

HOJA DE RUTA HACIA CARBONO CERO NETO



PHX DVT 6YR
FUTURE FRIENDLY: AVIATION SUSTAINABILITY

CARTA DEL DIRECTOR

En los últimos años, hemos visto retos cada vez mayores relacionados con sucesos climáticos extremos, escasez de combustibles y problemas de seguridad energética; esto revela que una transición a un sistema energético cero neto en emisiones de carbono es ahora más importante que nunca. En todo el mundo, un enorme número de empresas y gobiernos han reconocido que tienen la responsabilidad de revisar sus aportaciones al cambio climático. Además, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC [en inglés]) estableció una ambiciosa meta para lograr el cero neto en emisiones de carbono para el año 2050.

La industria aeronáutica es líder mundial en brindar transporte seguro y eficiente. Sin embargo, solamente nuestra industria es responsable de aproximadamente 2.5% de las emisiones globales de carbono —estadística significativa si consideramos que casi el 80% de la población mundial nunca ha viajado en avión. Así, nuestra industria asume con seriedad su responsabilidad de asegurar un medio ambiente limpio, saludable, equitativo y sustentable. Conforme a las metas fijadas por la UNFCCC, el Consejo Internacional de Aeropuertos desarrolló un programa de reducción de carbono a largo plazo para aeropuertos para eliminar las emisiones de carbono controladas por aeropuertos y trabajar con los usuarios y partes relacionadas con aeropuertos para reducir sus emisiones de carbono en las operaciones aeroportuarias.



Al ser la puerta de entrada a la comunidad del área conurbada de Phoenix, en el Departamento de Aviación de la Ciudad de Phoenix estamos comprometidos a contribuir para lograr el cero neto en emisiones de carbono. Tal como lo describe nuestro Plan de Gestión de Sustentabilidad publicado en skyharbor.com, nos enorgullece haber cumplido muchas acciones destacadas de sustentabilidad y seguiremos centrándonos en futuras iniciativas amigables que impulsen resultados significativos y reduzcan nuestra huella.

Con esta Hoja de ruta hacia carbono cero neto, el Departamento de Aviación seguirá liderando con base en nuestros compromisos para lograr el cero neto en emisiones de carbono en 2040 – dentro de 18 años solamente, y una década antes que las metas globales y de la industria. Representa una senda decidida hacia un sistema energético limpio, eficiente y resiliente que priorice los recursos energéticos renovables por encima de los combustibles fósiles. Nuestro compromiso exige que todos pongamos manos a la obra – desde el personal aeroportuario y socios comerciales hasta nuestros estimados pasajeros y la comunidad vecina. Solicitamos y apreciamos su compromiso en este serio proceso.

Esta Hoja de ruta es un plan audaz y visionario y debería considerarse como un documento en evolución ya que algunas de las tecnologías necesarias para descarbonizar por completo a nuestra industria todavía son incipientes. Por lo tanto, nos comprometemos a actualizar periódicamente esta Hoja de ruta para celebrar nuestros éxitos, destacar retos imprevistos y mostrar innovaciones.

Planeamos utilizar este documento como una visión fundamental unificadora para todas las actividades futuras de descarbonización y para exhortar a las partes interesadas del aeropuerto a que hagan lo mismo.

Es necesario cambiar. Y con el cambio, llega la oportunidad. Esta Hoja de ruta es un llamado a la acción que convierte al Departamento de Aviación de Phoenix en un líder en la industria aeroportuaria. Espero trabajar con cada uno de ustedes en nuestro recorrido hacia el Carbono Cero Neto.

RECONOCIMIENTOS

Esta Hoja de Ruta hacia Carbono Cero Neto ha sido posible gracias a las aportaciones de muchas personas dedicadas.

MIEMBROS DE LA UNIDAD ESPECIAL

Chad Makovsky, Director de Servicios de Aviación
Sarah Demory, Subdirectora de Aviación
Jay DeWitt, Subdirector Suplente de Aviación
Ben Armour, Tecnología
Prasan DeSilva, Director Suplente de Aviación, Negocios y Bienes
Ed Faron, Gerente del Aeropuerto de Deer Valley
Jordan Feld, Director Suplente de Aviación, Planeación y Medio Ambiente
Rebecca Godley, Planeación y Medio Ambiente
Richard Graham, Negocios y Bienes
Bradley Hagen, Gerente del Aeropuerto de Goodyear
Ward Helm, Servicios de Diseño y Construcción
Candace Huff, Directora Suplente de Aviación, Servicios de Diseño y Construcción
Michael Hughes, Director Suplente de Aviación, Contratos y Servicios
Laura Jardieanu, Planeación y Medio Ambiente
Pawan Khera, Director Suplente de Aviación en Turno, Gestión Financiera
Shawna Larson, Directora Suplente de Aviación, Seguridad Pública
Daver Malik, Subdirector de Informática, Tecnología
Rebecca McCarthy, Negocios y Bienes
Michael McKelvey, Seguridad Pública
Sarah Moratto, Contratos y Servicios
Michael O'Shaughnessy, Director Suplente de Aviación, Operaciones
Ramil Rivera, Seguridad Pública
Roland Rivers, Seguridad Pública
Julie Rodriguez, Directora Suplente de Aviación, Relaciones Públicas
Heather Shelbrack, Relaciones Públicas

EQUIPO PRINCIPAL

Cynthia Parker, Coordinadora de Sustentabilidad
Knut Herrmann, Ingeniero en Gestión Energética
Alice Bimrose, Administradora Proyectos Especiales
Sarah Demory, Subdirectora de Aviación
Gabriel Nevarez, Director Suplente de Aviación, Instalaciones y Servicios

EQUIPO CONSULTOR

Andrew Whiteman, Asociado, Cadmus
Geoff Morrison, Principal, Cadmus
Chad Laurent, Principal, Cadmus
Emily Miller, Asociado Senior, Cadmus
Bridget Gilmore, Analista Senior, Cadmus
Zack Wyman, Analista, Cadmus
Jinelle Crosser, Especialista en Sustentabilidad, Gresham Smith

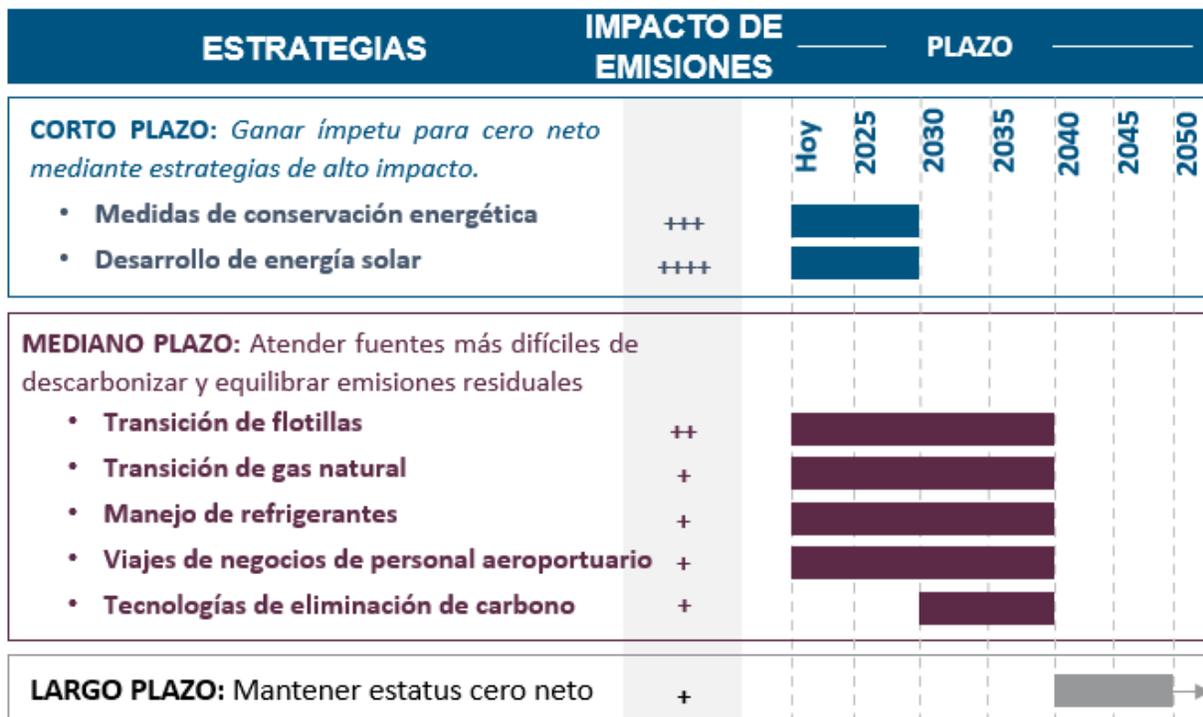
Queremos reconocer a la Oficina de Programas Ambientales y Sustentabilidad de la Ciudad de Phoenix así como a la oficina del Administrador de la Ciudad. Este plan no habría sido posible sin su apoyo y aportaciones.

Para cualquier pregunta, no dude en contactarnos <https://comments.skyharbor.com/hc/en-us>.

RESUMEN EJECUTIVO

Esta Hoja de Ruta hacia Carbono Cero Neto (la **Hoja de Ruta**) fue desarrollada para el Departamento de Aviación de la Ciudad de Phoenix (Ciudad), con el fin de alcanzar la ambiciosa meta de cero neto en emisiones de carbono (v.g., gases de efecto invernadero) para el 2040. La Hoja de ruta se basa en décadas de esfuerzos de protección climática por parte del Departamento de Aviación de la Ciudad, como reconocido líder en la industria aeronáutica. Desde 2010 como año base, el Departamento de Aviación ha reducido las emisiones anuales de carbono en un 34% mediante medidas de conservación energética (ECM) y desarrollo de energía renovable (v.g., solar) in situ, entre otras iniciativas. Para lograr el cero neto en emisiones de carbono, el Departamento de Aviación buscará reducir casi 70,000 toneladas métricas (TM) de emisiones de carbono en la medida de lo posible antes implementar tecnologías de eliminación de carbono para justificar las emisiones residuales.

Esta Hoja de ruta identifica las estrategias a corto, mediano y largo plazo para que el Departamento de Aviación alcance esta meta. Como la electricidad representa casi el 90% de las emisiones del Departamento de Aviación, la estrategia más importante es el desarrollo de un sistema de energía libre de carbono a corto plazo. La Hoja de ruta exige reducir la demanda de electricidad implementando ECM de alto impacto, desarrollando energía solar in situ adicional y financiando la energía renovable. Para el año 2040, la Hoja de ruta identifica atender las fuentes de emisión más difíciles de descarbonizar, tales como vehículos de flotilla propiedad del aeropuerto, gas natural utilizado en edificios, refrigerantes y viajes de negocios del personal del aeropuerto, antes de proseguir con tecnologías de eliminación de carbono para emisiones residuales. La Hoja de ruta incluye entonces, mantener a largo plazo el estado de carbono cero neto para asegurar un enfoque sostenido. Como las emisiones son generadas también por terceros (v.g., arrendatarios) que están fuera del control directo del Departamento de Aviación, la hoja de ruta identifica estrategias para desarrollar alianzas relacionadas de iniciativas para la reducción de emisiones.



Estrategias para carbono cero neto

ÍNDICE

| | |
|---|------------|
| CARTA DEL DIRECTOR | I |
| RECONOCIMIENTOS | II |
| RESUMEN EJECUTIVO | III |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| VISIÓN DE LA HOJA DE RUTA | 2 |
| RETOS | 3 |
| NUESTRA SoluCiÓN | 3 |
| PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA HOJA DE RUTA | 4 |
| UNIDAD ESPECIAL | 4 |
| GRUPOS DE ENFOQUE | 4 |
| HERRAMIENTA ANALÍTICA | 4 |
| EMISIONES INICIALES DE REFERENCIA | 6 |
| INVENTARIO DE REFERENCIA..... | 6 |
| INVENTARIO DE AVANCES | 7 |
| RUTA AL CARBONO CERO NETO | 8 |
| ESTRATEGIAS PARA CARBONO CERO NETO | 10 |
| CORTO PLAZO (2022-2030)..... | 11 |
| MEDIANO PLAZO (HASTA 2040) | 13 |
| LARGO PLAZO (DE 2040-EN ADELANTE) | 15 |
| MONITOREO | 16 |
| APÉNDICE A. DETALLES DE MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES | 1 |
| APÉNDICE B. PLAN DE ALIANZAS DE PARTES INTERESADAS | 1 |
| APÉNDICE C. OPCIONES DE FINANCIAMIENTO | 1 |
| APÉNDICE D. DETALLES SOBRE FUENTES DE EMISIONES | 1 |
| REFERENCIAS | 1 |

INTRODUCCIÓN

El informe más reciente del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático demostró que es necesario limitar el calentamiento global a 1.5°C (2.7°F) para evitar impactos climáticos negativos mayores. Esto exige que la comunidad global llegue al cero neto en emisiones de carbono para el año 2040 para emisiones inducidas por el hombre (IPCC 2022). Gobiernos y organizaciones están reorientándose rápidamente con base en este último avance. Por ejemplo, un estudio basado en Oxford encontró que una quinta parte de las 2,000 empresas públicas más grandes tenían compromisos de carbono cero neto (Black 2021). La industria aeronáutica está adoptando también conceptos de carbono cero neto. En 2021, la Administración Aeronáutica Federal lanzó un Plan de Acción Climática para la Aviación que establece las reglas básicas para lograr el cero neto en emisiones de carbono para las emisiones de aeronaves para el 2050 (FAA 2021) y, en 2022, lanzó un Reto Climático para Aeropuertos para dar apoyo a las metas de carbono cero neto en aeropuertos (FAA 2022). Asimismo, la Asociación Internacional de Transporte Aéreo aprobó un acuerdo para que la industria global de transporte aéreo logre el carbono cero neto en 2050 (IATA 2021).

Dentro de la Ciudad se hace mucho hincapié en la protección climática, tal como lo respaldan décadas de planeación climática y esfuerzos por reducir las emisiones de carbono. En 2020, la Ciudad se unió al Grupo de Liderazgo Climático C40, una red conformada por las principales ciudades del mundo comprometidas a resolver el cambio climático. A través de esfuerzos concertados de los departamentos de la Ciudad, partes interesadas y el público, se desarrolló el Plan de Acción Climática (CAP) de la Ciudad de Phoenix de 2021, estableciendo acciones sustantivas para lograr la neutralidad de carbono en la ciudad para el año 2050.

A partir de estos esfuerzos y de los avances en la industria aeronáutica, el Departamento de Aviación se ha concentrado en la reducción de emisiones de carbono para los tres aeropuertos del Departamento de Aviación: el Aeropuerto Internacional de Phoenix Sky Harbor (Sky Harbor), el Aeropuerto de Phoenix Deer Valley (Deer Valley), y el Aeropuerto de Phoenix Goodyear (Goodyear). El Departamento de Aviación ha demostrado continuamente su liderazgo climático en la comunidad aeroportuaria, cuyos logros se ilustran en la Figura 1. Por ejemplo, Sky Harbor fue uno de los primeros aeropuertos en los Estados Unidos en certificarse en el programa de Acreditación de Carbono de Aeropuertos (ACA) del Consejo Internacional de Aeropuertos (ACI), único programa global de certificación en gestión del carbono para aeropuertos. Sky Harbor logró la certificación en Nivel 2 en 2016 y está finalizando la certificación para el Nivel 4, un logro que solo ha obtenido un aeropuerto en América del Norte.



Figura 1. Logros del Departamento de Aviación

VISIÓN DE LA HOJA DE RUTA

Con esta Hoja de ruta, el Departamento de Aviación se compromete a una sola meta sencilla, pero de gran alcance: carbono cero neto para el 2040. Esta meta está definida por una reducción absoluta de las emisiones de carbono del Departamento de Aviación de por lo menos 90% a partir de los valores de referencia de 2010 con una eliminación de no más de 10% de las emisiones mediante tecnologías de eliminación de carbono.

En concordancia con el CAP de la Ciudad, el Departamento de Aviación ha identificado los siguientes objetivos del CAP para que funjan como metas provisionales para lograr la meta a largo plazo de cero neto en emisiones de carbono:

- Reducir las emisiones de carbono de las operaciones de la Ciudad en un 40% para el 2025, en comparación con 2005.
- Alcanzar energía eléctrica libre de carbono para el 2030.
- Aumentar la eficiencia de edificios en un 30% para el 2030, en comparación con 2012.

Después de lograr la meta de carbono cero neto en el 2040, el Departamento de Aviación conservará el nivel de carbono neto cero. El Departamento de Aviación también seguirá apoyando los esfuerzos del CAP, incluyendo lograr el siguiente objetivo a largo plazo del CAP:

- Diseñar y construir instalaciones conforme a los estándares de diseño del Reto de Edificios Vivos o equivalentes para 2050.

¿QUÉ ES CARBONO NETO CERO?

El Estudio de la Meta de Carbono a Largo Plazo para Aeropuertos de ACI (ACI 2021) define al “carbono cero neto” como el logro de reducciones máximas posibles en emisiones absolutas y la utilización de tecnologías de eliminación de carbono para responder por un volumen igual de emisiones residuales. La iniciativa Objetivos Basados en la Ciencia (SBTi 2022) exige además que no más del 10% de las emisiones se basen en tecnologías de eliminación de carbono.

Es importante que la definición que da ACI, así como CDP y C40 Cities que utiliza la Ciudad, no permite compensaciones de carbono convencionales. A continuación se muestra en detalle la diferencia entre compensaciones y tecnologías de eliminación de carbono:

- **Compensaciones de carbono:** Financiar proyectos fuera del sitio para reducir emisiones de carbono que no se hubieran implementado de otra forma.
- **Tecnologías de eliminación de carbono:** Financiar proyectos para eliminar el carbono de la atmósfera y almacenarlo de forma permanente en reservorios geológicos, terrestres u oceánicos, o en productos. Las tecnologías de eliminación de carbono incluyen soluciones naturales como la reforestación y secuestro de carbono en el suelo así como estrategias de ingeniería como captura directa de aire y mayor mineralización. Éste es un mercado emergente que actualmente está tomando forma.

RETOS

Para lograr la meta de cero neto en emisiones de carbono hay que tener una idea clara y precisa de los retos que habrá que superar. Estos retos incluyen lo siguiente:

- **Conservar el financiamiento.** Las inversiones en ciertas estrategias de reducción de emisiones requerirán financiamiento exclusivo. Además, algunas inversiones requerirán costos iniciales más elevados, pero producirán ahorros operativos posteriores.
- **Tasas de rotación de inventarios.** Muchos de los activos del Departamento de Aviación que emplean energía tienen una larga vida útil. Por ejemplo, un inventario de flotilla tiene una vida útil de 10 a 15 años, lo que afecta la velocidad a la que pueda darse la descarbonización.
- **Dependencia de tecnologías emergentes.** Cada año surgen y se generalizan nuevas tecnologías, lo que redirecciona el enfoque de los proyectos de carbono neto cero. La Hoja de ruta emplea supuestos respecto a la disponibilidad y asequibilidad de la tecnología en el futuro, tales como vehículos de carga pesada eléctricos o de hidrógeno, gas natural renovable, y tecnologías de eliminación de carbono de alta calidad.
- **Coordinación a largo plazo con partes interesadas.** Rara vez se implementan proyectos a lo largo de varias décadas. El entorno regulatorio político y las políticas están sujetas a cambio durante ese tiempo. La Hoja de ruta exige la coordinación con muchas partes interesadas clave, incluyendo no solo el personal, profesionales, arrendatarios, y terceros usuarios de los aeropuertos, sino también funcionarios de elección popular, proveedores de servicios públicos y la comunidad en general.
- **Cambios de consenso respecto a la ciencia.** La tecnología y la ciencia relacionada con el carbono cero neto siguen evolucionando, lo que genera un nivel de incertidumbre. Más aun, el conteo de emisiones de carbono es cada vez más exacto, creando así la necesidad de cambios en inventarios y trayectorias.

NUESTRA SOLUCIÓN

Esta Hoja de ruta es la culminación de meses de esfuerzos del personal del aeropuerto utilizando rigurosas herramientas analíticas y aportaciones de las partes interesadas, tal como se define en el *Proceso de elaboración de la hoja de ruta*. Como base para analizar emisiones y monitorear los avances, se desarrolló *Emisiones iniciales de referencia* para los 3 aeropuertos. La *Ruta Al Carbono Neto* proyectada a futuro describe el enfoque para lograr la meta de cero neto en emisiones de carbono, seguida por descripciones de las *Estrategias*. Cada estrategia cuenta con sus propias fechas iniciales y finales, costos y reducción de emisiones en mayor detalle en el **0**. Muchas de estas acciones están basadas en iniciativas existentes identificadas en el CAP de la Ciudad y se les dará forma al mismo tiempo que los esfuerzos de planeación futuros.

A un alto nivel, la vía hacia el carbono cero neto es sencilla: implementar las ECM, descarbonizar la electricidad, efectuar la transición de usos finales hacia la energía renovable, y eliminar una cantidad pequeña de emisiones residuales mediante tecnologías de eliminación de carbono. Las estrategias están diseñadas para atacar primero la fuente de emisiones más grande: la electricidad. Con esto se ganará fuerza e ímpetu y se asegurarán ahorros operativos que puedan reinvertirse. Para el mediano y largo plazos, la Hoja de ruta se concentra en seguir reduciendo emisiones de fuentes que son más difíciles de descarbonizar, crear alianzas con terceros para reducir emisiones, tal como se esboza en el **Apéndice B** y mantener el estatus cero neto.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA HOJA DE RUTA

UNIDAD ESPECIAL

Para desarrollar esta Hoja de ruta, se formó una Unidad Especial compuesta de aproximadamente 20 partes interesadas clave del Departamento de Aviación. A sus miembros se les encomendó guiar el desarrollo de la Hoja de ruta y asegurar que el desarrollo de políticas y las rutas de implementación estuvieran alineadas. La Unidad Especial proporcionó ambos, verificación en el terreno y la lluvia de ideas para desarrollar el contenido de la Hoja de ruta, con reuniones que se ilustran en la Figura 2.

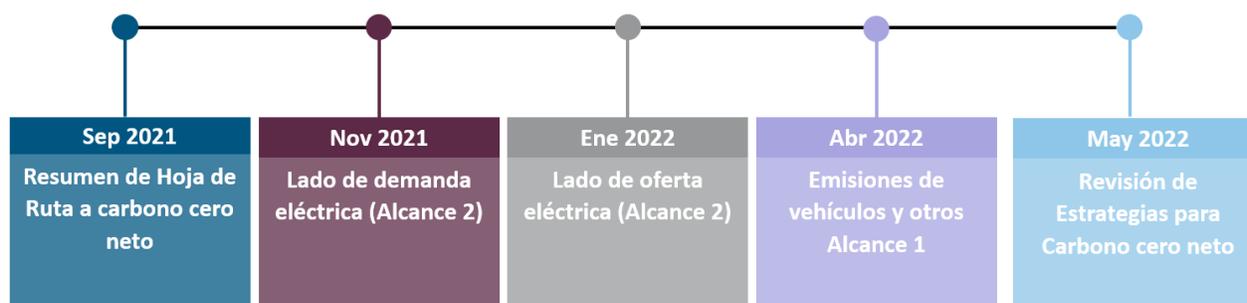


Figura 2. Reuniones de la Unidad Especial

GRUPOS DE ENFOQUE

Además de la Unidad Especial, personal del Departamento de Aviación llevó a cabo grupos de enfoque sobre temas específicos a principios de 2022. Estos grupos de enfoque estuvieron formados por aproximadamente cinco a diez técnicos que hablaron en detalle de consideraciones, temas clave, implementación de tiempos de ejecución, presupuestos, y otros análisis cuantitativos.

HERRAMIENTA ANALÍTICA

El equipo consultivo desarrolló una herramienta analítica a futuro que documenta las Emisiones iniciales de referencia existentes y traza la ruta para emisiones proyectadas evaluando la reducción de emisiones y costos de diversos escenarios entre esta fecha y el año 2040. La herramienta captura interacciones entre las fuentes de emisión, de manera que se revelan cambios en un factor— como intensidad de carbono de combustibles, mezcla de tecnología, demanda de energía y el impacto de otros factores —. Por ejemplo, la herramienta captura el aumento en el consumo de electricidad de la electrificación de vehículos y la reducción simultánea en el consumo de la implementación de las ECM, como se resalta en la Figura 3.

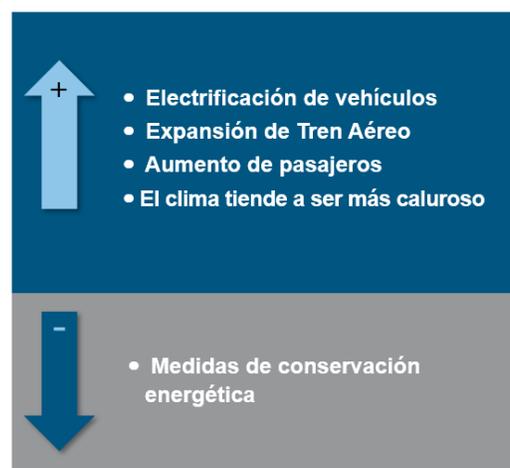


Figura 3. Cambios en el consumo eléctrico a través del tiempo

La herramienta combina datos de hoy con supuestos de condiciones futuras para estimar resultados financieros y de emisiones, como se ilustra en la Figura 4. En conjunto, la herramienta permite una proyección por año de energía y emisiones a través de un rango de entradas potenciales. El personal del aeropuerto utilizó la herramienta para desarrollar varios escenarios que se discutieron con la Unidad Especial y los Grupos de Enfoque, y finalmente desarrollar la *Ruta Al Carbono Neto*.

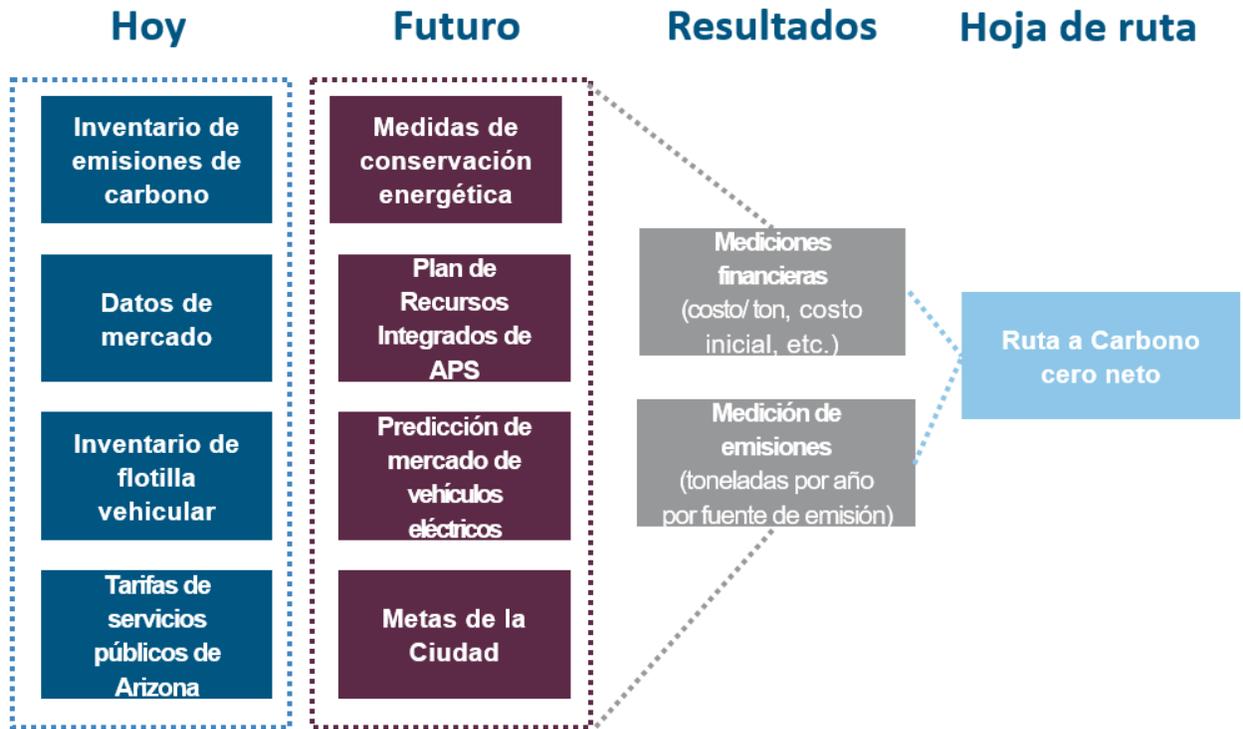


Figura 4. Concepto de la herramienta analítica



EMISIONES INICIALES DE REFERENCIA

Para estandarizar los informes de emisiones, la comunidad aeroportuaria sigue la metodología de inventario de emisiones de carbono definida por el programa ACA que se basa en el Protocolo GEI (Instituto de Recursos Mundiales 2021), pero adaptado para las complejidades del entorno aeroportuario. En tanto que esta metodología difiere de la utilizada para los inventarios a nivel ciudad y comunidad, permite comparaciones dentro de la industria aeronáutica.

Los alcances de las fuentes de emisión están definidos por el Programa ACA como sigue:

- **Alcance 1.** Emisiones directas de fuentes controladas por aeropuertos, incluyendo la flotilla vehicular aeroportuaria y generadores de emergencia (Flotilla y Equipo); refrigerantes usados en equipo del aeropuerto y gas natural utilizado en edificios del aeropuerto (Edificios-NG).
- **Alcance 2.** Emisiones indirectas de la compra de electricidad para su uso en el aeropuerto.
- **Alcance 3.** Emisiones indirectas de terceros, incluyendo operaciones en tierra de aeronaves y vuelos; equipo de apoyo en tierra de aeronaves; vehículos de terceros que operan en el sitio; transporte de pasajeros (v.g., automóviles, taxis, autobuses, etc.); transporte de personal del aeropuerto y de terceros y de visitantes; manejo de residuos y aguas residuales fuera del sitio; consumo de electricidad de arrendatarios; uso de gas natural por arrendatarios; aplicación de refrigerante; construcción; y viajes de negocios del personal aeroportuario.

De acuerdo con la guía ACA, la meta del Departamento de Aviación se aplica a emisiones de carbono de alcance 1 y 2 así como viajes de negocios del personal aeroportuario de alcance 3 solamente (denominadas en su conjunto como emisiones del Departamento Aeroportuario).

INVENTARIO DE REFERENCIA

El inventario de referencia de emisiones del Departamento de Aviación, descrito en la Figure 5, sirve como referencia para supervisar avances. El inventario se elaboró utilizando la Herramienta de Informes de Carbono y Emisiones de Aeropuertos (ACERT) para el año natural 2010, como lo exige el programa ACA, e incluye emisiones de Sky Harbor, Goodyear y Deer Valley.

En 2010, el Departamento de Aviación generó 103,820 TM de emisiones de carbono, expresado como equivalentes de bióxido de carbono (CO₂e). Casi el 90% de las emisiones del Departamento de Aviación se derivaron de la compra de electricidad (alcance 2) y 10% de flotilla y equipo. Las emisiones restantes provinieron de gas natural utilizado en edificios (v.g., edificios-NG), refrigerantes y viajes de negocios del personal aeroportuario, y cada fuente comprendía 1% o menos del total de emisiones del Departamento de Aviación.

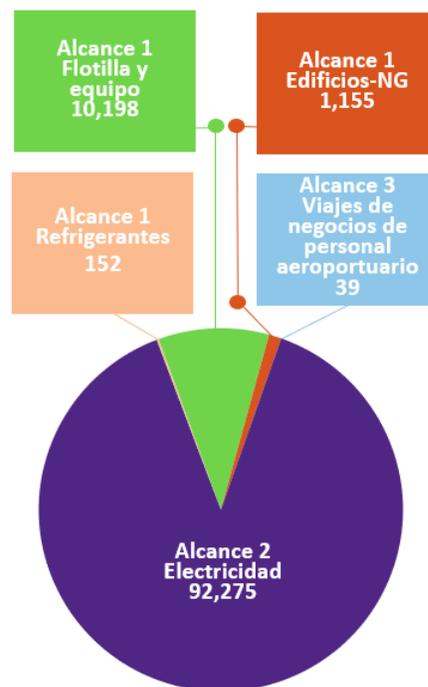
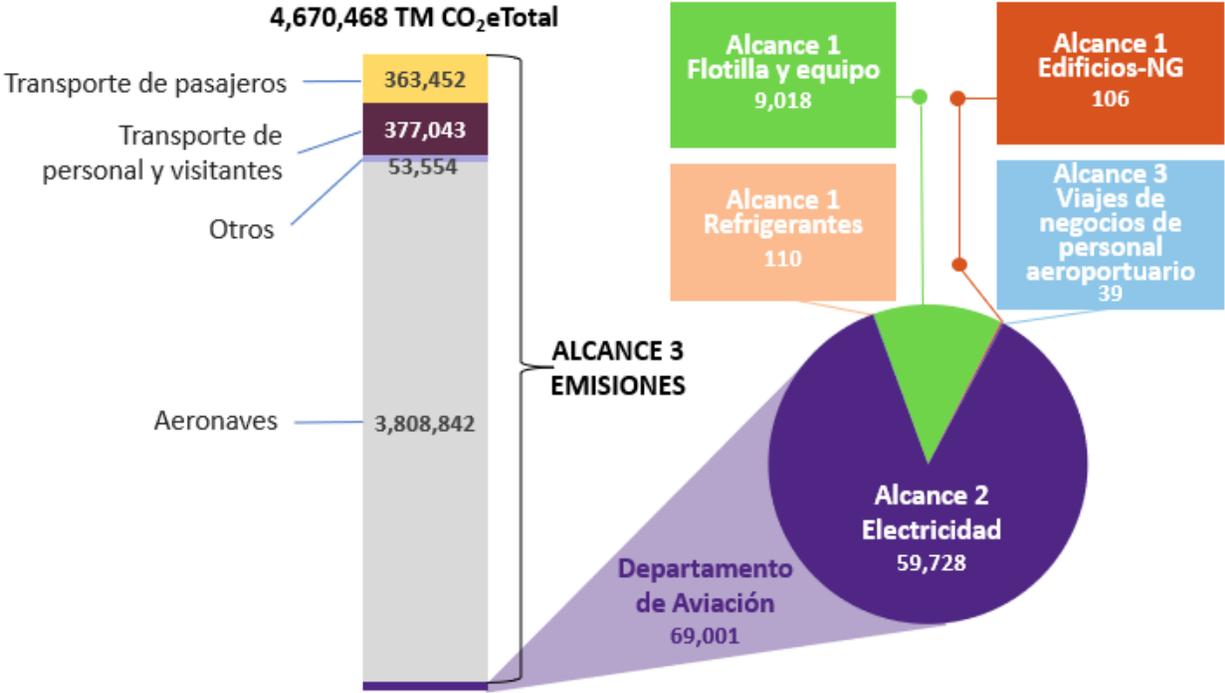


Figure 5. Departamento de Aviación 2010 Referencia de Emisiones (TM de CO₂e)

INVENTARIO DE AVANCES

Considerando los muchos avances desde el año inicial de referencia, se desarrolló el inventario para 2021 del Departamento de Aviación, resumido en la Figura 6, como la base para analizar las condiciones existentes y proyectar la Ruta Al Carbono Neto. En 2021, el Departamento de Aviación generó 69,001 TM de CO₂e, demostrando una reducción anual de 34,819 TM de CO₂e (v.g. 34%) desde el año inicial de referencia de 2010. El porcentaje de aportación de cada fuente de emisiones fue aproximadamente congruente con los valores de referencia del 2010. Al monitorear los avances hacia la meta provisional para reducir las emisiones de carbono un 40% para 2025 comparado con valores de referencia de 2005 (v.g., un objetivo de 58,449 TM de CO₂e), las emisiones del Departamento de Aviación se han reducido un 30%.

Como lo exige el programa ACA para lograr el Nivel 4, se amplió el inventario 2021 para incluir emisiones de alcance 3 en Sky Harbor para fines de análisis. Se ampliarán también inventarios futuros para incluir emisiones completas de alcance 3 en Goodyear y Deer Valley. En Sky Harbor, las emisiones de aeronaves representaron alrededor de 82% del total de emisiones en todo el aeropuerto en Sky Harbor. El transporte de personal de terceros, visitantes y pasajeros representó un 16%, en conjunto. El Departamento de Aviación reconoce que una gran mayoría del total de emisiones de carbono generadas en todo el aeropuerto son de fuentes de emisión de alcance 3 que están más allá del control directo del Departamento de Aviación. Como parte de las estrategias de esta Hoja de ruta se incluyen acciones para influir y guiar la reducción de emisiones de alcance 3 a través de alianzas.



Notas: La categoría "Otros" incluye aplicación de anticongelante; vehículos y equipo de apoyo en tierra; gas natural; electricidad con transmisión y pérdidas por distribución; construcción, y gestión de residuos y aguas residuales fuera del sitio. Las emisiones completas de alcance 3 solo se calcularon para Sky Harbor.

Figura 6. Emisiones en 2021 en todo el aeropuerto y el Departamento de Aviación (TM de CO₂e)

RUTA AL CARBONO NETO

Para llegar a la meta del carbono cero neto, el Departamento de Aviación tendrá que reducir tantas emisiones como sea factible y compensar no más de 10,382 TM de CO₂e (v.g., 10% de los valores de referencia de 2010) con tecnologías de eliminación de carbono. La ruta al carbono cero neto que se ilustra en la Figura 7 fue desarrollada utilizando las proyecciones de la herramienta analítica descrita en el *Proceso de elaboración de la hoja de ruta*.

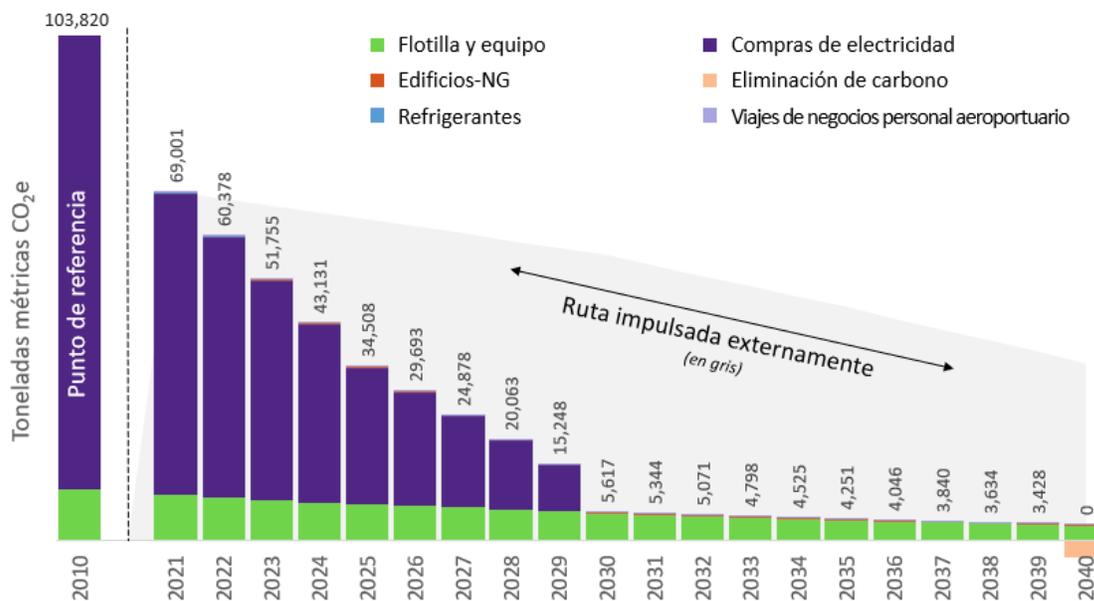


Figura 7. Ruta al carbono cero neto y ruta impulsada externamente

La ruta optimiza la reducción de emisiones a corto plazo para lograr las metas provisionales a corto plazo. Las emisiones en la ruta bajan rápidamente hasta el año 2030, impulsadas por el desarrollo de proyectos que producen electricidad libre de carbono y la promulgación de las ECM [medidas de conservación de energía]. Las emisiones de flotas vehiculares y equipo, edificios-NG, refrigerantes y viajes de negocios del personal aeroportuario bajan gradualmente como resultado de estrategias más específicas; sin embargo, la eliminación completa de emisiones de estas fuentes podría no ser factible. El Departamento de Aviación planea emplear tecnologías de eliminación de carbono o implementar otras innovaciones futuras para responder por las emisiones residuales.

La Figura 7 describe también, en el área sombreada en gris, las emisiones proyectadas si no toma medidas el Departamento de Aviación para implementar las *Estrategias*. Las emisiones de la ruta impulsada externamente se reducen en un 51% en 2040 comparadas con 2021, impulsadas principalmente por el aumento en la energía renovable en la red regional de energía eléctrica. Por ejemplo, Arizona Public Service (APS), empresa de electricidad local, tiene como meta ofrecer 65% de electricidad limpia para 2030 y 100% para 2050. Además, se espera que los vehículos de gasolina convencional y diésel aumenten en eficiencia con el tiempo, llevando a una reducción de 15% en emisiones para 2040 comparado con 2021.

La Figura 8 describe la aportación de cada estrategia de carbono cero neto a la reducción anual de emisiones. Las ECM son una estrategia importante ya que reducen la demanda de electricidad. Tanto la inversión en energía solar en el sitio como otras inversiones en energía renovable suman la mayor parte del total de reducciones en emisiones (86%) entre 2021 y 2040. La transición en las flotillas contribuye además con 9%. Todas las demás estrategias representan 3,333 TM de CO₂e, o 5%.

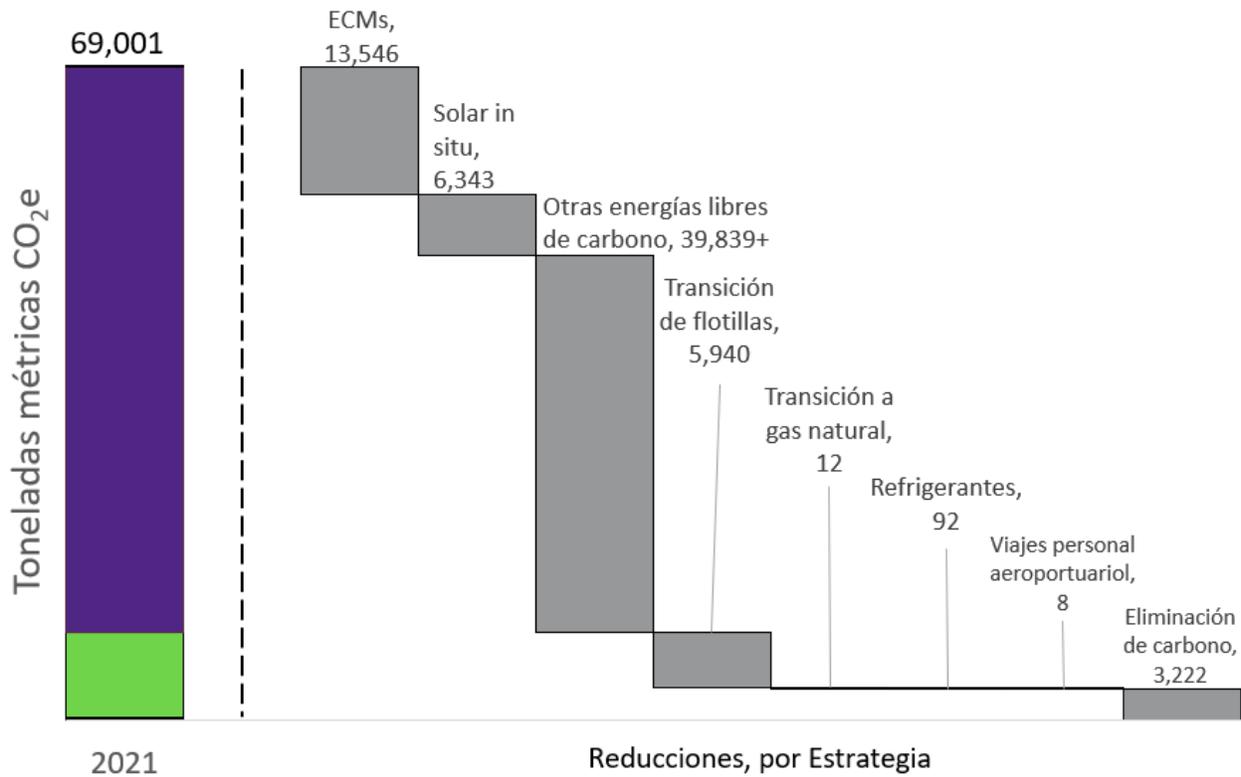


Figura 8. Reducción potencial de emisiones de las estrategias del carbono cero neto

IMPORTANCIA DE LAS EMISIONES ACUMULATIVAS

Si bien los inventarios de emisiones de carbono capturan las emisiones anuales, el factor más importante al determinar la aportación del Departamento de Aviación al cambio climático son las emisiones acumulativas. Según la ruta cero neto, las emisiones acumulativas del Departamento de Aviación entre 2021 y 2040 son de 393,208 TM de CO₂e comparadas con 1,078,599 TM de CO₂e para la ruta impulsada externamente—aproximadamente 2.5 veces más bajas.

ESTRATEGIAS PARA CARBONO CERO NETO

Esta Hoja de Ruta agrupa a las estrategias de carbono cero neto en tres fases: corto, mediano y largo plazo, tal como se resume en la Figura 9. El 0 muestra información detallada de proyectos individuales, incluyendo una descripción, año planeado de implementación, reducción de emisiones estimada, recuperación de la inversión en años (v.g., recuperación) y estimación de costos. El 0 muestra información adicional sobre oportunidades de financiamiento para estas estrategias.

A **corto plazo (2022-2030)**, el Departamento de Aviación se concentrará en poner en marcha las ECM y en desarrollar electricidad libre de carbono mediante proyectos solares en el sitio y financiar energía renovable. En conjunto, estas estrategias reducirán las emisiones en casi 90%, logrando las metas temporales a corto plazo. El Departamento de Aviación podrá también evaluar opciones adicionales tales como la microrred de cero o bajas emisiones de carbono. El desarrollo de un Plan Marco de Servicios de Electricidad y un análisis de resiliencia serán esenciales para asegurar la implementación eficiente de estas estrategias.

A **mediano plazo (de esta fecha hasta 2040)**, el Departamento de Aviación asegurará la transición de su flotilla y edificios-NG a eléctricos u otra energía renovable, gestionará los refrigerantes y buscará la eliminación del carbono en las emisiones residuales. Asimismo, el Departamento de Aviación reducirá las emisiones de los viajes de negocios del personal aeroportuario promoviendo medidas de eficiencia energética en aerolíneas y otras alternativas.

A **largo plazo (de 2040 en adelante)**, el Departamento de Aviación se enfocará en mantener el estatus de carbono cero neto mediante la inversión continua en las estrategias antes mencionadas y asegurar la eficiencia energética y sustentabilidad en la construcción nueva.

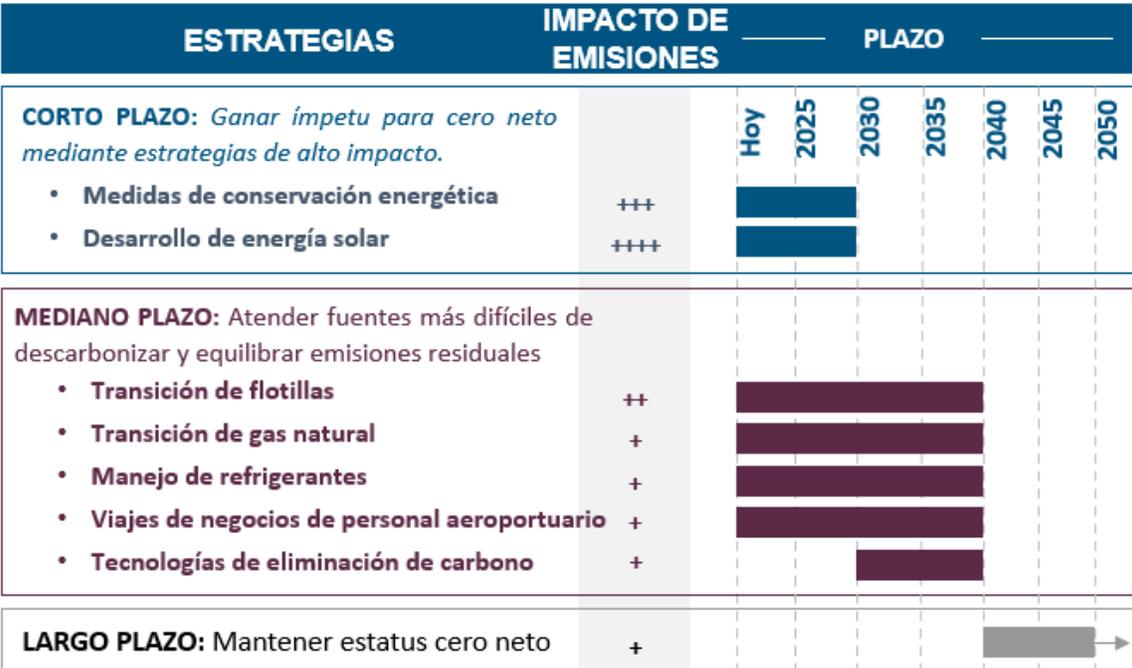


Figura 9. Estrategias para carbono cero neto

CORTO PLAZO (2022-2030)

ECM

| | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------------|--|
| Reducción de carbono | 13,546 TM | Año de implementación | Año fiscal (AF) 2023-2030 |
| Parte responsable | Sección Energía | Acciones de implementación | Auditorías grado inversión; implementar acciones |

De 2014 a 2019, el Departamento de Aviación redujo las emisiones de carbono en un 10% a través de ECM que mejoraron la eficiencia energética en instalaciones ya existentes. El Departamento de Aviación ha identificado más de 50 ECM adicionales que, en su conjunto, reducirían las emisiones en un 20% adicional para 2030, cumpliendo así la meta temporal de mejorar la eficiencia de los edificios. Estas ECM incluyen el remplazo o mejoras de equipo, mejoras al monitoreo y controles energéticos y cambios de procesos, entre otros. Se han identificado varias ECM que pueden implementarse rápidamente y otras que requieren análisis de costos adicionales y de potencial de reducción de carbono mediante auditorías energéticas en grado de inversión recomendadas adicionales.

Solar en el sitio

| | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Reducción de carbono | 6,343 TM | Año de implementación | AF 2025 |
| Parte responsable | Sección Energía | Acciones de implementación | Desarrollar y construir proyectos |

El Departamento de Aviación ha identificado ocho proyectos de generación de energía solar en el sitio, con una capacidad total de 11.8 megawatts-AC (MW-AC)¹—suficiente para reducir 10% del total de emisiones de Alcance 2 del Departamento de Aviación. Está presupuestado un proyecto en el Centro de Mando del Aeropuerto Sky Harbor, y su construcción iniciará en septiembre de 2022. Hay cinco proyectos adicionales en Sky Harbor y un proyecto tanto en el aeropuerto de Goodyear como en el de Deer Valley que están listos para arrancar, con fecha de implementación en 2025. El desarrollo de estos sitios reducirá la dependencia de compras de electricidad. Los modelos financieros indican que la generación de energía solar in situ es más barata que las compras de electricidad actuales a APS sobre una base de costo total de propiedad. Los siguientes pasos incluyen terminar un análisis más detallado de los costos y del potencial de reducción de emisiones de carbono de estas oportunidades, e identificar después las opciones de financiamiento, construcción, operaciones y mantenimiento. El Departamento de Aviación ha identificado también oportunidades para seguir explorando, incluyendo el desarrollo de una microrred de cero o bajas emisiones de carbono en el sitio y/o almacenamiento de energía para complementar un sistema de energía renovable en el sitio.

¹ Megawatts-AC se refiere a la cantidad total de energía eléctrica disponible para consumo. Megawatt Hora-AC se refiere a la cantidad de energía eléctrica consumida durante cierto período.

Energía solar a nivel de empresa de servicios públicos

| | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------------|---|
| Reducción de carbono | >39,839 TM | Año de implementación | AF 2030 |
| Parte responsable | Sección Energía | Acciones de implementación | Desarrollar y construir proyectos; proceso de estudio de interconexión a la red APS |

El Departamento de Aviación ha identificado un sitio en un terreno propiedad del departamento al norte de la Base de la Fuerza Aérea Luke para un proyecto potencial de energía solar a nivel de empresa de servicios públicos de terceros de 80 MW-AC. En conjunto con las ECM y un proyecto de energía solar en el sitio, este proyecto permitiría al Departamento de Aviación cumplir la meta temporal de electricidad libre de carbono. Parecido al apartado solar en el sitio, este proyecto llevaría a la producción de certificados de energía renovable (REC). Además, la electricidad adicional producida más allá de las necesidades del Departamento de Aviación podría venderse, generando más ingresos. Implementar el proyecto exige la identificación de proveedores de servicios para asegurar permisos, la coordinación de un estudio de interconexión con la red eléctrica de APS con una subestación planeada por APS, y su desarrollo.

Compras de energía renovable

| | | | |
|-----------------------------|--|-----------------------------------|---|
| Reducción de carbono | Según sea necesario | Año de implementación | AF 2030 |
| Parte responsable | Sección Energía/ División de Gestión Financiera (FMD) | Acciones de implementación | Negociar contrato con APS; obtener aprobación de la Comisión de Sociedades de Arizona (ACC) |

Podrían considerarse enfoques de mercado si los proyectos antes mencionados no fueran factibles o no dieran como resultado reducciones suficientes para lograr energía eléctrica libre de carbono. A través de APS, el Departamento de Aviación tiene la opción de comprar electricidad renovable a través de la combinación de REC, el programa de ajuste de tarifas AG-X con tarifas negociadas para varias cuentas, el programa Green Choice [Alternativa verde] o el programa Green Power Partners [Socios de electricidad verde]. Estas opciones son más costosas que la tarifa eléctrica estándar. Green Choice ofrece una oportunidad inmediata de electricidad libre de carbono, pero es la más costosa de los dos programas de APS con 1 centavo adicional por kWh. Green Power Partners requiere negociaciones de contratos con APS y la aprobación de la Comisión de Sociedades de Arizona.

Recompra de Sunpower

| | | | |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Reducción de carbono | Depende del valor del REC | Año de implementación | AF 2025 |
| Parte responsable | Sección Energía/FMD | Acciones de implementación | Negociar venta con SunPower |

El Departamento de Aviación está contemplando la compra de sistemas de energía solar propiedad de SunPower en los Estacionamientos del Centro de Alquiler de Autos y de East Economy [lote de estacionamiento] de Sky Harbor. La adquisición de estos sistemas transmitirá la titularidad de REC de alto valor al Departamento de Aviación, misma que podría conservarse o venderse a APS para financiar iniciativas adicionales de energía renovable. El Departamento de Aviación está investigando esta oportunidad para determinar el valor del flujo de ingresos y los pasos a seguir.

MEDIANO PLAZO (HASTA 2040)

Transición de flotillas

| | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Reducción de carbono | 5,940 TM |
| Parte responsable | Sección Eléctrica/Sección Flotilla |

| | |
|-----------------------------------|---|
| Año de implementación | AF 2023-2040 |
| Acciones de implementación | Implementar plan de electrificación de flotillas; observar en el mercado disponibilidad y costo de vehículos eléctricos |

Durante la fase a mediano plazo, el Departamento de Aviación priorizará una transición total de vehículos y demás equipo elegibles y propiedad del aeropuerto a eléctricos u otras fuentes de combustible con bajo nivel de carbono o libre de carbono a medida que esté disponible la tecnología. El Departamento de Aviación instalará cargadores y demás infraestructura relacionada para dar apoyo a la flotilla. El Departamento de Aviación está desarrollando un plan para este esfuerzo en concordancia con el Plan de Acción de Electrificación del Transporte de la Ciudad. Ya implementada, la electrificación vehicular reducirá las emisiones del Departamento de Aviación en un 10%. El **Apéndice D** muestra más detalles incluyendo un desglose de la flotilla actual y una exposición de las limitaciones.

Transición de gas natural

| | |
|-----------------------------|---|
| Reducción de carbono | 12 TM |
| Parte responsable | Sección Energía /Servicios de Diseño y Construcción (DCS) |

| | |
|-----------------------------------|---|
| Año de implementación | AF 2035 |
| Acciones de implementación | Identificar remplazo de fuentes de combustible y tecnología |

El equipo de los edificios emplea pequeñas cantidades de gas natural, que representan menos del 1% de las emisiones del Departamento de Aviación. El Departamento de Aviación está investigando alternativas a estas fuentes de energía, tales como el remplazo del equipo con modelos eléctricos o la transición a gas natural renovable para remplazar al gas natural convencional.

Manejo de refrigerantes

| | |
|-----------------------------|------------------|
| Reducción de carbono | 92 TM |
| Parte responsable | Sección mecánica |

| | |
|-----------------------------------|--|
| Año de implementación | AF 2035 |
| Acciones de implementación | Reemplazar equipo de freón antiguo y mejorar la gestión de refrigerantes |

Las emisiones de carbono de los refrigerantes representan menos del 1% del total de emisiones del Departamento de Aviación, como se muestra en el **Apéndice D**. El Departamento de Aviación desarrollará un plan para mejorar las prácticas de manejo de refrigerantes y reemplazar equipo antiguo que utiliza freón.

Viajes de negocios del personal aeroportuario

| | | | |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------------------|---|
| Reducción de carbono | 8 TM | Año de implementación | AF 2040 |
| Parte responsable | Oficina del Director | Acciones de implementación | Identificar soluciones efectivas en cuanto a costos |

En 2021, los viajes de negocios del personal y empleados representaron 5 TM de CO₂e; sin embargo, se utilizó el valor previo a la pandemia de 2019 de 39.4 TM de CO₂e como una cifra más exacta y representativa. La estimación incluye vuelos del personal del Departamento de Aviación con fines oficiales, incluyendo desarrollo de servicio aéreo, reuniones y conferencias relacionadas a la industria. Si bien estas emisiones son mucho menores a las emisiones de Alcance 1 y 2 del Departamento de Aviación, requieren una estrategia de mitigación más específica. El Departamento de Aviación trabajará con las aerolíneas para implementar estrategias de reducción de emisiones de Alcance 3 para incluir la incorporación de combustibles aeronáuticos sustentables, electrificación de aeronaves, y fuentes de energía renovable, tal como se identifica en el *Error! Reference source not found.* El departamento buscará también implementar otras estrategias e innovaciones en cuanto sean factibles y seguirá monitoreando los viajes de negocios del personal en futuros inventarios de emisiones de carbono.

Tecnologías de eliminación de carbono

| | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|---|
| Reducción de carbono | < 10,461 TM (10% de emisiones de referencia) | Año de implementación | AF 2035 |
| Parte responsable | Sección Energía /FMD | Acciones de implementación | Identificar créditos de carbono y tecnología de eliminación |

El Departamento de Aviación pretende financiar tecnologías de eliminación de carbono o implementar innovaciones entre 2035 y 2040 para resolver las emisiones que no se reduzcan con otras medidas. La ruta al carbono cero neto estima que se mantendrá la cifra de 3,222 TM de CO₂e en emisiones residuales en 2040, aunque con esta estrategia podrían explicarse 10,382 TM, según la guía de SBTi. El costo esperado de la tecnología de eliminación de carbono sigue siendo sumamente incierto. Estudios recientes sugieren que las soluciones naturales, como la reforestación, tienen un costo por tonelada métrica más bajo que las soluciones de ingeniería como la captura directa de carbono. Durante la fase a mediano plazo, el Departamento de Aviación priorizará la identificación de soluciones apropiadas y efectivas en cuanto a costos.

LARGO PLAZO (DE 2040-EN ADELANTE)

ECM adicionales, energía renovable, estándares de edificios con carbono cero neto y eliminación de carbono

| | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| Reducción de carbono | No se ha evaluado |
| Parte responsable | Sección de Sustentabilidad/DCS |

| | |
|-----------------------------------|--|
| Año de implementación | AF 2040 – en adelante |
| Acciones de implementación | Identificar soluciones efectivas en cuanto a costos; implementar estándares de construcción de carbono cero neto |

Una vez que el Departamento de Aviación logre la meta de carbono cero neto, conservará este estado. El Departamento de Aviación seguirá implementando ECM adicionales, desarrollo de energía renovable y tecnologías de eliminación de carbono para anular emisiones futuras derivadas del crecimiento del aeropuerto. Cada año se evaluarán las medidas específicas. El Departamento de Aviación exigirá también que toda construcción nueva priorice equipo de energía eficiente, tecnologías e innovaciones relacionadas, e incorporare la energía solar cuando sea factible. Esta última estrategia está guiada por la meta temporal de diseñar y construir instalaciones conforme al Reto de Edificios Vivos, un programa internacional de certificación de construcción sustentable para promover edificios con uso eficiente de energía (<https://living-future.org/lbc/>) o los estándares de diseños equivalentes para el 2050.

MONITOREO

Esta sección describe los pasos para monitorear y actualizar la Hoja de Ruta. Algunos ejemplos de escenarios que podrían requerir un cambio en las acciones incluyen nuevos requisitos regulatorios locales, estatales o federales en cuanto a emisiones de carbono, cambios fundamentales a mecanismos de financiamiento, o desarrollos tecnológicos significativos (por ejemplo, reducciones significativas en el costo de vehículos eléctricos). De requerirse un cambio en el futuro, es posible que el Departamento de Aviación desee informar las metas o parámetros de medición nuevos con una descripción de las circunstancias que justifiquen el o dichos cambios.

El Departamento de Aviación se compromete con las siguientes actividades de monitoreo:

- **Actualización de la Hoja de Ruta.** Por lo menos cada tres años, el Departamento de Aviación actualizará esta Hoja de Ruta y las estimaciones subyacentes de emisiones de carbono.
- **Inventarios periódicos de emisiones de carbono.** El Departamento de Aviación se compromete a realizar un inventario de emisiones de carbono por lo menos cada tres años o con mayor frecuencia tal como lo exija la participación en el programa ACA.
- **Revisión de avances hacia las metas.** En conjunto con el inventario periódico de emisiones de carbono, el Departamento de Aviación realizará una revisión de los avances hacia su meta del 2040. En concreto, el departamento comparará las emisiones proyectadas con las emisiones medidas reales para comprender si la tasa de reducción de emisiones se ajusta con la ruta cero neto.
- **Plan de acción climática de la Ciudad.** El Departamento de Aviación participará de manera activa en la puesta en marcha del Plan de Acción Climática de la Ciudad y en futuros esfuerzos de planeación. Además, el Departamento de Aviación aportará información para los inventarios de emisiones de carbono de la Ciudad.

