Incertidumbre cuantificada.

Inversiones de los Estados:

- I+D para apoyar el desarrollo de la tecnología aeronáutica.
- IS1: entre 15.000 y 180.000 millones de dólares hasta 2050.
- IS2 e IS3: entre 75.000 y 870.000 millones de dólares (para respaldar la configuración avanzada de aeronaves y/o sistemas de energía (es decir, aeronaves propulsadas por hidrógeno).

Inversiones de los OEMs:

- IS1: ≈ \$180 mil millones (2020-2050).
- IS2-3: ≈ 350 mil millones de dólares (2020 y 2050) para desarrollar aviones con configuraciones no convencionales y aviones propulsados por hidrógeno.

Inversiones de proveedores de combustible:

- IS1: ≈ \$ 1,300 billion
- IS2: ≈ \$ 2,300 billion
- IS3: ≈ \$ 3,200 billion

Costos e inversiones para aeropuertos:

- \$ 2 to 6 billion a través de los escenarios LTAG hacia la implementación de medidas operativas aeropuertos
- IS3: ≈ \$ 100-150 billion 2050 de inversión en infraestructura para hidrogenos para aeronaves.

Costos e inversiones de los ANSPs:

- \$ 11 to 20 billion

Costos e inversiones de las Aerolíneas:

- ≈ Reducción de entre 710 y 740 mil millones de dólares en costos operativos de combustible debido a mejoras en la tecnología de las aeronaves (es posible que se requieran inversiones incrementales en la flota).
- ≈ 210 a 490 mil millones de dólares redujeron los costos operativos de combustible debido a las medidas operativas asociadas con 40 a 155 mil millones de dólares de costos de implementación.
- Costos incrementales relacionados con el combustible (precio de venta mínimo de los combustibles menos precio del combustible para aviones convencional)):
 - IS1: ≈ \$ 1100 billion
 - IS2: ≈ \$ 2700 billion
 - IS3: ≈ \$ 4000 billion

Note. – All costs or investments are cumulative from 2020 to 2050.

Disclaimers: Costs associated with a given scenario are not meant to be added towards a total cumulative costs. Costs and investments are estimated and reported across a chain of stakeholders. Some investments from upstream stakeholders are passed on downstream in the form of incremental price of products (e.g., investments from fuel suppliers passed on to operators as part of Minimum Selling Price).

- Se crearon **escenarios integrados** en el sector de tecnología, combustibles y operaciones que representan **un rango de preparación y alcanzabilidad**.
- El análisis muestra el impacto en las emisiones de CO₂ de la aviación internacional hasta 2070

Integrated Scenario 1		Integrated Scenario 2		Integrated Scenario 3	
	2050		2050		2050
Residual CO₂	950 Mt	Residual CO₂	495 Mt	Residual CO₂	200 Mt
vs. 2019	160%	vs. 2019	80%	vs. 2019	35%
Reductions from baseline	39%	Reductions from baseline	68%	Reductions from baseline	87%
Tech	20%	Tech	21%	Tech	21%
Ops	4%	Ops	6%	Ops	11%
Fuels	15%	Fuels	41%	Fuels	55%
Energy efficiency improvement	1.11% p.a.	Energy efficiency improvement	1.37% p.a.	Energy efficiency improvement	1.61% p.a.
Cost / investment	Lowest	Cost / investment	Medium	Cost / investment	Highest



ICAO

ENVIRONMENT

3

LTAG – Tecnología



Objetivo: evaluar el potencial de reducción de CO₂ de tecnologías nuevas y evolutivas para estructuras de aviones, sistemas de propulsión y conceptos avanzados (incluido el almacenamiento de energía).

El análisis de la integración del vehículo completa el concepto del avión para su posterior modelización en escenarios.

ICAO
Documents



Stocktaking
Questionnaires



Data
Input
Review

External
Sources



Mejoras en la estructura del avión: aerodinámica, Estructuras/materiales, sistemas e integración de vehículos.

Mejoras en el sistema de propulsión: turbofan mejorado, propulsor no conducido, turboeléctrico, híbrido

Conceptos avanzados y almacenamiento de energía: conceptos de aviones eléctricos y de hidrógeno, ala voladora, ala reforzada con puntales

Aeronaves en Consideración

Aeronaves de referencia tecnológica 2018

Notional DHC Dash 8-400

Notional E190-E2

Notional A320neo

Notional A350-900

Notional G650ER

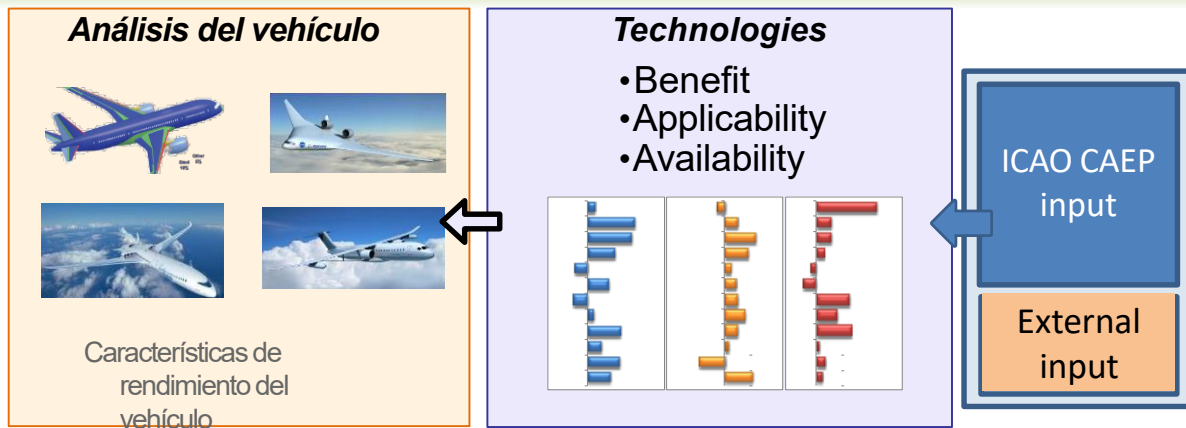


Convencional, incluyendo Fuentes de energía alternativa

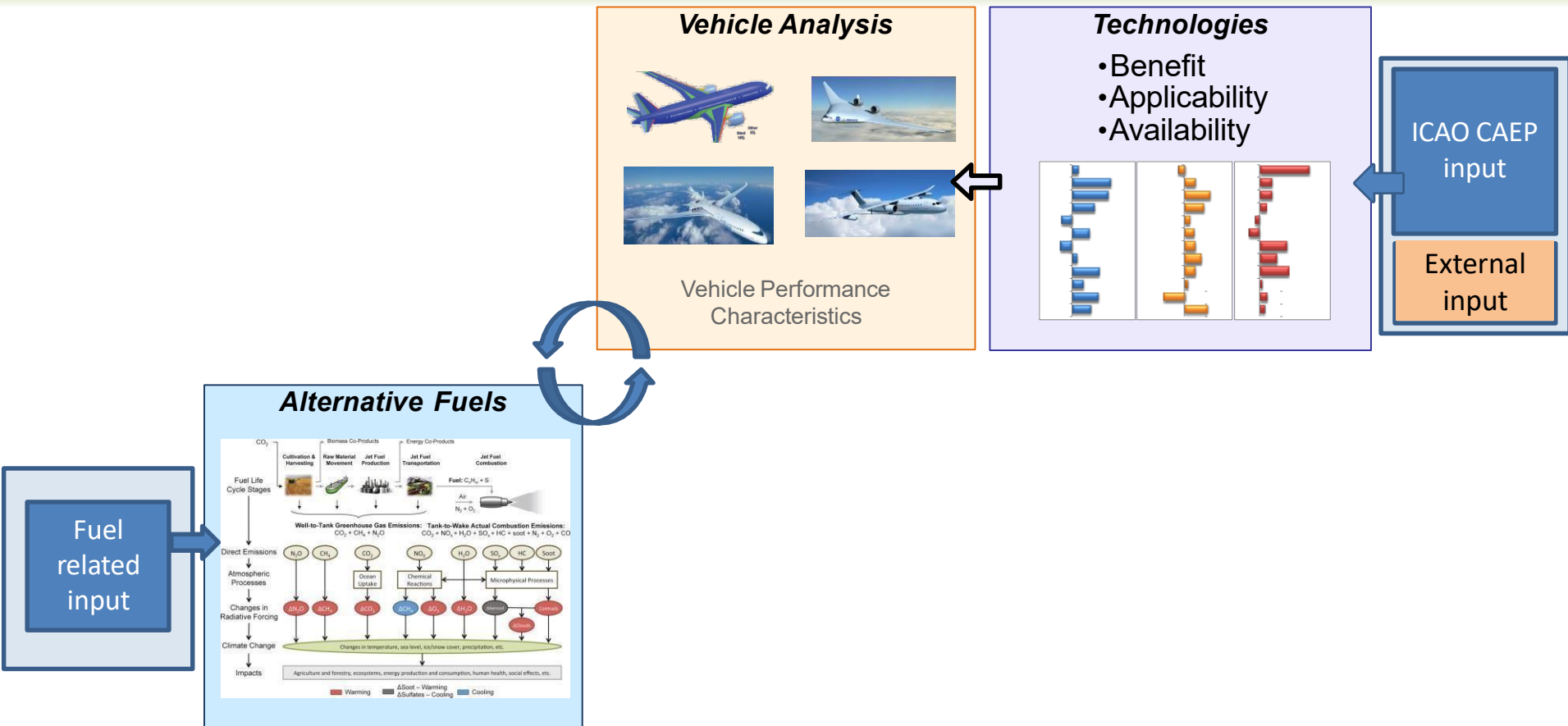
Conceptos avanzados, incluyendo fuentes de energías alternativas



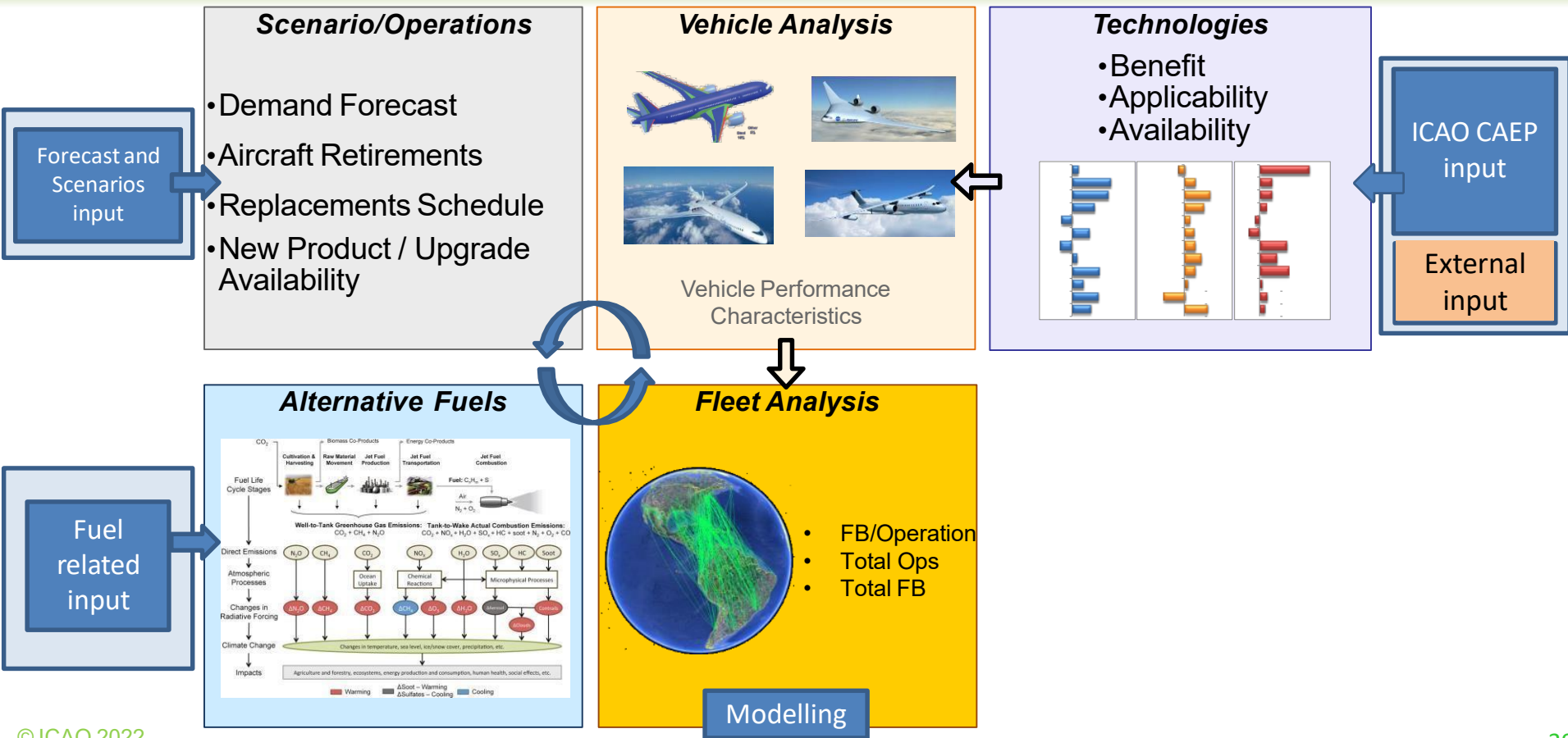
Proceso de modelado de tecnología integrada

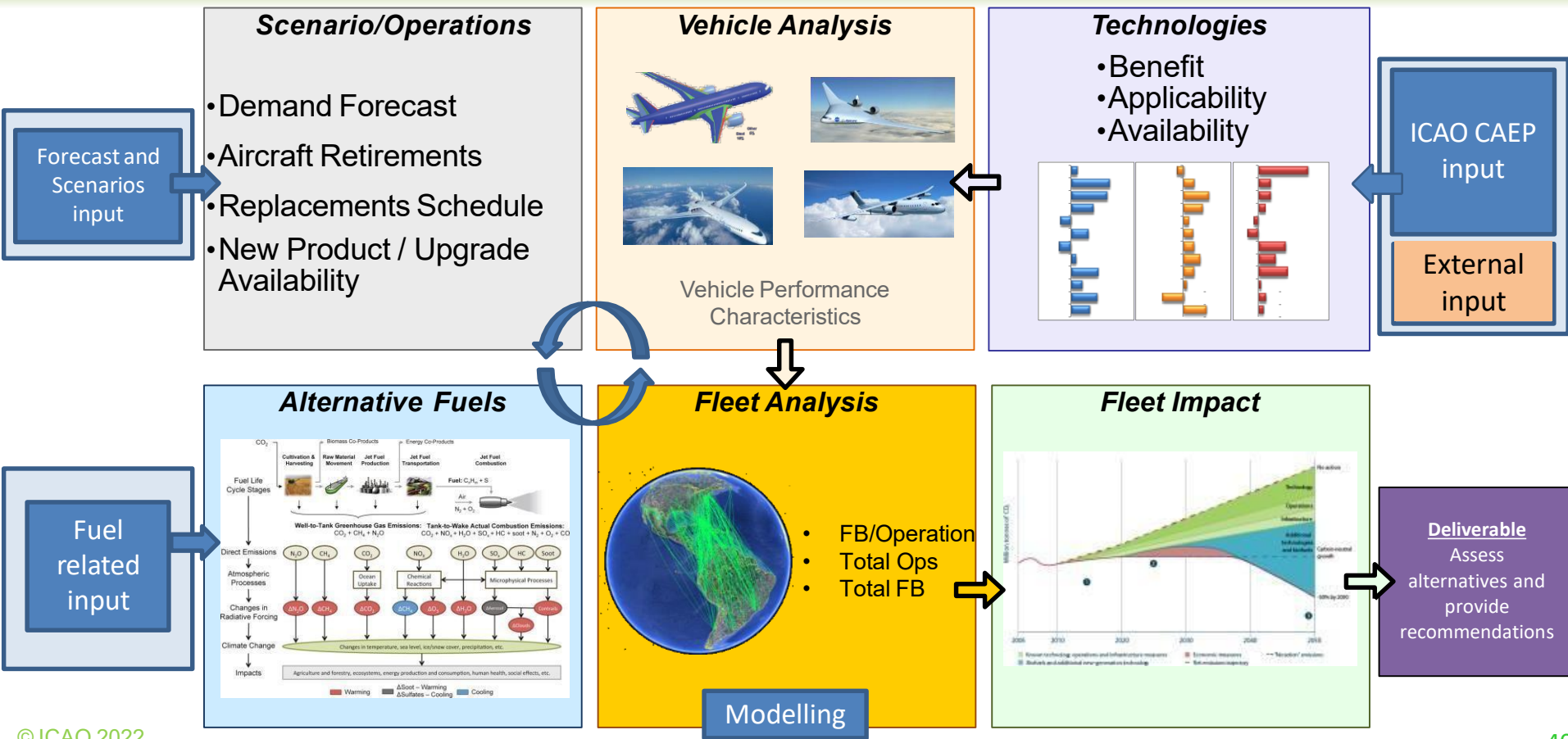


Proceso de modelado de tecnología integrada



Proceso de modelado de tecnología integrada





Aerodinámica

- Reducción de excrecencia
- Control de flujo: HLFC / NLF, Riblets
- Control activo del CG
- Dispositivos avanzados de punta de ala
- MDAO – Integración de configuración

Estructura / Materiales

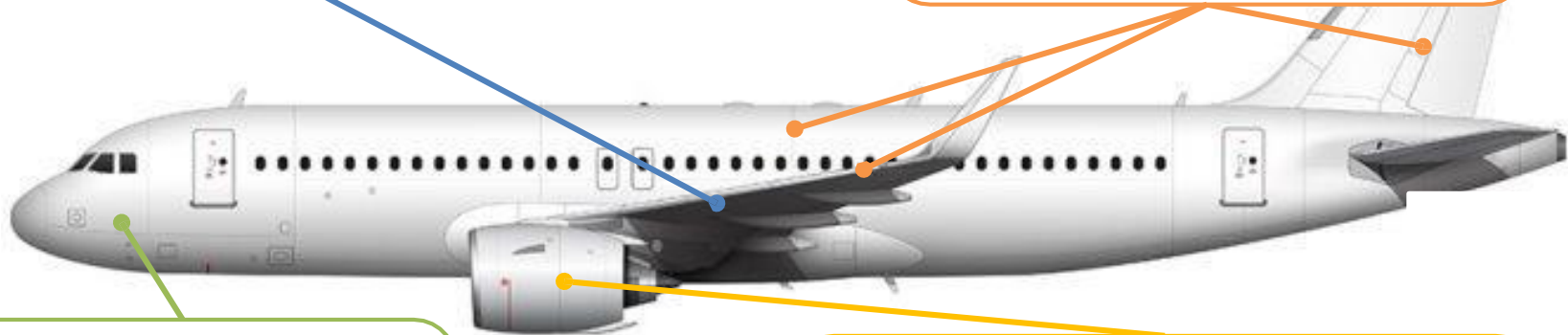
- Tecnologías metálicas avanzadas
- Tecnologías compuestas avanzadas
- Diseño local optimizado
- Diseño/materiales multifuncionales
- Alivio de carga avanzado
- Mejoras en la góndola

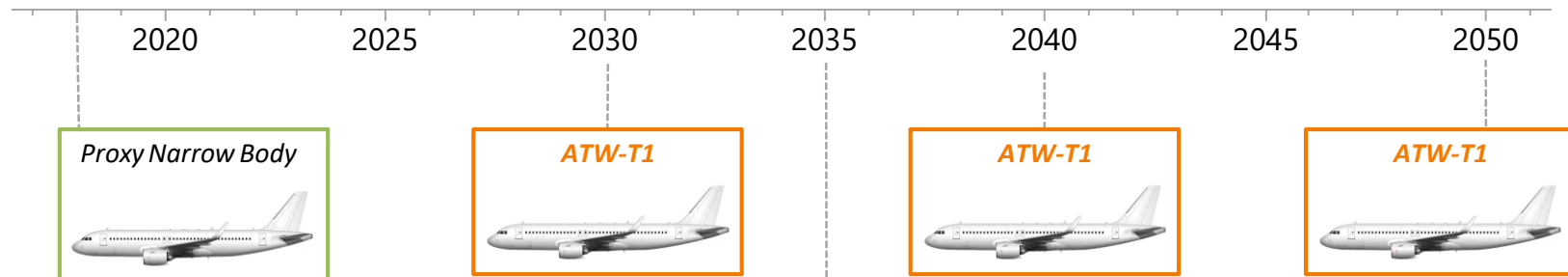
Sistemas

- Más A/C eléctrico (reemplazo de varios sistemas neumáticos por equivalentes eléctricos)
- ECS adaptativo (Filtración y reconfiguración)

Propulsion

- Sistema Avanzado de propulsión
- OPR superior
- Bajo FPR
- Reducciones de peso de los componentes
- Mejoras en la eficiencia de los componentes





- Los aviones de concepto avanzado se agruparon en los escenarios tecnológicos T2 y T3.
- La posible entrada en servicio de cada clase de vehículo se determinó en función de la tecnología actual y la preparación de la infraestructura de los conceptos.



T2: Tubo y ala avanzados y fuselaje/propulsión no convencionales con cambios limitados en la infraestructura

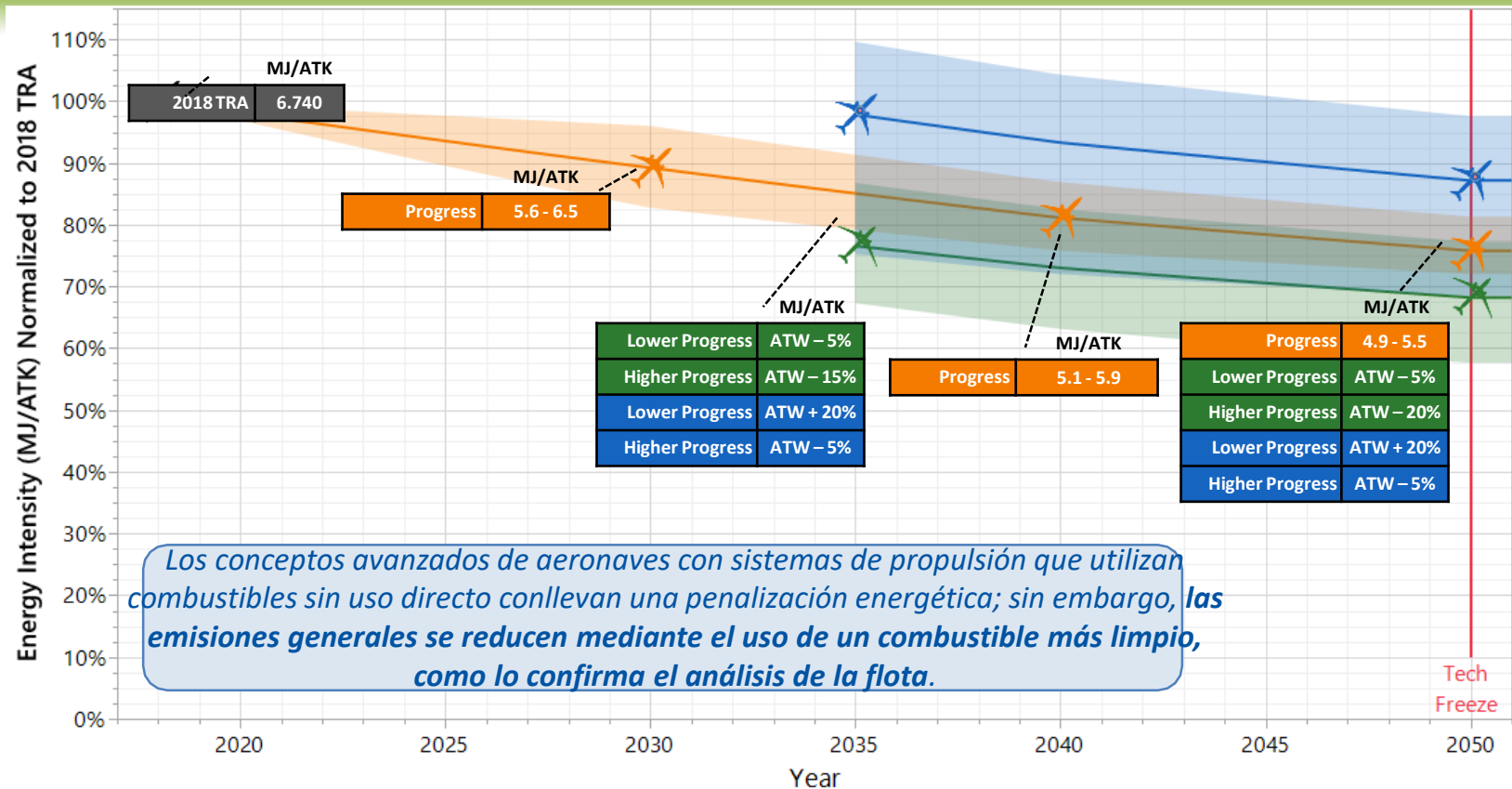


T3: Tubo y ala avanzados y fuselaje/propulsión no convencionales con importantes cambios en la infraestructura



ATW: Advanced Tube and Wing

ACA: Advanced Concept Aircraft



Proyecciones de mejora de la eficiencia energética (combustible) para varios conceptos de aeronaves bajo consideración

Mensajes clave para llevar sobre la tecnología

- Los aviones convencionales de tubo y ala seguirán realizando **mejoras incrementales** en el consumo de combustible.
- Las alternativas tecnológicas y conceptuales propuestas están disponibles para cada clase de vehículos: aviones ejecutivos, turbohélices, aviones regionales, carrocerías estrechas y anchas.
- Los aviones de concepto avanzado pueden proporcionar cambios radicales en el uso de energía
 - Los beneficios de la reducción de carbono en el ciclo de vida de los combustibles sin uso directo dependerán en gran medida de los métodos de producción.
 - Los conceptos avanzados requieren una importante investigación y desarrollo, así como programas de demostración de vuelo.
 - Los avances en la capacidad técnica y la madurez son necesarios pero no suficientes sin consideraciones infraestructurales y regulatorias.

Progress Level	Narrow Body Energy Intensity Relative to 2018 TRA							
	2018	2030	2035	2040	2050–2070			
Lower Progress	100%	96.01%	86.8%	110%	86.9%	81.32%	77.3%	97.6%
Medium Progress		89.22%	76.6%	97.8%	81.1%	75.80%	68.2%	87.2%
Higher Progress		82.74%	67.3%	75.2%	75.8%	72.03%	57.6%	68.4%

4

LTAG – Operaciones



***Medidas operacionales
capturadas en el trabajo
del CAEP de la OACI
sobre aeropuertos y
operaciones***



***Medidas operativas
adicionales
identificadas en el
trabajo del LTAG***

- El trabajo de operaciones incluyó una actualización de la línea base para tomar en cuenta las siguientes nuevas fuentes de ineficiencia:
 - ✓ Ineficiencia del vuelo horizontal
 - ✓ Ineficiencia del vuelo vertical
 - ✓ Ineficiencia de las operaciones terrestres
 - ✓ Ineficiencia de vuelo innovadora
 - ✓ Ineficiencia de vuelo avanzada

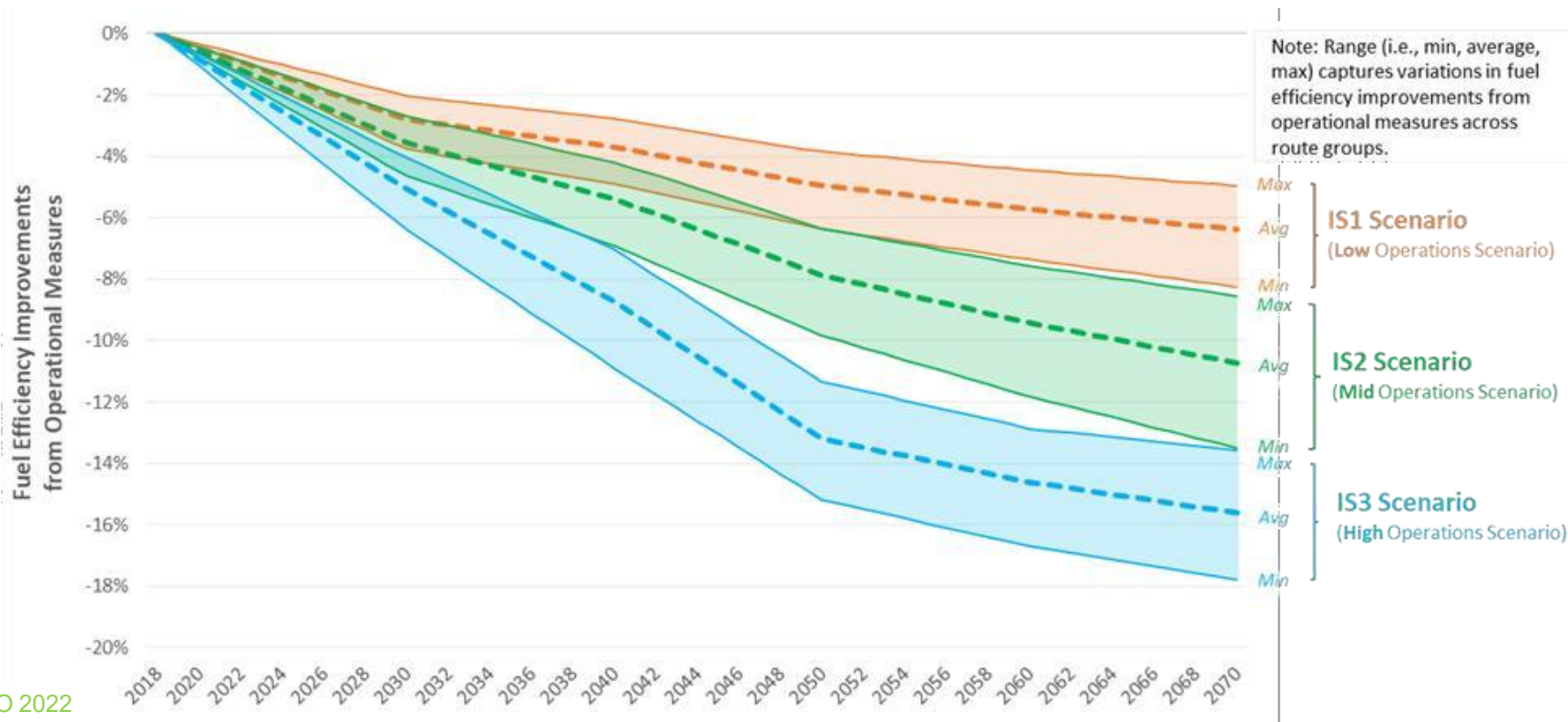


Definición de escenario de operaciones

Linea de base	Escenarios LTAG		
	Escenario O1 Baja reducción de CO2 en las operaciones	Escenario O2 Reducción media de CO2 en operaciones	Escenario O3 Alta reducción de CO2 reduction en operaciones
No habrá reducciones de emisiones de las operaciones después de 2025 (implementación de los bloques 0 y 1 de ASBU)	Supuestos conservadores sobre el ritmo y el alcance de la implementación de medidas operativas, basados en una inversión reducida o más lenta en sistemas y tecnologías terrestres y aéreos. Baja tasa de implementación de elementos ASBU para optimizar HFE, VFE y GFE.	Reducciones de emisiones y eficiencias operativas en línea con las “Reglas generales” existentes desarrolladas por el CAEP de la OACI y las nuevas “Reglas generales” desarrolladas durante el trabajo del LTAG para nuevas medidas. Tasa media de implementación de elementos ASBU para optimizar HFE, VFE y GFE. Baja tasa de implementación de medidas operativas para optimizar IFE y AFE.	Supuestos agresivos sobre el ritmo y el alcance de la implementación de medidas operativas, basados en una inversión mayor/acelerada en sistemas y tecnologías terrestres y aéreos. Tasa alta de implementación de elementos ASBU para optimizar HFE, VFE y GFE. Tasa media de implementación de medidas operativas para optimizar IFE y AFE.



Mejoras en la eficiencia del combustible a partir de medidas operativas en todos los escenarios integrados de LTAG



- **Tres escenarios definidos para que las operaciones** representen niveles crecientes de ambición, alineados con la tecnología y los combustibles.
- El análisis muestra que existen **oportunidades para que las operaciones reduzcan las emisiones de CO₂ mediante mejoras en el rendimiento de los vuelos en todas las fases**, incluidas medidas no convencionales como los vuelos en formación.

Mejoras promedio en la eficiencia del combustible a partir de medidas operativas en todos los escenarios integrados de LTAG

	O1	O2	O3
2035	3%	4.5%	7%
2050	5%	8%	13%
2070	6%	11%	16%



ICAO

ENVIRONMENT

5

LTAG – Combustibles





Categorización de combustible

- Fuente de carbono
- Drop-in / non drop-in

Definición de escenarios

- IS1/F1, IS2/F2, IS3/F3
- Expectativas sobre las tecnologías disponibles
- Disponibilidad de combustible (disponibilidad, accesibilidad)

Análisis de Combustible

- Examinó cada categoría de combustible.
- Definiciones de escenarios utilizadas
- Potencial de producción de combustible
- Ahorro de GEI durante el ciclo de vida

Escenarios sin restricciones

- Combina todos los tipos de combustible a partir de análisis de combustibles.
- Potencial de producción y ahorro de GEI durante el ciclo de vida.
- Volumen > demanda
- ATAG como referencia

Escenarios con restricciones

- Combina todo tipo de combustible desde
- análisis de combustibles
- Potencial de producción y ahorro de GEI durante el ciclo de vida.
- Volumen $\leq$ demanda
- ATAG como referencia
- Los datos están en hoja de cálculo.
- Se reevaluará en función de los datos finales sobre el uso de combustible.



Categorización de combustible

Drop-in fuels

Categoría de combustible	Nombre del Combustible	Fuente de carbono en la materia prima del combustible
LTAG – Combustible Sostenible de Aviación (LTAG-SAF)	Combustible a base de biomasa	Productos y coproductos de la biomasa primaria
	Combustibles a base de residuos sólidos/líquidos	Subproductos, residuos y desechos
	Combustibles gaseosos derivados de residuos	Desperdicio CO/CO ₂
	Combustibles atmosféricos basados en CO ₂	CO ₂ Atmosferico
LTAG - Combustibles de aviación con bajas emisiones de carbono	Combustibles derivados del petróleo con bajas	Petroleum

Non drop-in fuels

Categoría de combustible	Nombre del Combustible	Fuente de carbono en la materia prima del combustible
Non drop-in fuels	Electricidad	Not applicable
	Combustibles de aviación de gas licuado (ASKT)	Gas de petróleo, gas natural “graso”, gas de combustión y gases propano-butano
	Hidrogeno Cryogenico	Gas natural, subproductos, fuentes distintas del carbono.

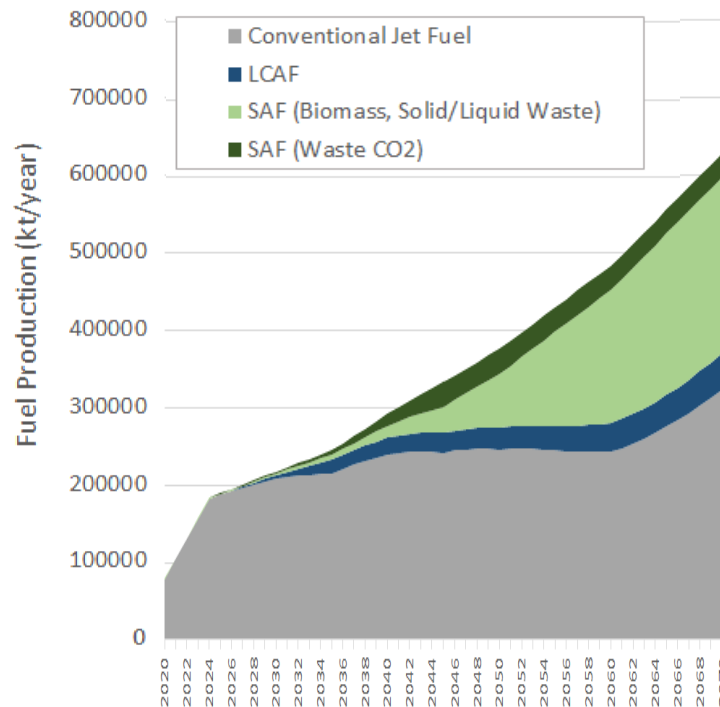


Definiciones de escenarios de combustibles

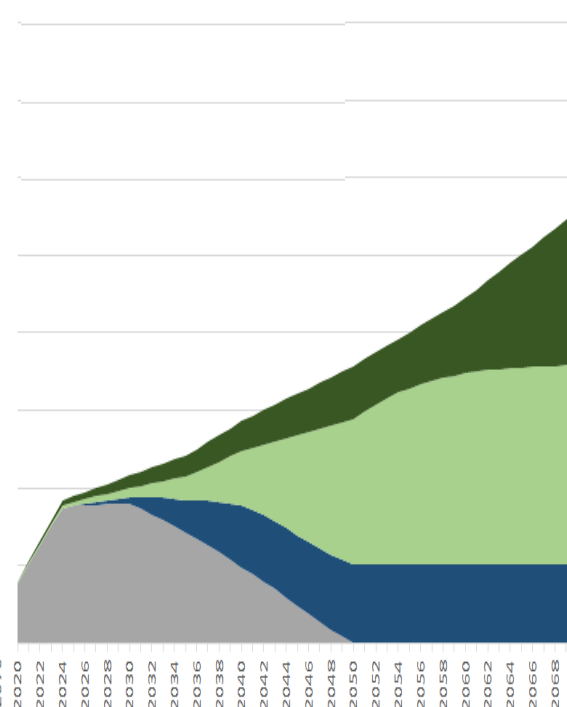
	Escenarios LTAG		
	Escenario de combustible 1 (F1) Baja reducción de GEI provenientes de combustibles (LTAG-SAF y LTAG-LCAF)	Escenario de combustible 2 (F2) Reducción media de GEI provenientes de combustibles (LTAG-SAF y LTAG-LCAF)	Escenario de combustible 3 (F3) Reducción alta de GHG proveniente de combustible (LTAG-SAF, LTAG-LCAF and non-drop-in fuels)
Desarrollo de escenario	Enfatizar la reducción de GEI de bajo costo → seleccionar combustibles por precio mínimo de venta	Priorizar la reducción rentable de GEI → seleccionar combustibles por costo marginal de reducción	Maximizar reducción de CO ₂ reduction → seleccione combustibles por valor de ciclo de vida
Uso de combustible aprobado	ASTM Intl aprueba el uso de combustibles alternativos para aviones en niveles de mezcla superiores al 50%.	ASTM Intl aprueba el uso de combustible para aviones 100% sintetizado en aviones y motores existentes sin ninguna modificación.	
Transporte Terrestre y Electrificación	El transporte terrestre y la aviación tienen igualdad de condiciones con respecto al uso de combustibles alternativos.	La electrificación del transporte terrestre conduce a una mayor disponibilidad de SAF.	Descarbonización profunda en toda la economía. Amplia electrificación del transporte terrestre y amplia disponibilidad de energía renovable.
Incentivos	Bajos incentivos para la producción de LTAG-SAF/LTAG-LCAF.	El aumento de los incentivos conduce a una reducción del costo de uso del combustible LTAG-SAF/LTAG-LCAF.	Grandes incentivos conducen a un uso generalizado de combustibles con bajas emisiones de gases de efecto invernadero para la aviación.
Disponibilidad de combustibles	Uso de gases residuales (CO/CO ₂) y una variedad de materias primas (por ejemplo, cultivos de cobertura de semillas oleaginosas) para LTAG-SAF.	Uso generalizado de gases residuales y mayor disponibilidad de materia prima para LTAG-SAF.	Uso generalizado de CO ₂ atmosférico para LTAG-SAF y máxima disponibilidad de materia prima para LTAG-SAF.
		La producción de SAF supera la demanda de combustible para aviones	SAF production exceeds jet fuel demand
			Existe suficiente H ₂ para permitir el uso de combustible criogénico H ₂ en aviones. Infraestructura desarrollada para permitir el uso de combustibles sin depósito en aeropuertos de todo el mundo.



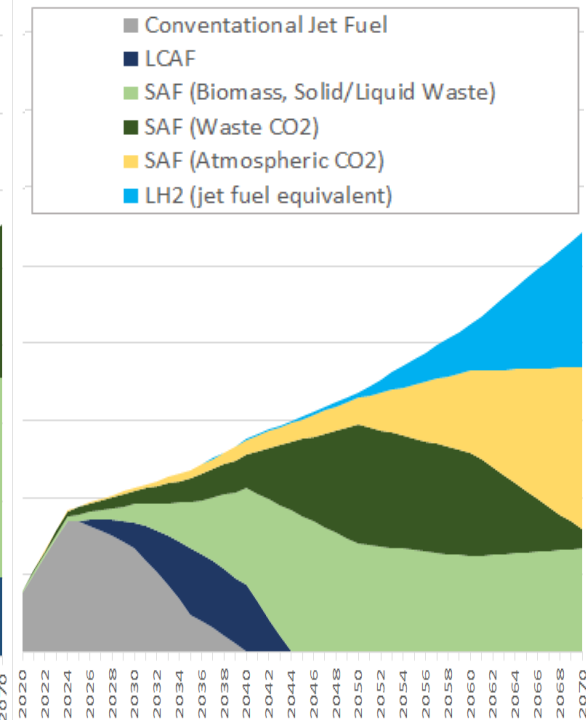
Scenario F1 - MDG IS1 (medium) - MID Traffic Forecast - International



Scenario F2 - MDG IS2 (medium) - MID Traffic Forecast - International



Scenario F3 - MDG IS3 (medium) - MID Traffic Forecast - International





- Tres escenarios definidos para que los combustibles representen niveles crecientes de ambición, alineados con la tecnología y las operaciones.
- Los volúmenes de LTAG-SAF superan la demanda en F2 y F3
- Los **ahorros de GEI** alcanzables mediante el uso de combustibles alternativos oscilan entre el **20 % (F1)** y el **81 % (F3)** en **2050**, y podrían acercarse al **90 %** en **2070 (F3)**.

Reducciones en las emisiones de GEI durante el ciclo de vida*
Para pronóstico de tráfico medio

	F1	F2	F3
2035	5%	20%	37%
2050	20%	56%	81%
2070	28%	66%	88%

*Expressed as the Emissions Reduction Factor (ERF) given as a percent and calculated using: $\left(1 - \frac{LC_{fuel mix}}{LC}\right) \times 100$ where $LC_{fuel mix}$ is the lifecycle value of the fuel mix and LC is the lifecycle value of the baseline (89 gCO_{2e}/MJ)

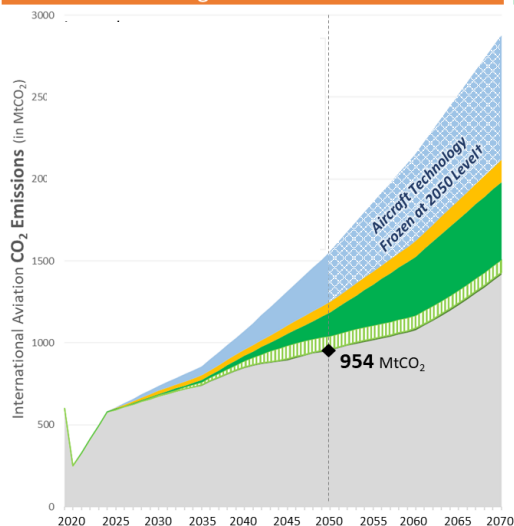


ICAO

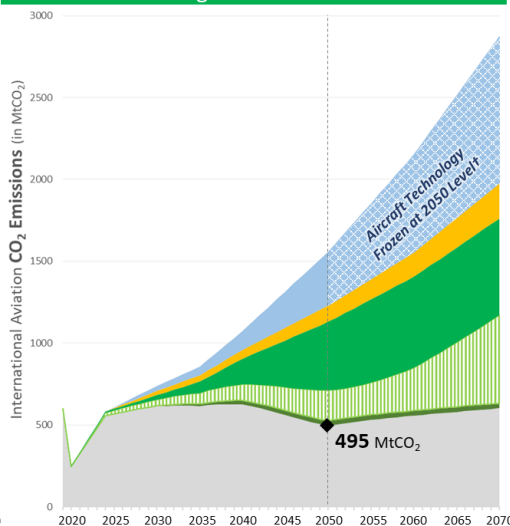
ENVIRONMENT

Principal conclusión del informe LTAG

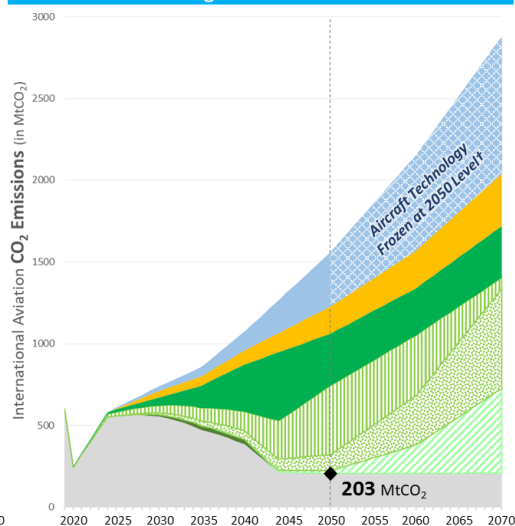
IS1 LTAG Integrated Scenario 1



IS2 LTAG Integrated Scenario 2



IS3 LTAG Integrated Scenario 3



Legend:

- Aircraft Technology
- Operations
- LTAG-SAF Biomass based fuel
- LTAG-SAF Gaseous waste based fuels
- LTAG-SAF Atmospheric CO₂ based fuels
- Non drop in fuels: Cryogenic Hydrogen
- LTAG-LCAF: Lower carbon petroleum fuels
- Residual CO₂ Emissions

© ICAO 2022

CO₂ Emissions in 2050 after Reductions

≈950 MtCO₂ in 2050
(160% of 2019 CO₂ emissions)

Reducción en 2050 con relación a la Línea de base

39% total through: Technologies - 20%, Operations - 4%, Fuels - 15%

Emisiones acumulativas residuales desde 2020 a 2070

23 GtCO₂ (2020 to 2050)
23 GtCO₂ (2051 to 2070)

≈500 MtCO₂ in 2050
(80% of 2019 CO₂ emissions)

68% total a través de: Tecnologías - 21%, Operaciones - 6%, Combustibles - 41%

17 GtCO₂ (2020 to 2050)
11 GtCO₂ (2051 to 2070)

≈200 MtCO₂ in 2050
(35% of 2019 CO₂ emissions)

87% total a través de: Tecnologías - 21%, Operaciones - 11%, Combustibles - 55%

- El CAEP culminó el trabajo de estudio de viabilidad de un LTAG para la aviación internacional en marzo del 2022
- Está disponible en los seis idiomas oficiales de la OACI.
- Para mayor transparencia y exhaustividad, también está disponible un conjunto de Apéndices para proporcionar información más detallada sobre enfoques de modelización, metodologías, modelos, supuestos y resultados.
- Se incluye, en la presentación, los links de los reportes en español e ingles:
 - [REPORT ON THE FEASIBILITY OF A LONG-TERM ASPIRATIONAL GOAL_sp.pdf \(icao.int\)](#)
 - [REPORT ON THE FEASIBILITY OF A LONG-TERM ASPIRATIONAL GOAL_en.pdf \(icao.int\)](#)

Un objetivo ambicioso global a largo plazo (LTAG) de cero emisiones netas de carbono de la aviación internacional para 2050 (Resolución A41-21 párrafo 7)

- Necesidad de supervisar los progresos del LTAG, incluso mediante el inventario, el examen de la Visión de la OACI para 2050, etc., y el examen de las metodologías de seguimiento (A41-21, párrafo 9)
- Continuar evaluando el progreso en SAF, LCAF y otras fuentes de energía menos contaminantes para la aviación como parte del inventario, y CAAF/3 en 2023 para revisar la Visión de la OACI para 2050, a fin de definir un marco global (A41-21 párrafo 28.f)





ICAO

ENVIRONMENT



ICAO

North American
Central American
and Caribbean
(NACC) Office
Mexico City

South American
(SAM) Office
Lima

ICAO
Headquarters
Montréal

Western and
Central African
(WACAF) Office
Dakar

European and
North Atlantic
(EUR/NAT) Office
Paris

Middle East
(MID) Office
Cairo

Eastern and
Southern African
(ESAF) Office
Nairobi

Asia and Pacific
(APAC) Sub-office
Beijing

Asia and Pacific
(APAC) Office
Bangkok



THANK YOU