



PLAN DE ACCIÓN  
DE REDUCCIÓN  
DE CO<sub>2</sub> DEL  
ESTADO  
ECUATORIANO  
**SAP**

**2021-2024**

## Contenido

PLAN DE ACCIÓN DE REDUCCIÓN DE CO <sub>2</sub> DEL ESTADO ECUATORIANO .....	1
1. DATOS .....	4
2. INTRODUCCIÓN .....	5
3. MARCO LEGAL.....	6
3.1 Marco Regulatorio Internacional: .....	6
3.2 Marco Regulatorio Nacional:.....	7
4. GENERALIDADES .....	8
Figura 1. Regiones geográficas del Ecuador. ....	9
Figura 2. Mapa geopolítico de la amazonia ecuatoriana.....	10
Figura 3. Mapa geopolítico de la región sierra ecuatoriana .....	11
Figura 4. Mapa geopolítico de la región costa ecuatoriana.....	11
Figura 5. Mapa geopolítico de la región insular (Galápagos) ecuatoriana .....	12
Figura 6. Relación entre la temperatura media anual y la elevación en localidades tomadas al azar del Ecuador. Los colores representan las regiones biogeográficas del Ecuador.....	13
Figura 7. Perfil de Emisiones Nacionales .....	15
5. ESCENARIO DE LÍNEA BASE .....	19
5.1 Escenario de Línea Base .....	19
5.2 Elaboración de Línea Base .....	20
5.3 Datos Históricos.....	20
5.4 Línea Base .....	21
Figura 8. Grafica de crecimiento de consumo de combustible Vs RTK sin medidas de mitigación .....	23
6. MEDIDAS PARA MITIGAR LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	23
6.1 Descripción de las Medidas para Mitigar las Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	24
7. RESULTADOS PREVISTOS.....	33
7.1 Resultados Previstos .....	33
7.2 Resultados con Aplicación de Medidas de Reducción (Disminución de Emisiones de CO <sub>2</sub> ) ..	34
Figura 8. Grafica de emisiones de CO <sub>2</sub> antes y después de las medidas de mitigación .....	35
7.3 Resultados con Aplicación de Medidas de Reducción (Ahorro de Combustible).....	35
Figura 9. Grafica de consumo de combustible antes y después de las medidas de mitigación ..	36

8. NECESIDADES DE ASISTENCIA .....	36
9. ABREVIATURAS .....	37
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....	37



## 1. DATOS

### Datos de Contacto:

- Ing. Suelen Loana Realpe Burbano.
- Dirección Institucional: Buenos Aires Oe 1-53 y Av. 10 de Agosto. Quito, Ecuador
- Teléfono de Contacto: (+593) 999615124
- Correo Electrónico Institucional: [suelen.realpe@aviacioncivil.gob.ec](mailto:suelen.realpe@aviacioncivil.gob.ec)
- Correo Electrónico Alternativo: [suelen.realpe@gmail.com](mailto:suelen.realpe@gmail.com)

### Colaboración:

Ing. Andrea Sarahi Caza Zagal  
Controlador de Aeródromo 1

4

**Señor Ab. Juan Pablo Franco Castro**  
**Director General de Aviación Civil, Encargado**

## 2. INTRODUCCIÓN

La aviación civil internacional desempeña un papel fundamental en la conectividad global, facilitando el comercio, el turismo y el intercambio cultural, contribuyendo significativamente al desarrollo socioeconómico de las naciones. No obstante, es reconocido su impacto en el medio ambiente a través de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que contribuyen al cambio climático global.

En este contexto, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), como organismo especializado de las Naciones Unidas, ha establecido un marco para abordar las emisiones de la aviación internacional, promoviendo la adopción de un enfoque de "cesta de medidas" que incluye mejoras tecnológicas, operacionales, el desarrollo y despliegue de combustibles de aviación sostenibles (SAF), y medidas basadas en el mercado, como el Esquema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (CORSIA).

En línea con las resoluciones de la Asamblea de la OACI, particularmente la Resolución A39-3, que insta a los Estados a desarrollar y presentar sus propios planes de acción para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de la aviación civil internacional, y tomando como guía la "Orientación sobre la elaboración de planes de acción de los Estados para actividades de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>"<sup>1</sup> (Doc 9988), el Estado Ecuatoriano presenta el presente Plan de Acción.

Este documento se elabora con el objetivo de establecer una hoja de ruta clara y coherente para la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el sector de la aviación civil internacional que opera desde y hacia el Ecuador. Se reconoce la importancia de equilibrar el crecimiento sostenible del sector aeronáutico con la necesidad de contribuir a los esfuerzos globales para combatir el cambio climático, en concordancia con los compromisos internacionales del Ecuador y las prioridades de desarrollo nacional.

El presente Plan de Acción se inspira en las experiencias y estrategias definidas por otros Estados de la región, como Argentina, Chile y los Estados de Centroamérica a través de su Plan de Acción (CAAPER), quienes han avanzado en la identificación y planificación de medidas para reducir las emisiones de su sector aeronáutico. A través del análisis de sus enfoques y la adaptación de las mejores prácticas a las circunstancias específicas del contexto ecuatoriano, este plan busca definir acciones concretas y medibles que permitan alcanzar resultados significativos en la reducción de la huella de carbono de la aviación civil internacional del Ecuador.

El desarrollo de este Plan de Acción es un proceso continuo que requerirá la participación y la colaboración de diversos actores clave del sector aeronáutico ecuatoriano, incluyendo la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), operadores aéreos, proveedores de servicios de navegación aérea, la industria de combustibles, instituciones académicas y otras entidades relevantes. Se espera que este documento sirva como un marco de referencia dinámico que se actualice periódicamente para reflejar los avances tecnológicos, las nuevas regulaciones y las prioridades cambiantes en el ámbito de la sostenibilidad de la aviación.

El objetivo final de este Plan de Acción es contribuir a un futuro más sostenible para la aviación en el Ecuador, asegurando su crecimiento de manera responsable con el medio ambiente y en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

### 3. MARCO LEGAL

La elaboración e implementación del Plan de Acción del Estado Ecuatoriano para la Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub> en la Aeronáutica se enmarca dentro del ordenamiento jurídico nacional e internacional aplicable al sector de la aviación y a la gestión del cambio climático. A continuación, se presentan los principales instrumentos legales y normativos que sustentan y guían este plan:

#### 3.1 Marco Regulatorio Internacional:

- **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)**
  - La CMNUCC, ratificada por el Ecuador, es el tratado internacional primordial para abordar el cambio climático.
  - Se invoca el Artículo 3 de la CMNUCC, que establece los principios de la Convención, incluyendo el de responsabilidades comunes pero diferenciadas, en el contexto de las capacidades respectivas de las Partes y sus condiciones sociales y económicas.
  - Se hace referencia al Artículo 4, que detalla los compromisos de las Partes, incluyendo el desarrollo, actualización y publicación de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y la formulación, aplicación y publicación de programas nacionales para la mitigación del cambio climático.
- **Protocolo de Kioto**
  - El Ecuador como parte e del Protocolo de Kioto, se debe mencionar, a los Artículos 3 y 4 del Protocolo, que establecen los compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones para los países desarrollados (Anexo I).
  - Ecuador ratificó el Protocolo de Kioto y aceptó la Enmienda de Doha
  - Ecuador ha reafirmado su compromiso de cumplir con el Acuerdo de París.
- **Acuerdo de París**
  - El Acuerdo de París, ratificado por el Ecuador, establece un nuevo marco global para la acción climática posterior a 2020.
  - Se destaca el Artículo 2, párrafo 1, que fija el objetivo de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar el aumento a 1,5 °C.
  - Se subraya la importancia del Artículo 4, que insta a las Partes a preparar, comunicar y mantener las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y a lograr progresos sucesivos en el tiempo.

- **Organización de Aviación Civil Internacional (OACI):** Ecuador, como Estado miembro de la OACI, se adhiere a los principios y recomendaciones emanados de esta organización especializada de las Naciones Unidas. En particular, se considera la **Resolución A39-3 de la Asamblea de la OACI**, que establece el objetivo aspiracional global para la eficiencia del combustible en el sector de la aviación internacional y la necesidad de que los Estados desarrollen y presenten sus propios planes de acción para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> (tal como se menciona en el Doc 9988).
  - Documento 9988 de la OACI: La "Orientación sobre la elaboración de planes de acción de los Estados para actividades de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>" 1 (Tercera edición, 2019) proporciona la guía metodológica y los elementos esenciales que deben incluirse en el presente Plan de Acción. Este documento, basado en las decisiones de la OACI, establece el marco para la identificación, evaluación e implementación de medidas de mitigación específicas para el sector aeronáutico

### 3.2 Marco Regulatorio Nacional:

- **Constitución de la República del Ecuador:** La Constitución establece principios fundamentales relacionados con la protección del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático, que son transversales a todas las políticas y regulaciones del Estado, incluyendo aquellas que afectan al sector del transporte aéreo.
- **Leyes y Reglamentos Ambientales:** Las leyes y reglamentos nacionales en materia ambiental, aunque no sean específicamente para la aviación, pueden establecer principios generales y obligaciones relacionadas con la gestión de emisiones, la calidad del aire y el uso de tecnologías limpias que deben ser consideradas en el contexto del presente Plan de Acción. Es importante identificar si existen regulaciones sobre biocombustibles,

compensación de carbono a nivel nacional u otras normativas que puedan ser aplicables o relevantes para el sector aeronáutico.

- **Legislación y Regulaciones de Aviación Civil:** Las leyes y regulaciones emitidas por la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) u otras autoridades competentes en materia de aviación conforman el marco normativo específico del sector. Si bien el enfoque principal puede haber sido tradicionalmente la seguridad operacional, progresivamente se incorporan consideraciones ambientales. Es crucial revisar la normativa vigente para

identificar cualquier disposición relacionada con la eficiencia de las aeronaves, la gestión ambiental en aeropuertos o cualquier otra que pueda influir en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

- **Planes y Estrategias Nacionales de Cambio Climático:** El Plan Nacional de Cambio Climático y otras estrategias nacionales relevantes establecen los objetivos y las líneas de acción del país en la lucha contra el cambio climático. El Plan de Acción para la Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub> en la Aeronáutica debe estar alineado con estos instrumentos de planificación de nivel superior y contribuir al cumplimiento de los compromisos nacionales de reducción de emisiones (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional - NDC).

- **Políticas Sectoriales de Transporte:** Las políticas y estrategias del sector de transporte, incluyendo la aviación, pueden contener lineamientos relacionados con la sostenibilidad y la eficiencia energética que deben ser considerados en el desarrollo del presente Plan de Acción.

#### 4. GENERALIDADES

El Ecuador se ubica al noroeste de América del Sur, limitando al norte con Colombia, al sur y este con Perú y al oeste con el Océano Pacífico. Es el más pequeño de los países andinos con aproximadamente 252,000 km<sup>2</sup>. Lo cruza la línea equinoccial o ecuatorial (de donde adquiere su nombre) y se extiende entre las latitudes 1°30' N y 5° S y las longitudes 75° 20' W y 91° W (1). Está atravesado de norte a sur por La Cordillera de los Andes. Hacia el occidente de los Andes hay tierras bajas que colindan con el Océano Pacífico. Hacia el oriente hay tierras bajas que forman parte de la llanura amazónica y tienen una topografía poco accidentada. Los Andes ecuatorianos se dividen en dos cordilleras principales: (1) Occidental y (2) Oriental o Real. Están unidas entre sí por una serie de nudos transversales que delimitan valles interandinos. Las dos cordilleras alcanzan altitudes por sobre los 5000 m. En la alta Amazonía existen tres ramales de los Andes parcialmente separados de la cordillera oriental, las cordilleras Napo-Galeras, Cutucú y Cóndor. Sus principales elevaciones son el volcán Sumaco (el más alto, con 3372 m), el Reventador y el Pan de azúcar. La llanura amazónica se conforma principalmente de grandes valles y elevaciones menores.

La protección del patrimonio natural del Ecuador representa un reto para todos, especialmente si se considera que la desaparición de las especies endémicas o restringidas exclusivamente al Ecuador implica su extinción global. La información básica acerca de las especies, los ecosistemas y su estado de conservación sigue siendo insuficiente para cuantificar con precisión la magnitud de las amenazas a la conservación de las

especies. A nivel mundial, apenas se ha evaluado el estado de conservación de 4% de las especies vegetales (Baillie et al. 2004) un porcentaje bajo si se considera que las predicciones de uso y abuso de las plantas en el futuro inmediato crecerán proporcionalmente con la población humana. Según Schatz (2009) a fines de siglo la población humana llegará a los nueve o diez billones de habitantes y necesitará duplicar la producción de alimentos e incrementar espacios para vivienda y usar más plantas silvestres para alimento, combustible, construcción y medicina. Por eso, resulta urgente disponer de información científica sistematizada para tomar decisiones responsables sobre el manejo y protección de los ambientes naturales.

El Ecuador se divide en tres regiones: Litoral o Costa, Sierra y Oriente (Fig. 1). Los límites entre regiones corresponden a límites provinciales por lo que su definición no es climática o geográfica sino política. Sin embargo, hay diferencias considerables de topografía y clima entre regiones. El Ecuador, además, cuenta con un archipiélago ubicado a ~1000 km de la costa, llamado Colón o Islas Galápagos, la Región Insular.





Figura 1. Regiones geográficas del Ecuador.

Ecuador, destaca por su excepcional biodiversidad en cuatro regiones principales: Andes, Amazonía, Costa y Galápagos. Su población es multiétnica (16.9 millones en 2022), con mayoría mestiza e importantes grupos indígenas, montubios y afroecuatorianos. La economía muestra crecimiento moderado pero enfrenta desafíos de pobreza y desigualdad. El medio ambiente sufre presiones por deforestación y contaminación. El clima es diverso debido a la geografía. Hay avances sociales, pero persisten brechas. El gobierno impulsa políticas de sostenibilidad. Existe una fuerte interrelación entre ecosistema, clima, desarrollo social y economía.

### Biodiversidad y Ecosistemas:

Ecuador es megadiverso, albergando cerca del 10% de las plantas mundiales.

- **Amazonía:** Cubre el 43% del territorio, rica en flora y fauna, pero amenazada por extracción de recursos.<sup>1</sup> Es vital para la regulación climática y hogar de pueblos indígenas.

La región Oriental o Amazónica, también conocida como Oriente, se extiende desde la cordillera de los Andes orientales al oeste hasta la frontera con Colombia y Perú al este, con un área de ~120.000 Km<sup>2</sup>. Se divide en alta Amazonía (> 1000 m de altura) y llanura Amazónica (< 1000 m de altura).

Se caracteriza por un clima tropical muy húmedo en toda la región durante todo el año, debido a la retención de humedad por los grandes bosques amazónicos. Las precipitaciones en esta región son constantes, con un ligero incremento entre marzo y julio y una disminución en agosto y enero como resultado del movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical. Las tormentas son muy comunes en la región. Se registra el máximo de precipitación (>4500 mm) de todo el país en la zona de Mera y Puyo, en la provincia de Pastaz. La temperatura promedio es de 24-25°C, la cual fluctúa muy poco, con máximos de hasta 40°C en el mes de mayo.



Figura 2. Mapa geopolítico de la amazonia ecuatoriana

10

- **Andes:** La región Sierra está dominada por la Cordillera de los Andes, con una extensión de 800 km de longitud y 100-200 km de ancho aproximadamente, desde el río Carchi al norte y hasta el río Macará al sur. Se conforma de hileras de montes, nevados, volcanes, páramos alto andinos, cumbres, valles y lagunas. La cordillera Occidental es de menor altura y sus principales elevaciones son el volcán Chimborazo (el más alto del país, con 6310 m), Guagua Pichincha, Atacazo, Corazón y los Illinizas. La cordillera Oriental es la más alta y sus principales elevaciones son el volcán Cotopaxi (segundo más alto, con 5897 m), Cayambe, Antisana, Tungurahua, Altar y Sangay. Los Andes sur del Ecuador no se diferencian claramente entre cordilleras y sus elevaciones no sobrepasan los 4000 m de altura. Los principales sistemas hidrográficos de oriente y occidente del país nacen de sus montañas y páramos debido a deshielos y precipitaciones en la zona.

Se caracteriza por un clima tropical muy húmedo en zonas de transición hacia el litoral y Amazonía, templado semi-húmedo a húmedo en la zona interandina, cálido y seco en los valles interandinos y frío de alta montaña en los páramos, sobre los 3000 m de altitud. Esta región recibe la influencia alternada de masas de aire oceánicas y amazónicas y de la oscilación de la Zona de Convergencia

Intertropical, por lo que registra dos estaciones lluviosas (distribución bimodal de lluvias), entre marzo-abril y octubre-noviembre (6, 10). El promedio anual de las precipitaciones varía entre 800 y 1500 mm, a excepción de la zona del valle del Chota (300 mm) y el valle Jubones (400 mm). Las temperaturas más altas se registran entre diciembre y enero, con mínimos entre abril y junio. La temperatura está ligada a la altura; entre los 1500 y 3000 m los valores promedio varían entre 8 y 20°C, con un gradiente de temperatura de ~5°C por cada 1000 m de altura.

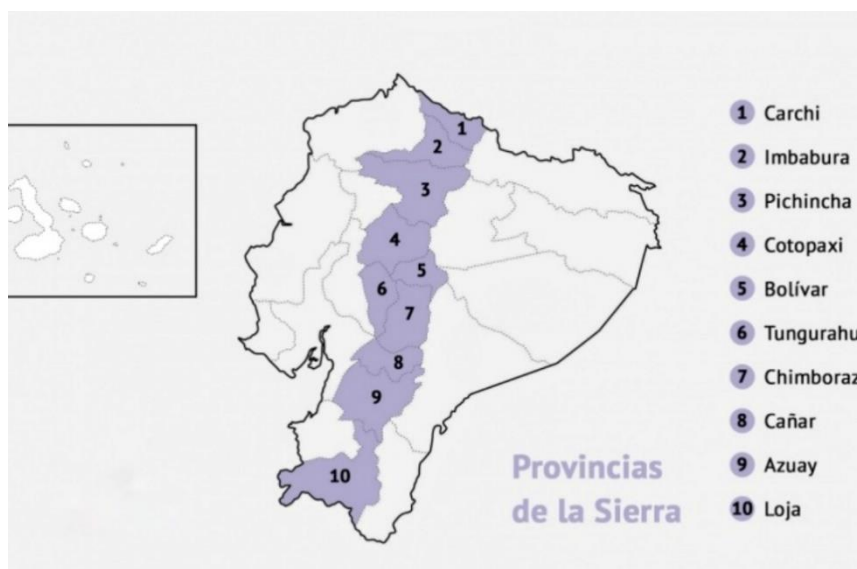


Figura 3. Mapa geopolítico de la región sierra ecuatoriana

- **Región Costa o Litoral** La región Costa o Litoral se extiende desde el perfil costanero hasta unos 1000 m de elevación en las estribaciones occidentales de los Andes. Tiene una extensión de ~670 km de largo y ~150 km de ancho, desde el río Mataje al norte hasta el río Zarumilla al sur. Se conforma de llanuras bajas, cuencas sedimentarias, zonas de piedemonte y varias cordilleras costaneras de baja altura, que alcanzan elevaciones entre los 400 y 700 m de altura; incluye bosques secos tropicales amenazados y manglares vitales para la protección costera y pesquerías, presionados por la cuicultura.

11



Figura 4. Mapa geopolítico de la región costa ecuatoriana

- **Galápagos:** Patrimonio de la Humanidad y reserva marina única, clave para la teoría de la evolución, enfrenta amenazas por especies invasoras y turismo.

La región insular es un archipiélago de 12 islas de origen volcánico, 17 islotes y decenas de rocas expuestas, con un área de ~8000 km<sup>2</sup> en total. Su principal elevación es el volcán Sierra Negra en la isla Isabela (Fig. 3). Se caracteriza por un clima árido a muy seco en los bordes litorales y semi-húmedo a húmedo conforme aumenta la altura. La presencia de la corriente de Humboldt disminuye las temperaturas entre los meses de julio a diciembre. Las características pluviométricas también varían con la altitud. Las zonas bajas tienen un clima seco con un ligero incremento en la precipitación en los meses de febrero y junio-septiembre y una temperatura promedio de 23°C, mientras que, las zonas bajas presentan un periodo más largo de lluvias, entre noviembre y febrero y su temperatura disminuye en algunos grados.



Figura 5. Mapa geopolítico de la región insular (Galápagos) ecuatoriana

La ubicación del Ecuador, sobre la línea ecuatorial, produce poca estacionalidad a lo largo del año. Solo hay dos estaciones definidas: húmeda o invierno y seca o verano. La duración de las estaciones varía regionalmente. En la región Costa, la época lluviosa se inicia en diciembre y dura hasta mayo; la época seca tiene lugar entre junio y noviembre. En los Andes, la estación lluviosa dura de octubre a mayo y la seca de junio a septiembre. En la región amazónica hay diferencias entre norte y sur. En la Amazonía norte (provincia de Sucumbíos), la época lluviosa dura de marzo a noviembre mientras que la seca de diciembre a febrero. En el resto de la Amazonía, el patrón estacional es similar al Andino.

El clima del Ecuador se ve muy influenciado por la topografía. Su rango altitudinal (de 0 a 6300 m) genera un amplio gradiente de temperaturas, de ~0 a 26 grados centígrados de temperatura promedio anual. Hay una relación muy estrecha entre la elevación y la temperatura (Fig. 6). Sin embargo, la Amazonía tiene una temperatura mayor a la esperada de su elevación mientras que sucede lo opuesto en el matorral seco de la Costa.

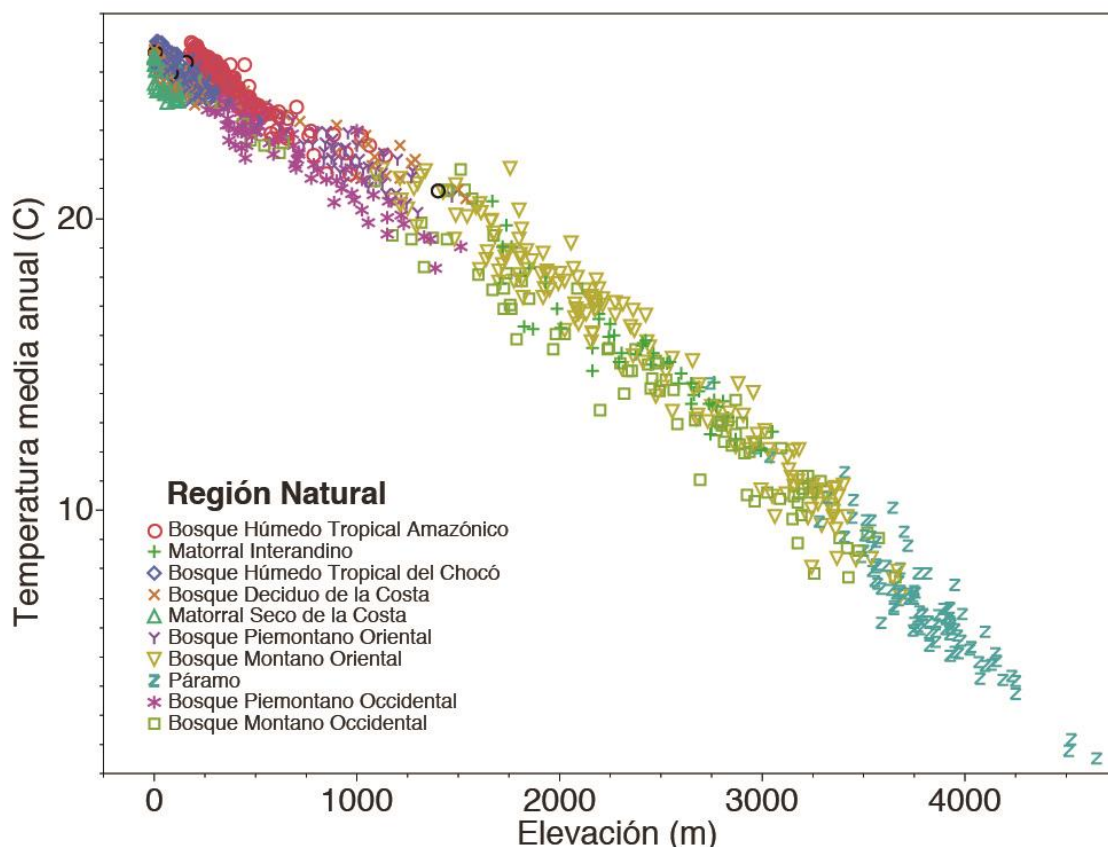


Figura 6. Relación entre la temperatura media anual y la elevación en localidades tomadas al azar del Ecuador. Los colores representan las regiones biogeográficas del Ecuador.

### Iniciativas Gubernamentales:

Ecuador cuenta con políticas ambientales, reconoce los Derechos de la Naturaleza y exige Estudios de Impacto Ambiental. Se han lanzado iniciativas como Bonos Verdes Soberanos. El Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025 busca el desarrollo sostenible. El país está alineado con la Agenda 2030 y los ODS, aunque enfrenta desafíos.

Ecuador posee una inmensa riqueza natural y cultural, pero enfrenta retos ambientales, sociales y económicos. La biodiversidad está amenazada, la demografía cambia, la economía necesita inclusión y el medio ambiente requiere protección urgente. La vulnerabilidad climática exige adaptación. A pesar de avances sociales, la desigualdad persiste. Las políticas gubernamentales buscan sostenibilidad, pero la interconexión de factores demanda un enfoque integrado para un futuro resiliente.



## Contexto y Acción Climática del Estado Ecuatoriano

Ecuador, un país andino megadiverso situado en el noroeste de América del Sur, enfrenta desafíos significativos derivados del cambio climático. A pesar de ser responsable de un porcentaje marginal de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI), su ubicación geográfica, compleja orografía y factores socioeconómicos lo hacen altamente vulnerable a los impactos climáticos adversos. El país reconoce la urgencia de actuar y ha ratificado los principales acuerdos internacionales, como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Acuerdo de París, comprometiéndose a contribuir a los esfuerzos globales de mitigación y adaptación-

### Perfil de Emisiones Nacionales:

De acuerdo con la información más reciente presentada en la Quinta Comunicación Nacional y el Primer Reporte Bienal de Transparencia (base para la Segunda NDC), las emisiones totales de GEI del Ecuador en el año 2022 alcanzaron 88.262,87 kt CO<sub>2</sub>-eq. Estas emisiones se originan principalmente en los siguientes sectores, siguiendo las directrices del IPCC:

1. **Energía: Es el mayor contribuyente**, responsable del 47,22% (41.674,68 kt CO<sub>2</sub>-eq) de las emisiones totales en 2022. Las principales fuentes son la quema de combustibles fósiles para generación eléctrica, procesos industriales y, de manera predominante, el sector transporte, que consume casi la mitad (49,1%) de la energía final del país. Aunque la matriz eléctrica tiene una alta componente renovable (principalmente hidroeléctrica, ~75% en 2022), la dependencia de derivados del petróleo en otros subsectores es significativa.
2. **Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUI/UTCUTS)**: Representa el 29,26% (25.823,20 kt CO<sub>2</sub>-eq) de las emisiones. La deforestación, impulsada principalmente por la expansión de la frontera agrícola y ganadera, es el factor clave en este sector. Entre 1990 y 2022, se estima una pérdida de 2,4 millones de hectáreas de bosque nativo.
3. **Agricultura**: Genera el 13,29% (11.728,67 kt CO<sub>2</sub>-eq) de las emisiones, provenientes mayoritariamente de la fermentación entérica del ganado y el uso de fertilizantes nitrogenados en suelos agrícolas.
4. **Residuos**: Contribuye con el 5,43% (4.790,54 kt CO<sub>2</sub>-eq), asociado a la descomposición de residuos sólidos urbanos (RSU) en vertederos y al tratamiento de aguas residuales. La generación de RSU per cápita en zonas urbanas promedia 0,9 kg/día.
5. **Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU)**: Aporta el 4,81% (4.245,78 kt CO<sub>2</sub>-eq), principalmente por la producción de cemento (calcinación de clínker) y el uso de gases fluorados (HFC) como sustitutos de sustancias que agotan la capa de ozono.

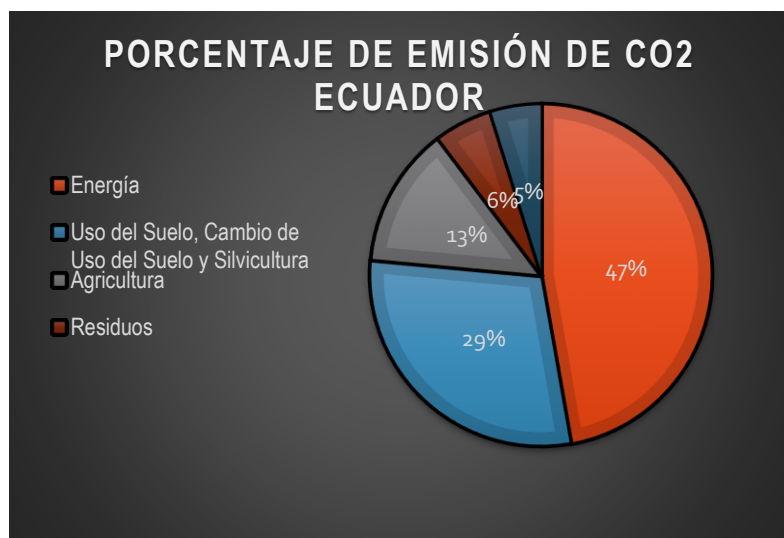


Figura 7. Perfil de Emisiones Nacionales

15

### La Segunda NDC (2026-2035): El Compromiso Actual

La Segunda NDC, presentada en febrero de 2025, es la hoja de ruta actual del Estado para la acción climática, basada en un proceso participativo y considerando las circunstancias nacionales (incluyendo vulnerabilidad y desafíos socioeconómicos como pobreza y desigualdad, establece objetivos concretos para el periodo 2026-2035:

- **Mitigación:** Un compromiso incondicional de reducir las emisiones de GEI en un 7% para 2035 respecto a la línea base tendencial (año base 2010), y una meta condicional de reducción adicional del 8% sujeta a apoyo internacional
- **Adaptación:** Prioriza acciones en seis sectores clave (Patrimonio Natural, Patrimonio Hídrico, Salud, Asentamientos Humanos, Sectores Productivos y Estratégicos, y Soberanía Alimentaria/Agricultura) alineadas con el PNA.
- **Pérdidas y Daños:** Establece una aproximación inicial para abordar este componente.
- **Medios de Implementación:** Identifica necesidades significativas de financiamiento (aprox. USD 6.5 mil millones), desarrollo de capacidades y transferencia tecnológica.

En resumen, el Estado ecuatoriano ha establecido un marco normativo e institucional y ha definido compromisos concretos a través de su Segunda NDC para abordar el desafío del cambio climático, enfocándose en la reducción de sus emisiones de GEI en sectores clave como energía y uso del suelo, al tiempo que impulsa la adaptación y busca los medios necesarios para implementar estas acciones de manera efectiva y justa.

Tabla 1: Comparación de Compromisos de Mitigación en las NDCs de Ecuador

Componente	Primera NDC (2020-2025)	Segunda NDC (2026-2035)
Período Implementación	2020 - 2025	2026 - 2035
Meta General Agregada (Incondicional)	No especificada en % en resúmenes disponibles <sup>1</sup>	8% reducción GEI (aprox. 8,694 kt \$CO_2\$eq) vs línea base (sectores Energía, Residuos, IPPU, Agricultura, USCUS) <sup>19</sup>
Meta General Agregada (Condicional)	No especificada en % en resúmenes disponibles <sup>1</sup>	12% reducción adicional (aprox. 13,103 kt \$CO_2\$eq) vs línea base (mismos sectores) <sup>19</sup>
Meta Específica USCUS (Incondicional)	20% reducción vs línea base 2000-2008 (reportada como casi cumplida) <sup>22</sup>	No especificada cuantitativamente en el documento principal de la NDC; depende de actualización Plan REDD+ <sup>19</sup>
Meta Específica USCUS (Condicional)	No especificada en % en resúmenes disponibles <sup>1</sup>	No especificada cuantitativamente en el documento principal de la NDC; depende de actualización Plan REDD+ <sup>19</sup>
Línea Base / Referencia	Escenario tendencial (agregado); Nivel de referencia emisiones forestales 2000-2008 (USCUS) <sup>1</sup>	Proyecciones INGEI 2010-2035 (mencionado para USCUS); Meta agregada vs línea base (año base 2010 mencionado) <sup>19</sup>

Nota: La tabla refleja la información disponible en los documentos citados. La ausencia de valores específicos indica que no fueron encontrados en los resúmenes o secciones relevantes de dichos documentos.

## Principales Obstáculos y Desafíos

A pesar de los avances reportados, Ecuador enfrenta desafíos significativos para cumplir sus objetivos climáticos.

- **Deforestación y Presiones sobre el Uso del Suelo:** La deforestación sigue siendo una de las principales barreras para la mitigación, especialmente en la Amazonía. Está impulsada por la expansión de la frontera agrícola y ganadera, la colonización, la extracción de madera y, en algunas áreas, la minería. Aunque las tasas de deforestación bruta a nivel nacional pueden haber disminuido en el período más reciente reportado (2016-2018) en comparación con períodos anteriores, la presión sobre los bosques remanentes persiste. La tensión fundamental entre los modelos de desarrollo económico basados en la explotación de recursos naturales y los objetivos de conservación y mitigación climática sigue sin resolverse completamente.
- **Implementación de Políticas y Gobernanza:** Existe una brecha reconocida entre la formulación de políticas y estrategias climáticas a nivel nacional y su implementación efectiva en el territorio. Esto se atribuye a factores como la débil capacidad institucional en algunos niveles, la falta de claridad en la asignación de responsabilidades, la insuficiente coordinación entre ministerios (MAATE, Agricultura, Planificación, etc.) y con los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs), y la limitada integración de la variable climática en la planificación sectorial y territorial (Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PDOTs). Además, la aplicación de la normativa ambiental, incluyendo la sanción de delitos como la tala ilegal, a menudo es débil.
- **Limitaciones Financieras:** La falta de financiamiento suficiente, predecible y sostenible es una barrera transversal para la acción climática, tanto en mitigación como en adaptación. Si bien la EFIC busca abordar este problema, asegurar la asignación de recursos



adecuados en los presupuestos públicos nacionales y subnacionales, y movilizar flujos adicionales de fuentes privadas e internacionales, sigue siendo un reto crítico.

- **Brechas de Datos y Conocimiento:** A pesar de los esfuerzos para mejorar el SINGEI, persisten necesidades de mejorar la calidad, cobertura y frecuencia de los datos de GEI, especialmente para el complejo sector AFOLU/USCUSS. Se requiere más investigación aplicada para comprender mejor los impactos climáticos a nivel local, evaluar la vulnerabilidad de manera más precisa y determinar la costo-efectividad de diferentes medidas de mitigación y adaptación.<sup>7</sup> La falta de cuantificación del aporte climático del SNAP es un ejemplo claro de esta brecha.

**Factores Sociales:** La sensibilización y educación pública sobre el cambio climático y sus soluciones necesitan fortalecerse. Asegurar una participación significativa, equitativa e informada de todos los actores, incluyendo grupos vulnerables, mujeres, pueblos indígenas y comunidades locales, en la toma de decisiones y en los beneficios de las acciones climáticas es fundamental, pero enfrenta desafíos. Han surgido preocupaciones específicas sobre la consulta y el consentimiento previo, libre e informado en el contexto de nuevas iniciativas como los mercados de carbono.

## Emisiones de CO<sub>2</sub> del Sector Aeronáutico en Ecuador: Estado Actual, Políticas y Perspectivas

17

Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) provenientes del sector aeronáutico representan un desafío significativo en el marco de los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático. Si bien la aviación facilita la conectividad, el comercio y el turismo, su dependencia de los combustibles fósiles la convierte en una fuente creciente de gases de efecto invernadero (GEI). En Ecuador, un país megadiverso y vulnerable a los impactos climáticos, abordar estas emisiones es crucial para cumplir con los compromisos adquiridos bajo el Acuerdo de París y avanzar hacia un desarrollo sostenible, tal como se refleja en su marco constitucional que reconoce los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano. El sector enfrenta el doble reto de gestionar su huella ambiental sin menoscabar su rol esencial en la economía y la conexión territorial y global del país.

Ecuador ha desarrollado un marco normativo e institucional para abordar el cambio climático. Instrumentos clave incluyen la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) 2012-2025<sup>5</sup>, que establece las líneas estratégicas de mitigación y adaptación, priorizando sectores como Energía, Agricultura, Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS), Procesos Industriales y Residuos para la mitigación. Complementariamente, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PLANACC) 2023-2027 busca integrar la adaptación en la planificación del desarrollo a nivel nacional, local y sectorial, con apoyo de entidades como el PNUD y financiamiento del Fondo Verde para el Clima.

Las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) formalizan los compromisos del país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Ecuador presentó su Primera NDC en 2019, declarada política de Estado<sup>12</sup>, y se encuentra en proceso

de formulación de su Segunda NDC (para el período 2026-2035), buscando mayor ambición e inclusión.<sup>12</sup> La Constitución de la República del Ecuador (2008) provee el fundamento legal,

reconociendo el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (Art. 14) y obligando al Estado a adoptar medidas para la mitigación del cambio climático (Art. 414).<sup>5</sup> El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) actúa como la autoridad ambiental nacional y lidera la política climática y la gestión de inventarios de GEI.

#### B. Roles Institucionales en Aviación y Medio Ambiente

La gestión de las emisiones de la aviación requiere la intervención coordinada de distintas entidades. El MAATE es el ente rector de la política ambiental y climática, responsable de la elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) a través del Sistema Nacional de Inventario de Gases Efecto Invernadero (SINGEI), y de la supervisión del cumplimiento ambiental general. Por otro lado, la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) es la autoridad aeronáutica principal, encargada de la regulación técnica y operacional del sector, incluyendo la implementación de normativas específicas como las relacionadas con CORSIA y la promoción de mejoras operacionales como la Navegación Basada en Performance (PBN). La efectiva mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector aeronáutico depende intrínsecamente de una colaboración fluida y mecanismos de coordinación claros entre MAATE y DGAC para alinear las políticas ambientales con la regulación y operación aérea.

18

#### C. Posicionamiento de la Aviación en la Estrategia Climática Nacional

El análisis de los documentos de política climática nacional revela que, si bien el sector transporte es reconocido como una fuente de emisiones (generalmente dentro del sector Energía en los INGEI 31), la aviación como subsector no siempre recibe una atención explícita y detallada en las estrategias de mitigación de alto nivel. La ENCC 2012-2025, por ejemplo, prioriza sectores como Energía, Agricultura, USCUS, Procesos Industriales y Residuos. La Primera NDC (2019) aborda la mitigación de forma agregada para Energía, Agricultura, Procesos Industriales y Residuos, con un análisis separado para USCUS. Si bien las emisiones de la aviación nacional se contabilizan dentro del sector Energía, las estrategias específicas para su reducción, más allá de la implementación de CORSIA para vuelos internacionales o los beneficios colaterales de mejoras operacionales como PBN, no parecen estar prominentemente detalladas en estos documentos marco.

#### D. Estructura Política y Desafíos de Implementación

Ecuador ha establecido un conjunto de políticas en referencia a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero través de instrumentos como la Estrategia Nacional de Cambio Climático

(ENCC), las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y el Plan Nacional de Adaptación (PLANACC), bajo el liderazgo del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica

(MAATE). Esta arquitectura sienta las bases para gestionar las emisiones en diversos sectores. Sin embargo, la planificación y priorización detallada para la reducción de emisiones específicamente en la aviación civil internacional aún no se encuentran explícitamente articuladas en estos documentos de alto nivel. Si bien las emisiones aeronáuticas nacionales se contabilizan implícitamente en la categoría de 'Transporte' del sector 'Energía' en los inventarios nacionales, es evidente la necesidad de un enfoque estratégico sectorial dedicado, comparable al de áreas

como USCUS/REDD+. Reconociendo esta necesidad, y alineada con los objetivos del MAATE y los requerimientos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) ha impulsado la formulación del presente Plan de Acción de Reducción de CO<sub>2</sub> del Estado Ecuatoriano (SAP), buscando desarrollar una hoja de ruta específica para la mitigación de emisiones aeronáuticas y contribuir así a los compromisos climáticos nacionales e internacionales.

En concordancia con la metodología propuesta por la OACI en el Documento 9988, el presente Plan de Acción procede a establecer la línea base de emisiones de CO<sub>2</sub> del sector de la aviación civil internacional del Estado Ecuatoriano. Este análisis constituye el punto de partida fundamental para cuantificar el impacto actual de la aviación en las emisiones de gases de efecto invernadero y servirá como referencia para medir la efectividad de las medidas de mitigación propuestas. La elaboración de la línea base implica la recopilación y estimación de datos históricos y actuales sobre la actividad del transporte aéreo, consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas. Siguiendo la orientación de la OACI, se diferenciará claramente entre las emisiones procedentes de vuelos nacionales e internacionales, enfocando este Plan en estas últimas conforme a la metodología establecida. Se analizarán los datos disponibles sobre el tráfico aéreo y el consumo de combustible, considerando un horizonte temporal definido y, cuando sea pertinente, se proyectarán las emisiones futuras bajo un escenario de "negocio habitual" o "sin medidas adicionales". Este proceso permitirá comprender la magnitud del desafío y sustentar la

selección y cuantificación de las medidas de reducción a implementar, alineándose con los objetivos aspiracionales globales y facilitando el monitoreo del progreso hacia un crecimiento sostenible de la aviación en el Ecuador.

## 5. ESCENARIO DE LÍNEA BASE

### 5.1 Escenario de Línea Base

El presente acápite establece el Escenario de Línea Base para las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generadas por el sector de la aviación en el Estado ecuatoriano, abarcando el período de estudio comprendido entre los años 2021 y 2024. Este escenario representa la proyección de las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de combustible bajo una condición de "negocio habitual" (business-as-usual), es decir, sin la implementación de nuevas medidas de mitigación adicionales a las ya existentes o planificadas antes de la elaboración de este Plan de Acción. Su propósito fundamental es proporcionar un punto de referencia claro y cuantificable para evaluar la magnitud del desafío de las emisiones, así como para establecer

objetivos de reducción realistas y medir la eficacia de las futuras acciones. Para la construcción de este modelo estadístico y la cuantificación de las emisiones, se empleó la plataforma de cálculo Environmental Benefit Tool (EBT v2.9), herramienta recomendada en el Documento 9988 de la OACI para este propósito. La metodología aplicada para la elaboración de este escenario se alinea estrictamente con las directrices y recomendaciones contenidas en el Documento 9988 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

## 5.2 Elaboración de Línea Base

La construcción de la línea base de emisiones de CO<sub>2</sub> se fundamentó en una metodología robusta, utilizando la Environmental Benefit Tool (EBT), plataforma de cálculo recomendada por la OACI en su Documento 9988 para la estimación de emisiones aeronáuticas. Este análisis abarcó el período comprendido entre los años 2021 y 2024, concentrándose exclusivamente en las operaciones de aeronaves que poseen un Certificado de Operador Aéreo (AOC) ecuatoriano.

Para garantizar la representatividad y fiabilidad de los resultados, la recopilación de datos se focalizó en los vuelos de mayor recurrencia y sus destinos principales. Esta aproximación permitió obtener una muestra que excede el 90% del total de operaciones efectuadas por estas aeronaves en cada año de estudio. La determinación de las distancias de vuelo se basó directamente en la información consignada en los planes de vuelo presentados por las tripulaciones para cada operación. Adicionalmente, se recolectó información detallada sobre la carga de pasajeros y la carga de mercancías transportada en cada vuelo analizado.

Un componente crítico para la cuantificación precisa de las emisiones fue la obtención directa de los volúmenes de combustible Jet A-1 consumidos por las aeronaves con AOC ecuatoriano durante los años de estudio. Esta información fue provista por las principales comercializadoras de combustible de aviación ubicadas estratégicamente en los aeropuertos internacionales de Quito y Guayaquil, lo que asegura una base de datos fundamental para la posterior estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> de acuerdo con los estándares internacionales de la OACI.

## 5.3 Datos Históricos

TABLA 2. Datos históricos Generados de la Información del Estado Ecuatoriano

Year	International RTK ( '000)	International Fuel burn (Tonnes)	Efficiency (Fuel burn/ RTK)
2021	8.657.762.00	6.385.024,80	0.737
2022	38.026.552.00	18.153.106,80	0.477
2023	158.577.000.00	20.763.644,00	0.131
2024	342.132.000.00	24.303.106,80	0.071

## 5.4 Línea Base

La definición de una línea base de emisiones de CO<sub>2</sub> es un paso fundamental para la cuantificación y el seguimiento del impacto ambiental de la aviación civil en Ecuador, permitiendo medir la efectividad de las medidas de mitigación propuestas en este Plan. Para establecer esta línea base, se ha llevado a cabo una exhaustiva recopilación y análisis de datos correspondientes a un período de cuatro años (2021-2024). La información se ha centrado en los vuelos internacionales con origen y/o destino en los principales aeropuertos del país: el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre (SEQM) de Quito y el Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo (SEGU) de Guayaquil.

Los datos tabulados incluyen métricas clave como la distancia volada (kilómetros), la carga transportada (pasajeros y carga) en toneladas, datos que permitió el cálculo de RTK de cada año: se tabuló y el consumo de combustible (Jet A-1) en toneladas de las aeronaves de las aerolíneas que operan estas rutas: Avianca Ecuador, LATAM Ecuador y Aeroregional.

La fiabilidad de esta línea base se sustenta en la consolidación de información proveniente de múltiples fuentes oficiales y del sector privado. Se ha obtenido información vital de la Dirección de

Navegación Aérea y la Dirección de Transporte Aéreo de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), asegurando la precisión en los datos operativos y de tráfico. Adicionalmente, se ha integrado la información sobre el consumo de combustible facilitada por las comercializadoras de combustible ubicadas en los aeropuertos internacionales Mariscal Sucre (SEQM) y José Joaquín de Olmedo (SEGU), garantizando una estimación precisa del Jet A1 utilizado. Este enfoque metodológico asegura una representación sólida y cuantificable del perfil de emisiones de la aviación internacional en Ecuador durante el período de referencia.

Una vez consolidada la línea base de emisiones mediante la recopilación y tabulación exhaustiva de los datos operacionales y de consumo de combustible, toda esta información ha sido meticulosamente cargada en la Herramienta de Beneficios Ambientales (EBT - Environmental Benefit Tool) proporcionada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), también conocida como la Calculadora de Emisiones de Carbono (ICEC). Este proceso se realizó seleccionando el método de cálculo más idóneo y coherente con la naturaleza de los datos disponibles y las funcionalidades que la propia herramienta permitió en su interacción (modelo C). La utilización de la EBTv2.9 de la OACI asegura que los cálculos de las emisiones de CO<sub>2</sub> se realicen bajo una metodología estandarizada y reconocida internacionalmente, proporcionando una estimación precisa y comparable del impacto de la aviación internacional en Ecuador para el período de referencia.

**TABLA 3. Línea base generada en la herramienta EBTv2.9, resultado de los datos ingresados**

Year	International RTK (*000)	International Fuel burn (Tonnes)
2021	8,657,762.00	63,850.25
2022	9,142,596.67	67,425.86
2023	9,654,582.09	71,201.71

2024	10,195,238.68	75,189.01
2025	10,766,172.05	79,399.59
2026	11,369,077.68	83,845.97
2027	12,005,746.03	88,541.34
2028	12,678,067.81	93,499.66
2029	13,388,039.61	98,735.64
2030	14,137,769.83	104,264.83
2031	14,929,484.94	110,103.66
2032	15,765,536.09	116,269.47
2033	16,648,406.12	122,780.56
2034	17,580,716.86	129,656.27
2035	18,565,237.00	136,917.02
2036	19,604,890.27	144,584.37
2037	20,702,764.13	152,681.10
2038	21,862,118.92	161,231.24
2039	23,086,397.58	170,260.19
2040	24,379,235.84	179,794.76
2041	25,744,473.05	189,863.27
2042	27,186,163.54	200,495.61
2043	28,708,588.70	211,723.37
2044	30,316,269.67	223,579.87
2045	32,013,980.77	236,100.35
2046	33,806,763.69	249,321.97
2047	35,699,942.46	263,284.00
2048	37,699,139.24	278,027.90
2049	39,810,291.03	293,597.46
2050	42,039,667.33	310,038.92



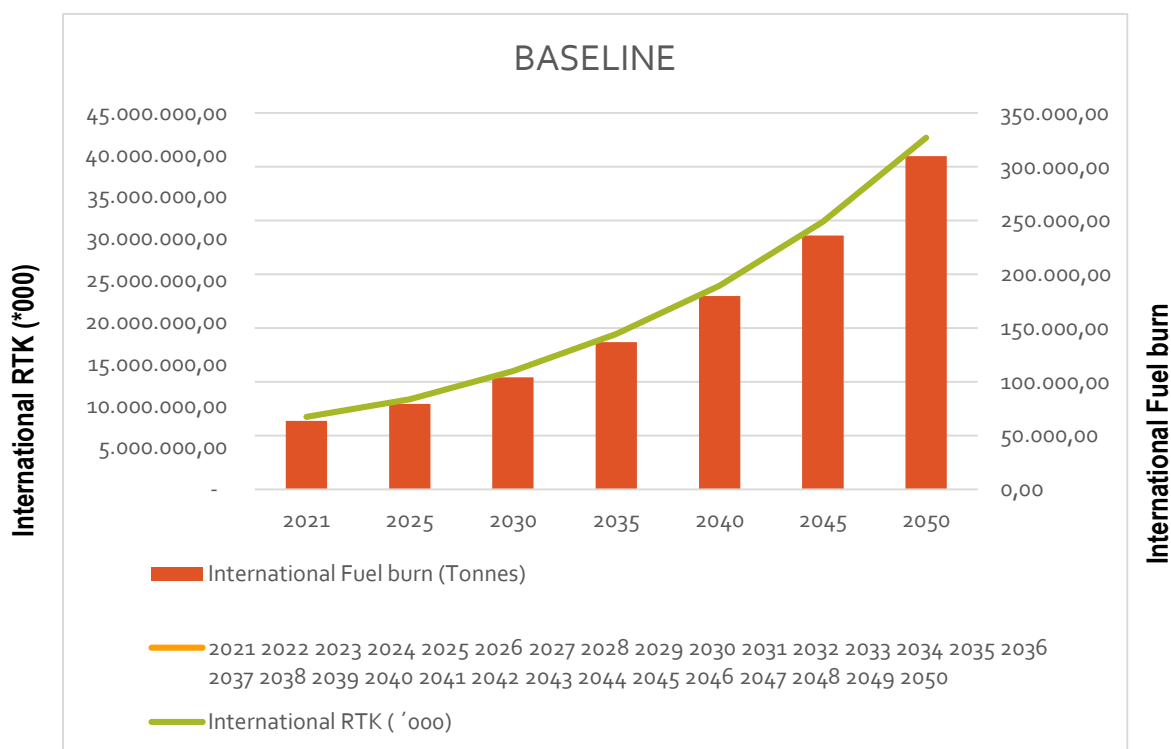


Figura 8. Grafica de crecimiento de consumo de combustible Vs RTK sin medidas de mitigación

## 6. MEDIDAS PARA MITIGAR LAS EMISIONES DE CO2

En línea con el firme compromiso del Ecuador con la sostenibilidad y las metas globales de reducción de emisiones de la aviación civil internacional, la presente sección detalla las medidas estratégicas y operacionales que el Estado ecuatoriano ha implementado y otras que se encuentran en desarrollo. Estas acciones se fundamentan, en su mayoría, en la optimización de la eficiencia operacional del sector, un área donde el Estado ecuatoriano ya ha avanzado significativamente, como lo demuestra la implementación de medidas basadas en la Navegación Basada en la Performance (PBN) para la optimización de rutas aéreas y se encuentra en desarrollo de la implementación de medidas SDR. Asimismo, este Plan integra y consolida las valiosas iniciativas de reducción de emisiones remitidas por las principales compañías aéreas que operan en el país, como Avianca Ecuador, LATAM Ecuador y Aeroregional, cuyas propuestas y experiencias han sido esenciales para robustecer la estrategia nacional. Todas estas medidas, basadas en las directrices de la OACI, buscan optimizar la eficiencia del sector aéreo nacional y contribuir significativamente a la mitigación del impacto ambiental de la aviación.

Para cuantificar el impacto esperado de estas intervenciones, cada una de las medidas de reducción propuestas en este Plan de Acción ha sido modelada y cargada en la Herramienta de Beneficios Ambientales (EBT) de la OACI. Este proceso ha permitido la tabulación y el análisis detallado de los resultados proyectados, demostrando la reducción estimada tanto en el consumo de combustible como en las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas, en coherencia con la metodología de la OACI.

## 6.1 Descripción de las Medidas para Mitigar las Emisiones de CO<sub>2</sub>

TÍTULO	Técnica de la Transición de Rutas Convencionales a Rutas PBN
DESCRIPCIÓN	La Navegación Basada en la Performance (PBN) representa un cambio fundamental en la forma en que las aeronaves navegan. En lugar de depender de radioayudas terrestres específicas (como VOR, NDB) y rutas fijas, la PBN utiliza las capacidades de navegación a bordo de la aeronave para volar a lo largo de trayectorias definidas con precisión. Esto incluye tecnologías como GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y sistemas inerciales.
CATEGORÍA	Mejora operacional
MEDIDA	Mejoras operacionales, rutas más cortas, reducción de consumo de combustible
REDUCION DE USO DE COMBUSTIBLE	Se estima en el cálculo de acuerdo a la data base de este SAP el ahorro de cambio de ruta de convencional a PNB genera un ahorro aproximado de 146.2 ton al año.
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	El Estado ecuatoriano viene implementado las rutas PBN desde el 2000 , sin embargo esta medida no ha sido tomada en cuenta en anteriores SAP.
COSTO ECONÓMICO	La transición a PBN implica una inversión significativa en tecnología, capacitación y rediseño del espacio aéreo.
PARTES QUE INTERVIENEN	Estado/ operadores
DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	La implementación de rutas PBN es un proceso complejo que requiere una inversión significativa y una coordinación multidisciplinaria; como actualización de



	sistemas, calibración y mantenimiento; capacitación al personal.
<b>BENEFICIOS DE LA MEDIDA</b>	Al no depender de la ubicación de las radioayudas terrestres, las rutas PBN pueden diseñarse para ser más directas entre el origen y el destino, reduciendo la distancia total volada. Menor distancia equivale a menor consumo de combustible y, por ende, menores emisiones de CO <sub>2</sub> .
<b>SEGUIMIENTO DE LA MEDIDA</b>	La medida sigue en el futuro, buscando nuevas tecnologías para una mejora continua.

### **Avances del Ecuador en la Optimización del Espacio Aéreo: Implementación de EDE , UPR, SDR, FRA y FRTO como Aportes a la Aviación Sostenible**

En línea con las iniciativas globales y regionales promovidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en el marco del Plan Mundial de Navegación Aérea (GANP), el Ecuador, a través de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), avanza decididamente en la implementación de conceptos estratégicos orientados a la optimización del espacio aéreo y a la sostenibilidad de la aviación. Estos avances se enmarcan en el trabajo colaborativo regional liderado por el Grupo de Estudio e Implantación del Espacio Aéreo SAM (GESEA), y en particular, en el impulso del Enrutamiento Directo Estratégico (SDR), el Espacio Aéreo de Rutas Libres (FRA), y el uso flexible de rutas para optimización del tránsito aéreo (FRTO).

25

#### **Implantación del Enrutamiento Directo Estratégico (SDR) en el UTA Guayaquil**

Como parte de este esfuerzo, se ha implementado el SDR en el Área Superior de Control (UTA) Guayaquil, permitiendo a los operadores aéreos presentar planes de vuelo con trayectorias directas entre puntos de entrada y salida, con el objetivo de lograr mayor eficiencia en las operaciones, optimización del consumo de combustible y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Esta medida, coordinada con los Centros de Control de Área (ACC) de Panamá y Bogotá y respaldada por la Oficina Regional SAM de la OACI y la IATA, representa un paso clave en la evolución hacia un espacio aéreo más flexible y eficiente, en consonancia con los lineamientos del módulo FRTO-0/1 del GANP.

La implantación del SDR en la FIR Guayaquil responde a una década de esfuerzos regionales que han permitido la reestructuración de rutas ATS ineficientes y el diseño de nuevas trayectorias optimizadas, siendo el SDR un puente hacia la futura implementación plena del FRA. El volumen designado para SDR ha sido definido considerando aspectos de seguridad operacional, cobertura de comunicaciones y vigilancia, así como las restricciones publicadas en el AIP del Ecuador.

### Beneficios Operacionales y Ambientales

La implementación del SDR y la progresiva adopción de FRA y FRTTO ofrecen múltiples beneficios:

- Reducción del consumo de combustible al permitir trayectorias más directas y personalizadas.
- Disminución de emisiones contaminantes, particularmente CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.
- Incremento de la eficiencia operacional para operadores aéreos, mediante mayor flexibilidad táctica.
- Mejora en la planificación de vuelo y reducción de tiempos de tránsito en ruta.
- Fortalecimiento de la interoperabilidad regional, alineando las operaciones del Ecuador con sus FIRs adyacentes y la estrategia regional SAM.

Estos resultados están alineados con los objetivos ambientales de la OACI y con el compromiso del Estado ecuatoriano de promover una aviación verde, eficiente y resiliente.

### Compromiso de la DGAC y Perspectivas Futuras

26

La Dirección General de Aviación Civil continúa su participación activa en los foros técnicos regionales, contribuyendo con propuestas y coordinaciones multilaterales. En el marco del GESEA/8 (marzo 2025), el Ecuador reafirmó su compromiso con la implementación del FRTTO y el fortalecimiento de capacidades técnicas para diseñadores PANS-OPS, especialistas ATFM y planificadores de espacio aéreo.

Próximos pasos incluyen:

- Evaluación y ampliación del SDR a otras porciones del FIR Guayaquil.
- Análisis técnico para futura implementación del FRA.
- Capacitación del personal técnico nacional en talleres y cursos promovidos por la Oficina SAM de la OACI.
- Consolidación de la red de rutas optimizadas mediante la actualización de Cartas de Acuerdo ATS y la armonización de procedimientos.

Con estas acciones, el Ecuador avanza firmemente hacia un espacio aéreo más sostenible, moderno y seguro, reafirmando el rol estratégico de la DGAC en el desarrollo de la aviación civil en la región.

**Nota:** la cuantificación de reducción del consumo de combustible en esta medida se realizará en la actualización de SAP, cuando haya una recopilación de data.

TÍTULO	Optimización de Combustible
DESCRIPCIÓN	De acuerdo a las condiciones meteorológicas y probabilidades de desvío, se planea el alterno más cercano.
CATEGORÍA	Mejoras operacionales
MEDIDA	Mejora de rendimiento de combustible en la definición de aeropuerto alterno
REDUCION DE USO DE COMBUSTIBLE	Se optimiza la carga de combustible para cada vuelo, el combustible al alterno de Taxi Out en aproximadamente 100 kgs, lo cual se traduce en un menos consumo y reducción en las emisiones de CO2
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	Desde 2020
COSTO ECONÓMICO	los ahorros por cargar un menor combustible, se realiza de acuerdo a la recomendación de industria de "Weight Factor" en la combinación ruta flota. Los Costos en los cuales la compañía incurre son las inversiones hechas para el uso de un sistema de planeamiento robusto en la actualidad es Jetplanner, adicional compra de software de análisis estadísticos como Power BI Pro y Skywise.
PARTES QUE INTERVIENEN	Operadores aéreos
DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	Inconvenientes con el suministro de combustible en el Aeropuerto de Manta, lo cual no permite que lo utilicemos como nuestro alterno más conveniente en los vuelos a Guayaquil.
BENEFICIOS DE LA MEDIDA	Menor consumo y reducción de emisiones de CO2
SEGUIMIENTO DE LA MEDIDA	Medida incorporada para seguir en el futuro.



TÍTULO	Rodaje con un solo motor
DESCRIPCIÓN	En pistas donde la distancia es extensa entre la puerta de embarque o desembarque y la pista, se hace el carreteo del avión con un sólo motor. Cuando el avión sale del aeropuerto la estrategia se denomina Single Engine Taxi Out y cuando el avión llega al aeropuerto se denomina Single Engine Taxi In, los ahorros se originan de acuerdo a la cantidad de minutos que efectivamente la aeronave taxeo con un solo motor prendido.
CATEGORÍA	Mejora Operacionales
MEDIDA	Medida para reducir el consumo de combustible en procedimientos de taxeo
REDUCION DE USO DE COMBUSTIBLE	280000 kg/año.
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	No se registra en el informe (vigente)
COSTO ECONÓMICO	Costo de entrenamiento y capacitación para pilotos, así como análisis estadísticos del indicador
PARTES QUE INTERVIENEN	Pilotos, estándares de vuelo y equipo Fuel Efficiency
DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	Imposibilidad de adherir por pendientes de las pistas o dificultad en aeropuertos de menor tamaño
BENEFICIOS DE LA MEDIDA	Reducción de consumo y emisión de CO2
SEGUIMIENTO DE LA MEDIDA	Medida que seguirá implementándose a futuro

TÍTULO	Altura de Estabilización
DESCRIPCIÓN	Reducir la altura a la que se realiza la configuración de estabilización durante la aproximación permite minimizar el tiempo en que la aeronave vuela con configuración de alto arrastre. Esto contribuye a evitar el consumo adicional de combustible asociado al aumento del drag. Al anticipar esta configuración a una altitud más baja, se optimiza el perfil de descenso y se mejora la eficiencia general del tramo final del vuelo.
CATEGORÍA	Mejoras Operacionales



MEDIDA	Medida para reducción de uso de combustible
REDUCION DE USO DE COMBUSTIBLE	70000kg/año
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	No se registra en el informe (vigente)
COSTO ECONÓMICO	Costos de entrenamiento y capacitación para pilotos, así como análisis estadísticos del indicador
PARTES QUE INTERVIENEN	Pilotos, Estándares de Vuelo y Equipo Fuel Efficiency
DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	Seguridad de la maniobra
BENEFICIOS DE LA MEDIDA	Reducción consumo y emisión CO2
SEGUMIENTO DE LA MEDIDA	Medida seguirá implementándose a futuro

TITULO	One Engine Taxi In
DESCRIPCIÓN	Realizar el rodaje hacia el gate luego del aterrizaje utilizando solo uno de los motores en funcionamiento
CATEGORÍA	Mejoras operacionales
MEDIDA	Medida para reducción de consumo de combustible
REDUCION DE USO DE COMBUSTIBLE	280000 kg/año
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	No se registra en el informe (vigente)
COSTO ECONÓMICO	capacitación para pilotos, así como análisis estadísticos del indicador
PARTES QUE INTERVIENEN	Pilotos, Estándares de Vuelo y Equipo Fuel Efficiency
DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	No se registran
BENEFICIOS DE LA MEDIDA	Reducción consumo y emisión CO2
SEGUMIENTO DE LA MEDIDA	Medida seguirá implementándose a futuro

TITULO	Single Engine Taxi Without APU OUT
DESCRIPCIÓN	Consiste en realizar el rodaje hacia la pista de despegue utilizando únicamente uno de los motores y sin encender APU (Unidad de Potencia Auxiliar)
CATEGORÍA	Mejoras Operacionales
MEDIDA	Medida para reducción de consumo de combustible
REDUCION DE USO DE COMBUSTIBLE	30000kg/año
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	No se registra en el informe (vigente)
COSTO ECONÓMICO	Capacitación para pilotos, así como análisis estadísticos del indicador
PARTES QUE INTERVIENEN	Pilotos, Estándares de Vuelo y Equipo Fuel Efficiency
DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	Imposibilidad de adherir por pendientes de las pistas o dificultad en aeropuertos de menor tamaño
BENEFICIOS DE LA MEDIDA	Reducción consumo y emisión CO2
SEGUIMIENTO DE LA MEDIDA	Medida seguirá implementándose a futuro

30

TITULO	Single Engine Taxi Without APU IN
DESCRIPCIÓN	Consiste en realizar el rodaje hacia el gate luego del aterrizaje utilizando únicamente uno de los motores y sin encender APU (Unidad de Potencia Auxiliar)
CATEGORÍA	Mejoras Operacionales
MEDIDA	Medida para reducción de consumo de combustible
REDUCION DE USO DE COMBUSTIBLE	79000 Kg/año.
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	( cuando se obtenga beneficio de las medidas)
COSTO ECONÓMICO	Costos de entrenamiento y capacitación para pilotos, así como análisis estadísticos del indicador
PARTES QUE INTERVIENEN	Pilotos, Estándares de Vuelo y Equipo Fuel Efficiency



DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	No registra dificultades en el informe.
BENEFICIOS DE LA MEDIDA	Reducción consumo y emisión CO2
SEGUIMIENTO DE LA MEDIDA	Medida seguirá implementándose a futuro

TITULO	Partial Flaps
DESCRIPCIÓN	Consiste en seleccionar una configuración de flaps menor a la máxima disponible durante la fase de aterrizaje, cuando las condiciones operacionales lo permiten (peso, longitud de pista, meteorología). Esta práctica reduce el arrastre aerodinámico (drag) durante la aproximación final, disminuyendo así el consumo de combustible y el ruido. Además, puede contribuir a una menor carga estructural sobre los sistemas de high-lift y una reducción del desgaste de frenos gracias al mayor efecto de frenado aerodinámico residual
CATEGORÍA	Mejoras operacionales
MEDIDA	Medida para reducción de consumo de combustible
REDUCION DE USO DE COMBUSTIBLE	40000kg/año.
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	No se registra la fecha de inicio (vigente)
COSTO ECONÓMICO	Costos de entrenamiento y capacitación para pilotos, así como análisis estadísticos del indicador
PARTES QUE INTERVIENEN	Pilotos, Estándares de Vuelo y Equipo Fuel Efficiency
DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	Imposibilidad de adherir a la iniciativa por viento de cola y condiciones de la pista
BENEFICIOS DE LA MEDIDA	Reducción consumo y emisión CO2
SEGUIMIENTO DE LA MEDIDA	Medida seguirá implementándose a futuro





TITULO	Idle Reverse
DESCRIPCIÓN	Consiste en utilizar únicamente el ajuste mínimo de reversa (idle reverse) durante la fase de aterrizaje, limitando el uso de empuje inverso a su nivel más bajo. Esta práctica es aplicable cuando las condiciones de pista, meteorología y peso de aterrizaje permiten una desaceleración segura sin necesidad de mayor potencia de reversa. Su implementación reduce significativamente el consumo de combustible, el desgaste de los motores y la exposición a FOD (Foreign Object Damage), además de minimizar la contaminación acústica en el entorno aeroportuario.
CATEGORÍA	Mejoras Operacionales
MEDIDA	Medida para reducción de consumo de combustible
REDUCCION DE USO DE COMBUSTIBLE	280000kg/año.
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	No registrado (vigente)
COSTO ECONÓMICO	Costos de entrenamiento y capacitación para pilotos, así como análisis estadísticos del indicador
PARTES QUE INTERVIENEN	Pilotos, Estándares de Vuelo y Equipo Fuel Efficiency
DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	Pilotos, Estándares de Vuelo y Equipo Fuel Efficiency
BENEFICIOS DE LA MEDIDA	Reducción consumo y emisión CO2
SEGUIMIENTO DE LA MEDIDA	Medida seguirá implementándose a futuro

TITULO	Climb Cost Index 0
DESCRIPCIÓN	Consiste en ejecutar el ascenso con un Cost Index igual a 0, lo que implica priorizar la eficiencia de combustible sobre el tiempo. Al utilizar CI 0 durante esta fase, se optimiza el perfil de ascenso minimizando el consumo, sin afectar la seguridad ni la planificación operativa
CATEGORÍA	Mejoras Operacionales
MEDIDA	Medida para reducción de consumo de combustible





REDUCION DE USO DE COMBUSTIBLE	100000 kg/año
FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	No registrada (vigente)
COSTO ECONÓMICO	Costos de entrenamiento y capacitación para pilotos, así como análisis estadísticos del indicador
PARTES QUE INTERVIENEN	Pilotos, Estándares de Vuelo y Equipo Fuel Efficiency
DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN	Imposibilidad de adherir a la iniciativa por viento de cola y condiciones de la pista
BENEFICIOS DE LA MEDIDA	Reducción consumo y emisión CO2
SEGUIMIENTO DE LA MEDIDA	Medida seguirá implementándose a futuro

## 7. RESULTADOS PREVISTOS

### 7.1 Resultados Previstos

33

La implementación de las medidas de mitigación descritas en este Plan de Acción, en línea con los objetivos y directrices de la OACI, proyecta una reducción significativa en las emisiones de CO2 del sector de la aviación civil ecuatoriana. De acuerdo con las estimaciones detalladas en la Tabla 4 y 5 se espera que las emisiones totales de CO2 con la aplicación de las medidas disminuyan progresivamente. Específicamente, se visualiza una reducción de las emisiones de - 7.45 % de CO2 para el año 2024. Adicional, el resultado proyectado demuestra el compromiso del Estado ecuatoriano con el desarrollo de una aviación más sostenible y su contribución a los esfuerzos globales para combatir el cambio climático. La eficacia de estas medidas será monitoreada y evaluada continuamente para asegurar el cumplimiento de las metas establecidas y la adaptación a nuevas tecnologías y mejores prácticas.

Además, el Estado ecuatoriano, a través de la Dirección General de Aviación Civil, impulsará activamente la viabilidad y eventual implementación de una política de uso de combustible de aviación sostenible (SAF). La consolidación de esta política requerirá la coordinación y colaboración estrecha con otras entidades estatales e industriales, reconociendo la naturaleza intersectorial de esta iniciativa.

## 7.2 Resultados con Aplicación de Medidas de Reducción (Disminución de Emisiones de CO<sub>2</sub>)

**TABLA 4. Tabla de Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub>, Implementado Medidas de Mitigación**

Annual CO <sub>2</sub> emissions <u>before</u> implementation of mitigation actions (Tonnes)	Annual CO <sub>2</sub> emissions <u>after</u> implementation of mitigation actions (Tonnes)	Annual CO <sub>2</sub> savings (Tonnes)	Change CO <sub>2</sub> savings (%)
201.766,78	185.037,57	16.729,21	-8,29
213.065,72	196.242,86	16.822,86	-7,9
224.997,40	207.437,18	17.560,22	-7,8
237.597,26	219.902,68	17.694,58	-7,45
250.902,71	233.047,14	17.855,57	-7,12
264.953,26	246.904,74	18.048,52	-6,81
279.790,64	261.510,82	18.279,81	-6,53
295.458,91	276.901,79	18.577,12	-6,28
312.004,61	293.114,98	18.889,64	-6,05
329.476,87	310.188,47	19.288,40	-5,85
347.927,58	328.786,13	19.141,44	-5,5
367.411,52	347.696,45	19.715,07	-5,37
387.986,57	367.583,41	20.403,16	-5,26
409.713,81	388.485,24	21.288,57	-5,18
432.657,79	410.439,00	22.218,79	-5,14
456.886,62	433.479,86	23.406,76	-5,12
482.472,28	457.640,25	24.832,03	-5,15
509.490,72	482.948,68	26.542,04	-5,21
538.022,20	509.428,45	28.593,76	-5,31
568.151,45	537.095,95	31.055,50	-5,47
599.967,93	565.958,67	34.099,26	-5,67
633.566,13	596.012,68	37.553,45	-5,93
669.045,83	627.239,69	41.806,14	-6,25
706.512,40	659.603,36	46.909,04	-6,64
746.077,10	693.044,94	53.032,16	-7,11
787.857,41	727.477,86	60.379,55	-7,66
831.977,43	762.781,37	69.196,06	-8,32
878.568,16	798.792,66	79.755,50	-9,08
927.767,98	835.297,53	92.470,45	-9,97
979.722,99	872.018,97	107.704,01	-10,99

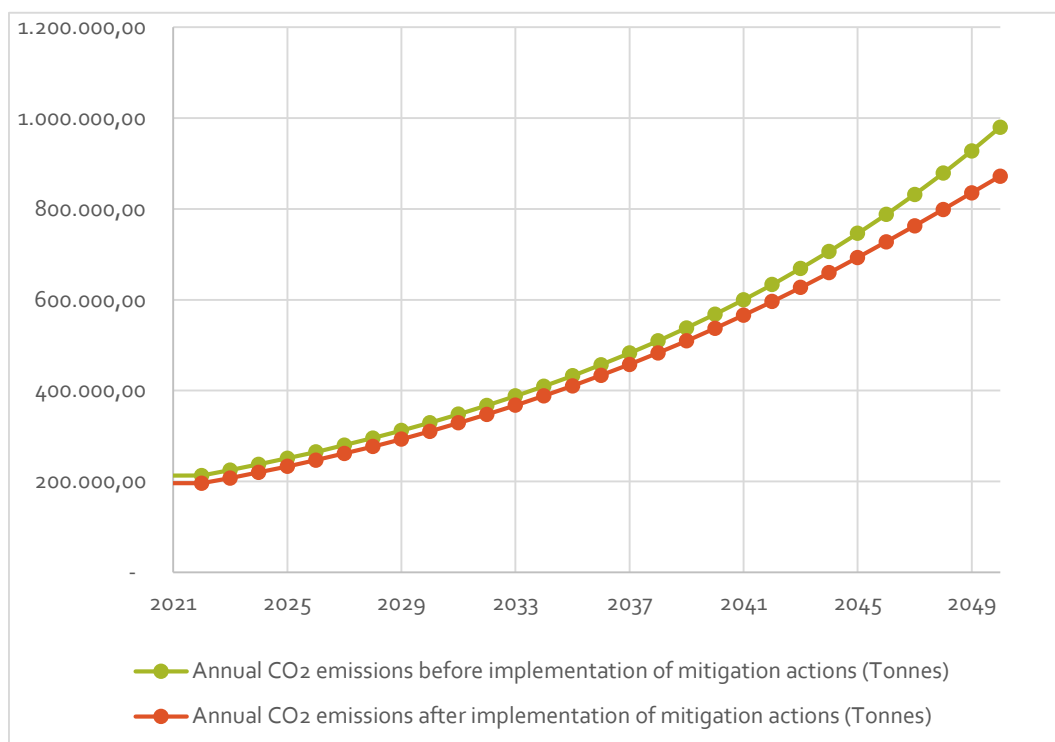


Figura 8. Gráfica de emisiones de CO2 antes y después de las medidas de mitigación

35

### 7. 3 Resultados con Aplicación de Medidas de Reducción (Ahorro de Combustible)

TABLA 5. Tabla de Reducción de Emisiones de CO2, Implementado Medidas de Mitigación

EXPECTED RESULTS : FUEL SAVINGS					
Year	Annual Fuel burn before implementation of mitigation actions (Tonnes)	Annual Fuel burn after implementation of mitigation actions (Tonnes)	Annual savings (Tonnes)	Change savings (%)	Fuel
2021	63,850.25	58,556.19	5,294.06	-8.29	
2022	67,425.86	62,102.17	5,323.69	-7.90	
2023	71,201.71	65,644.68	5,557.03	-7.80	
2024	75,189.01	69,589.46	5,599.55	-7.45	
2025	79,399.59	73,749.09	5,650.50	-7.12	
2026 (año futuro)	83,845.97	78,134.41	5,711.56	-6.81	
2027 (año futuro)	88,541.34	82,756.59	5,784.75	-6.53	

2028 (año futuro)	93,499.66	87,627.15	5,872.51	-6.28	
2029 (año futuro)	98,735.64	92,757.90	5,977.73	-6.05	
2030 (año futuro)	104,264.83	98,160.91	6,103.92	-5.85	
2040 (año futuro)	179,794.76	169,967.07	9,827.69	-5.47	
2050 (año futuro)	310,038.92	275,955.37	34,083.55	-10.99	

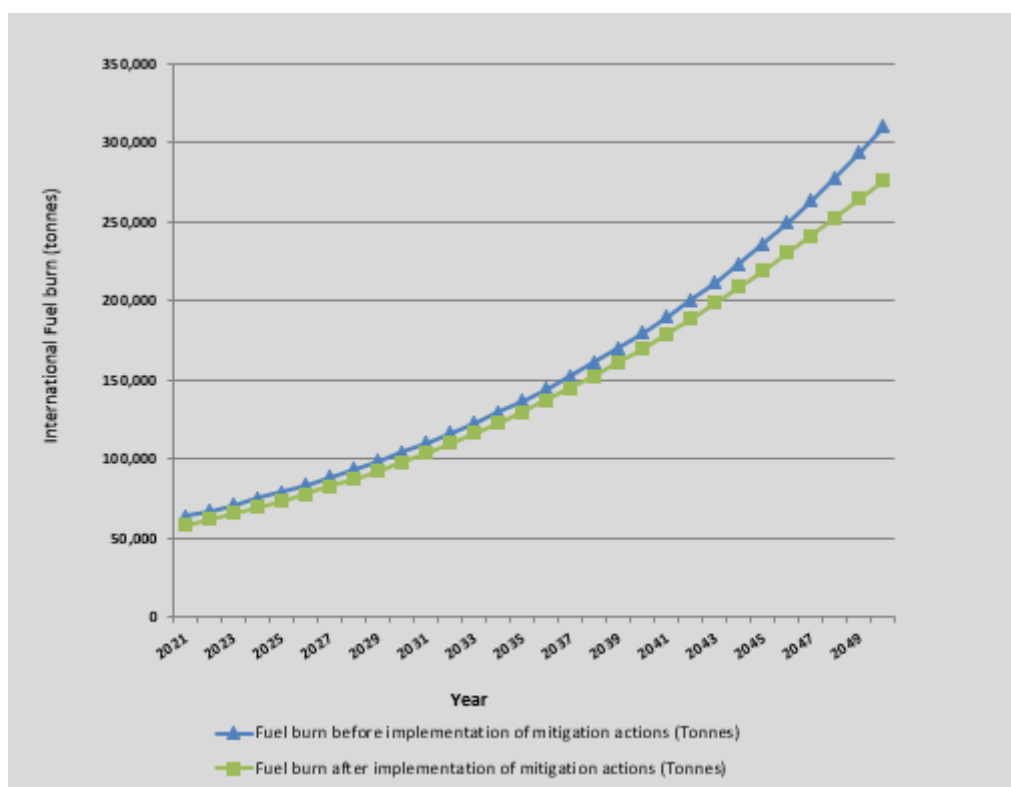


Figura 9. Grafica de consumo de combustible antes y después de las medidas de mitigación

## 8. NECESIDADES DE ASISTENCIA

La implementación de un Plan de Acción ambicioso y efectivo para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la aviación requiere de un enfoque integral que abarque no solo las mejoras operacionales y tecnológicas, sino también el desarrollo de nuevas capacidades y marcos políticos. El Estado ecuatoriano ha demostrado un compromiso proactivo con la eficiencia operacional, evidenciado por la exitosa implementación de medidas de Navegación Basada en la Performance (PBN) para la optimización de rutas aéreas y el desarrollo en curso de procedimientos de SDR.

Sin embargo, para alcanzar los objetivos de descarbonización a largo plazo de la aviación civil internacional, y en consonancia con el enfoque promovido por la OACI en el Documento 9988, se identifican áreas críticas donde el Estado ecuatoriano requiere de asistencia internacional. Actualmente, los avances en el ámbito de los Combustibles de Aviación Sostenibles (SAF) iniciando desde el establecimiento de una política de estado y comprensiva para la descarbonización del sector aéreo, presentan desafíos significativos.

En este contexto, el Estado ecuatoriano busca la colaboración y el apoyo técnico de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y sus programas de asistencia, específicamente en las siguientes áreas prioritarias:

1. **Desarrollo de un Marco Político y Regulatorio Nacional para la Descarbonización:** Asesoramiento técnico para el diseño e implementación de una política nacional de aviación sostenible a largo plazo. Esto incluye la integración de objetivos de descarbonización en la planificación nacional y el establecimiento de mecanismos de incentivos que fomenten la inversión en tecnologías de bajas emisiones y combustibles alternativos.
2. **Fomento y Desarrollo de Combustibles de Aviación Sostenibles (SAF):** Asistencia para la realización de estudios de viabilidad sobre el potencial de producción local de SAF, el desarrollo de una hoja de ruta nacional para su implementación y uso, y la facilitación de alianzas estratégicas para acceder a la tecnología y la inversión necesarias en la cadena de suministro de SAF. Se requiere capacitación especializada en la producción, certificación y comercialización de estos combustibles.
3. **Capacitación y Creación de Capacidades Avanzadas:** Acceso a programas de formación y talleres especializados para el personal técnico y regulatorio de la DGAC y otros organismos relevantes, con el fin de fortalecer el conocimiento en tecnologías emergentes, metodologías de cuantificación avanzadas y el desarrollo de políticas en materia de descarbonización.
4. **Acceso a Financiamiento y Mecanismos de Apoyo Internacional:** Asesoramiento y apoyo en la identificación y el acceso a fuentes de financiación climática internacionales, así como en la estructuración de proyectos que atraigan inversiones en áreas de alta intensidad de capital, como la modernización de flotas con aeronaves más eficientes o el desarrollo de infraestructura para SAF.

La asistencia de la OACI en estas áreas permitirá a Ecuador diversificar sus estrategias de mitigación de emisiones, superar las barreras actuales y asegurar un crecimiento sostenible y ambientalmente responsable de su sector de aviación, contribuyendo eficazmente a los objetivos globales de descarbonización.

## 9. ABREVIATURAS

- **ANSP:** Proveedor de Servicios de Navegación Aérea (Air Navigation Service Provider)
- **APU:** Unidad de Potencia Auxiliar (Auxiliary Power Unit)
- **ATS:** Servicios de Tránsito Aéreo (Air Traffic Services)
- **CCO:** Ascenso Continuo Optimizado (Continuous Climb Operations)
- **CDO:** Descenso Continuo Optimizado (Continuous Descent Operations)
- **CO2:** Dióxido de Carbono
- **CORSIA:** Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (Esquema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional)
- **DGAC:** Dirección General de Aviación Civil
- **FOD:** Daños por Objetos Extraños (Foreign Object Debris)
- **GEI:** Gases de Efecto Invernadero
- **HFC:** Hidrofluorocarbonos
- **IPCC:** Panel Intergubernamental del Cambio Climático
- **ISO:** Organización Internacional de Normalización
- **LTAG:** Long-Term Aspirational Goal (Meta Aspiracional a Largo Plazo)
- **MAATE:** Ministerio del Ambiente del Ecuador (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica)
- **MIES:** Ministerio de Inclusión Económica y Social
- **MRV:** Monitoreo, Reporte y Verificación
- **NDC:** Contribución Determinada a Nivel Nacional (Nationally Determined Contribution)
- **NOx:** Óxidos de Nitrógeno
- **OACI:** Organización de Aviación Civil Internacional
- **PEE:** Plan de Eficiencia Energética
- **PFC:** Perfluorocarbonos
- **PM:** Material Particulado
- **PMOT:** Plan Maestro de Operaciones y Mantenimiento
- **PNUD:** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- **RTK:** Tonelada-kilómetro remunerada (Revenue Tonne-Kilometre)
- **SAF:** Combustibles de Aviación Sostenibles (Sustainable Aviation Fuels)
- **SAP:** State Action Plan (Plan de Acción Estatal / Plan de Acción del Estado)
- **SDR:** Strategic Direct Routing (Enrutamiento Directo Estratégico)
- **SF6:** Hexafluoruro de Azufre
- **SGAS:** Sistema de Gestión Ambiental Sostenible
- **SGC:** Sistema de Gestión de Calidad
- **SIGMA:** Sistema Integral de Gestión Ambiental
- **SOx:** Óxidos de Azufre
- **UNFCCC:** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (United Nations Framework Convention on Climate Change)
- **UTA:** Upper Control Area (Área de Control Superior)
- **ZFW:** Zero Fuel Weight (Peso sin Combustible)

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Barros, J. G., & Troncoso, A. Y. (2010). *Atlas climatológico del Ecuador* [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional]. Quito, Ecuador.
- Cañadas, C. L. (1983). *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Editores Asociados Cia., Ltda. Quito, Ecuador.
- Cedeño, J., & Donoso, M. C. (2010). *Atlas pluviométrico del Ecuador*. Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 21, 1–86. Guayaquil, Ecuador.
- Duellman, W. E. (1979). *The South American herpetofauna: It's origin, evolution, and dispersal*. Museum of Natural History, The University of Kansas, 7, 1–485. Lawrence, Kansas, USA.
- Espinoza, J. A. (1996). El Niño y sus implicaciones sobre el medio ambiente. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR. Guayaquil, Ecuador.
- Higmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965–1978.
- Lynch, J. D., & Duellman, W. E. (1980). *The Eleutherodactylus of the Amazonian slopes of the ecuadorian Andes (Anura: Leptodactylidae)*. The University of Kansas, 69, 1–86. Lawrence, Kansas, USA.
- Lynch, J. D., & Duellman, W. E. (1997). *Frogs of the Eleutherodactylus (Leptodactylidae) in western Ecuador: systematics, ecology and biogeography*. The University of Kansas, 23, 1–236. Lawrence, Kansas, USA.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). *Sistema de Clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito, Ecuador.
- Neill, D. A. (1999). Geography. En P. M. Jørgensen & S. León-Yáñez (Eds.), *Catalogue of the vascular plants of Ecuador* (pp. 2-5). Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: i-viii, 1–1182.
- Neill, D. A., & Jørgensen, P. M. (1999). [Capítulo o sección sin título]. En P. M. Jørgensen & S. León-Yáñez (Eds.), *Catalogue of the vascular plants of Ecuador* (pp. 8-13). Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: i-viii, 1–1182.
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (2024). *Orientación sobre la elaboración de planes de acción de los Estados para actividades de reducción de las emisiones de CO2* (Doc 9988). Autor.
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (s.f.). *EBTv2.9 Tool* Herramienta de software.
- Pourrut, P. (1983). *Los Climas del Ecuador – Fundamentos explicativos*. Orstom. Quito, Ecuador.
- Savage, J. M. (2002). The amphibians and reptiles of Costa Rica: A herpetofauna between two continents, between two seas. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Schneider, T. (2006). The general circulation of the atmosphere. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 34, 655–688.