



**Federal Aviation
Administration**

**Borrador de una evaluación ambiental
escalonada para actualizar los cierres del
espacio aéreo para otras trayectorias de
lanzamiento y los aterrizajes de Starship
Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-
Super Heavy en el sitio de lanzamiento de
SpaceX Boca Chica en el condado de
Cameron, Texas
septiembre de 2025**

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

AGENCIAS: Administración Federal de Aviación (FAA), agencia federal principal.

Esta última evaluación ambiental escalonada (EA) se preparó de acuerdo con la Orden 1050.1G de la FAA, *Procedimientos de implementación de la Ley de Política Ambiental Nacional de la FAA* (30 de junio de 2025), para cumplir con las obligaciones de la agencia en virtud de la Sección 102 (2) (C) de la Ley de Política Ambiental Nacional de 1969 (NEPA), §§ 4321-4336, modificada por la Ley de Responsabilidad Fiscal de 2023; Sección 4 (f) de la Ley del Departamento de Transporte de 1966 (49 U.S.C. § 303); Sección 106 de la Ley Nacional de Preservación Histórica (16 U.S.C. § 470); la Orden Ejecutiva 11988, *Gestión de llanuras aluviales*; y la Orden 5650.2 del DOT, *Gestión y protección de llanuras aluviales*.

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE, ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN: La FAA está evaluando las áreas de peligro para aeronaves, necesarias para apoyar las operaciones propuestas por SpaceX para el programa de lanzamiento Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica, en el condado de Cameron, Texas. SpaceX debe obtener una modificación de su licencia de operador de vehículos existente de la FAA para operar Starship-Super Heavy en trayectorias de lanzamiento adicionales y perfiles de misión de Retorno al Sitio de Lanzamiento de Starship. La modificación de una licencia se considera una acción federal importante (consulte la Sección 2.2 para obtener una descripción más detallada). La emisión por parte de la FAA de cierres temporales del espacio aéreo también es una acción federal importante. La finalización del proceso de revisión ambiental no garantiza que la FAA emita una modificación de licencia a SpaceX para la acción propuesta. La solicitud de licencia de SpaceX también debe cumplir con los requisitos de seguridad, riesgo, políticas, carga útil y responsabilidad financiera de la FAA, según 14 CFR, capítulo III, partes 400—460.

INFORMACIÓN DE CONTACTO: [Las preguntas sobre el EA escalonado pueden dirigirse a la Sra. Amy Hanson, especialista en protección ambiental de la Administración Federal de Aviación, 1902 Reston Metro Plaza, Reston, VA 20190; la dirección de correo electrónico del proyecto es SpaceXBocaChica@icf.com.](#)

Funcionario responsable de la FAA:

Stacey M. Zee

Gerente de la Subdivisión de Soporte Operativo

Fecha: _____

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

CONTENIDOS

Acrónimos y Abreviaturas	iii
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Funciones de las agencias federales.....	2
1.2.1 Administración Federal de Aviación	2
1.3 Propósito y necesidad	2
2. Descripción de la acción propuesta y las alternativas	3
2.1 Sin alternativa de acción	3
2.2 Acción propuesta	4
2.2.2 Cierres del espacio aéreo.....	5
3. Medio ambiente afectado y consecuencias ambientales.....	10
3.1 Ruido y uso del suelo compatible con el ruido	11
3.2 Calidad del aire y clima	12
3.3 Materiales peligrosos, residuos sólidos y prevención de la contaminación	12
3.4 Socioeconomía.....	13
4. Conclusión	13
5. Lista de preparadores	13
6. Literatura citada.....	14

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Acrónimos y Abreviaturas

AHA	Área de Riesgo para Aeronaves
ANSP	Proveedores de Servicios de Navegación Aérea
CEQ	Consejo de Calidad Ambiental
CFR	Código de Regulaciones Federales
DOD	Departamento de Defensa
DOT	Departamento de Transporte
EA	Evaluación Ambiental
EO	Orden Ejecutiva
FAA	Administración Federal de Aviación
FONSI	Determinación de No Impacto Significativo
GHG	Gas de Efecto Invernadero
NAS	Sistema Nacional de Espacio Aéreo
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
NEPA	Ley Nacional de Política Ambiental de 1969, según enmendada
NOTAM	Aviso a los Aviadores
PEA	Evaluación Ambiental Programática
ROD	Registro de Decisiones
U.S.C.	Código de los Estados Unidos
WR	Reevaluación escrita

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Space Exploration Technologies Corporation (SpaceX) busca obtener una modificación de su licencia de operador de vehículos existente de la FAA para tener en cuenta las actualizaciones de las operaciones Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica, en el condado de Cameron, Texas. Esta EA escalonada analiza estas actualizaciones, que incluyen nueva información relacionada con el cierre del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento de Starship-Super Heavy y los perfiles de las misiones de regreso de Starship en el sitio de lanzamiento de Boca Chica. El entorno afectado y los impactos ambientales de las operaciones Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica se analizaron por primera vez en la Evaluación Ambiental programática final de 2022 para el programa de vehículos de lanzamiento SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas (PEA 2022; FAA 2022). El 13 de junio de 2022, la FAA emitió una Determinación de No Impacto Significativo con Medidas de Mitigación (FONSI) /Registro de decisiones (ROD) basado en la PEA de 2022.

1.1 Antecedentes

La FAA preparó la PEA de 2022 para analizar los posibles impactos ambientales de la construcción de infraestructura relacionada con el lanzamiento y la operación del vehículo de lanzamiento Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica. Como se documenta en el FONSI/ROD del 13 de junio de 2022 de la FAA y se detalla en la PEA de 2022, la FAA descubrió que el programa Starship-Super Heavy propuesto por SpaceX, en virtud del cual SpaceX planeaba realizar hasta 5 lanzamientos y aterrizajes orbitales de Starship-Super Heavy por año y hasta 5 lanzamientos suborbitales de Starship por año desde el sitio de lanzamiento de Boca Chica, e implementar las medidas de mitigación identificadas, no tendría un impacto significativo en el medio ambiente.

Tras esa decisión, la FAA emitió una reevaluación escrita (WR) en abril de 2023 en la que se evaluaba la información adicional recibida de SpaceX sobre su sistema de supresión de detonaciones en plataformas de lanzamiento y aterrizajes con Starship-Super Heavy en el océano (FAA 2023a). En noviembre de 2023, la FAA emitió una WR en la que evaluaba la información adicional recibida de SpaceX sobre el funcionamiento del sistema de diluvio, la adición de un escudo térmico delantero al vehículo Super Heavy Starship y la expansión del área de posibles efectos para los recursos culturales (WR de noviembre de 2023; FAA 2023b). En marzo de 2024, la FAA emitió un FONSI basado en un EA escalonado de la PEA de 2022 que evaluaba los posibles impactos ambientales de la propuesta de SpaceX de aterrizar la Starship en el Océano Índico (EA escalonada de marzo de 2024; FAA 2024a). En octubre de 2024, la FAA emitió un WR en el que se evaluaba la información adicional recibida de SpaceX sobre las actualizaciones de la zona de aterrizaje entre etapas del escudo térmico delantero, la cobertura del estampido sónico, el uso del sistema de diluvio durante los aterrizajes de regreso al lugar de lanzamiento y el uso de las zonas de seguridad de la Guardia Costera de los Estados Unidos (WR de octubre de 2024; FAA 2024b). En abril de 2025, la FAA emitió un FONSI/ROD mitigado basado en una EA escalonada de la PEA de 2022 que evaluaba los posibles impactos ambientales de la propuesta de SpaceX de aumentar el número de operaciones Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica a 25 por año (EA escalonada de abril de 2025; FAA 2025). En mayo de 2025, la FAA emitió un FONSI/ROD basado en una EA escalonada a partir de la PEA de 2022 que evaluaba los posibles impactos ambientales de las áreas de peligro de las aeronaves actualizadas asociadas con el perfil de la misión del

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

vuelo 9. Este borrador de EA tiene niveles con respecto a la PEA final de 2022 y al EA escalonada de abril de 2025.

Según los análisis de seguridad preliminares de las trayectorias adicionales de lanzamiento de Starship-Super Heavy y los perfiles de las misiones de regreso de Starship al sitio de lanzamiento, una zona de peligro para las aeronaves y la NOTAM asociada necesitarían que la FAA cerrara el espacio aéreo sobre una parte de México y partes de los Estados Unidos, así como otras áreas sobre los océanos Atlántico y Pacífico, el Golfo de América y el Mar Caribe. Esta es una actualización de las operaciones existentes relacionadas con el Starship-Super Heavy descritas en la PEA de 2022 y en el EA escalonada de abril de 2025, tal y como se detalla a continuación.

1.2 Funciones de las agencias federales

1.2.1 Administración Federal de Aviación

Como agencia federal principal, la FAA es responsable de analizar los posibles impactos ambientales de la Acción Propuesta. La Ley de Lanzamientos Espaciales Comerciales de 1984, modificada y codificada en 51 U.S.C. §§ 50901—50923, autoriza al Secretario de Transporte a supervisar, licenciar y regular las actividades comerciales de lanzamiento y reingreso, y la operación de los sitios de lanzamiento y reingreso dentro de los Estados Unidos o realizados por ciudadanos estadounidenses. La sección 50905 ordena al Secretario que ejerza esta responsabilidad de manera coherente con la salud y la seguridad públicas, la seguridad de la propiedad y los intereses de seguridad nacional y política exterior de los Estados Unidos. Además, la Sección 50903 exige que el Secretario aliente, facilite y promueva los lanzamientos y reingresos de espacios comerciales por parte del sector privado. Según lo codificado en 49 CFR § 1.83 (b), el Secretario ha delegado la autoridad para llevar a cabo estas funciones en el Administrador de la FAA.

Los requisitos reglamentarios relativos a los lanzamientos comerciales y a los operadores de lanzamientos individuales se describen en 14 CFR, capítulo III, partes 400 a 460. SpaceX es el usuario exclusivo del sitio de lanzamiento de Boca Chica. Por lo tanto, SpaceX no está obligado a solicitar ni obtener una licencia de operador de sitio de lanzamiento para ese sitio.

La FAA también es responsable de crear áreas de cierre del espacio aéreo de conformidad con el mandato legal establecido en 49 U.S.C. § 40103 para garantizar el uso seguro y eficiente del Sistema Nacional de Espacio Aéreo. La FAA lleva a cabo este mandato de acuerdo con la Orden 7400.2R de la FAA, *Procedimientos para el manejo de asuntos del espacio aéreo*, para garantizar la seguridad pública.

En cuanto a los posibles impactos ambientales en México, Jamaica y las Islas Caimán, la FAA está coordinando con el Departamento de Estado de EE. UU. y los países de conformidad con la Orden Ejecutiva 12114, *Efectos ambientales en el extranjero de las principales acciones federales*, 44 de la Fed. Reg. 1957 (9 de enero de 1979).

1.3 Propósito y necesidad

El propósito de la acción propuesta por SpaceX es proporcionar una mayor capacidad de misión a la NASA y al Departamento de Defensa (DOD). Las actividades de SpaceX seguirían cumpliendo la expectativa estadounidense de que el aumento de las capacidades y la reducción de los costos de transporte espacial

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

mejorarían la exploración (incluso dentro de los programas Artemis y del Sistema de Aterrizaje Humano), respaldarían la seguridad nacional de los Estados Unidos y harían que el acceso al espacio fuera más asequible. La sección de Transporte Espacial de la Política Nacional de Transporte Espacial de 1994 abordó el sector de los lanzamientos comerciales y afirmó que “garantizar un acceso confiable y asequible al espacio a través de las capacidades de transporte espacial de los Estados Unidos es un objetivo fundamental del programa espacial de los Estados Unidos”. Además, la misión del Marco de Prioridades Espaciales de 2021 establece: “Los Estados Unidos reforzarán la salud y la vitalidad de nuestros sectores espaciales (civil, comercial y de seguridad nacional) en beneficio del pueblo estadounidense y aprovecharán esa fortaleza para liderar a la comunidad internacional en la preservación de los beneficios del espacio para las generaciones futuras” (Casa Blanca 2021). Además, la Orden Ejecutiva 14335, *que permite la competencia en la industria espacial comercial*, establece lo siguiente: “Garantizar que los operadores estadounidenses puedan lanzar, llevar a cabo misiones en el espacio y volver a entrar en el espacio aéreo de los Estados Unidos de manera eficiente es fundamental para el crecimiento económico, la seguridad nacional y el logro de los objetivos espaciales federales”.

La acción propuesta por SpaceX es necesaria para facilitar las operaciones frecuentes de lanzamiento y aterrizaje a fin de permitir el desarrollo iterativo de vehículos Starship-Super Heavy para lograr una capacidad de lanzamiento rápida y aumentar la eficiencia operativa, las capacidades y la rentabilidad del programa Starship-Super Heavy. La satisfacción de estas necesidades beneficia al gobierno y a los intereses públicos y reduce los costos operativos. La demanda de servicios de lanzamiento ha seguido aumentando en los últimos 20 años, y las proyecciones de crecimiento de la industria espacial indican que esto continuará en el futuro previsible. Al proporcionar un vehículo de lanzamiento reutilizable que regrese a su sitio de lanzamiento, la acción propuesta reduciría el costo del lanzamiento y aumentaría la eficiencia, brindando un mayor acceso al espacio y permitiendo la entrega rentable de carga y personas a la Luna y Marte. La acción propuesta por SpaceX cumpliría con los requisitos de métodos de transporte espacial más eficientes y efectivos y continuaría con el objetivo estadounidense de fomentar las actividades del sector privado para fortalecer y expandir la infraestructura de transporte espacial de los EE. UU.

2. Descripción de la acción propuesta y las alternativas

La NEPA exige que la FAA considere el propósito y la necesidad de la Acción Propuesta y, a partir de ahí, “estudie, desarrolle y describa alternativas técnica y económicamente factibles”.¹ Como se discutió en el capítulo 3, la FAA no ha identificado ningún conflicto sin resolver relacionado con los usos alternativos de los recursos disponibles asociados con la propuesta de SpaceX. Por lo tanto, de conformidad con la Orden 1050.1G de la NEPA y la FAA, § 1.5 (b) (ii), esta EA escalonada considera la alternativa de no acción y la acción propuesta.

2.1 Sin alternativa de acción

La opción Sin alternativa de acción es coherente con la contenida en la EA escalonada de abril de 2025. Según la alternativa de no acción, la FAA no modificaría la licencia de SpaceX para los perfiles de misión de regreso de Starship al sitio de lanzamiento ni las trayectorias adicionales de lanzamiento de Starship-Super Heavy con

¹ 42 U.S.C. § 4332(2)(F).

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

actualizaciones en las áreas de cierre del espacio aéreo. Sin estas actualizaciones, SpaceX no podría continuar con el desarrollo iterativo de Starship-Super Heavy ni esforzarse por alcanzar su objetivo de proporcionar una mayor capacidad de misión para los sectores espacial comercial y gubernamental. Esta alternativa no cumple con el propósito y la necesidad de la Acción propuesta y solo se incluye para proporcionar la base para comparar las consecuencias ambientales de la Acción propuesta.

2.2 Acción propuesta

SpaceX busca realizar operaciones para una variedad de perfiles de misión diferentes, lo que requeriría que la FAA emitiera una modificación de su licencia de operador de vehículos existente para actualizar las operaciones de trayectorias de lanzamiento adicionales y los perfiles de misión de regreso al sitio de lanzamiento de Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de Boca Chica. La acción federal también incluye la emisión por parte de la FAA de cierres temporales del espacio aéreo.

Los siguientes aspectos de las operaciones de SpaceX permanecen sin cambios y se evalúan mediante la documentación ambiental existente que respalda el programa:

- Operaciones previas al vuelo (sección 2.1.3.2 de la PEA de 2022)
- Restricciones nominales de acceso operativo (sección 2.1.3.5 de la PEA de 2022)
- Niveles de personal (sección 2.1.3.6 de la PEA de 2022)
- Anomalías (sección 2.1.3.7 de la PEA de 2022)
- Operaciones de lanzamiento (sección 2.2 de la EA escalonada de abril de 2025)
- Aterrizajes (sección 2.3 de la EA escalonada de abril de 2025)
- Cierres de vías fluviales (sección 2.5 de la EA escalonada de abril de 2025)

La autoridad de la FAA en virtud de la Ley de Lanzamientos Espaciales Comerciales solo se extiende a las actividades de lanzamiento autorizadas. En este análisis no se incluyen las actividades adicionales en el sitio de lanzamiento de Boca Chica y sus alrededores, como la producción y la fabricación, las pruebas de motores, escenarios y tanques que no estén dentro del alcance de la licencia.² Los efectos de tales actividades se consideran parte de la línea de base ambiental y junto con los efectos de la Acción Propuesta (consulte la Sección 3).

2.2.1 Lanzamientos orbitales

Como se describe en la sección 2.1.3.4 de la PEA de 2022, los lanzamientos orbitales se realizarían principalmente a inclinaciones bajas con trayectorias de vuelo al norte o al sur de Cuba que minimizarán el sobrevuelo terrestre. SpaceX actualmente se lanza desde el sitio de lanzamiento de Boca Chica a través del estrecho de Florida, al norte de Cuba, en una trayectoria suborbital. Se necesitan trayectorias de lanzamiento

²Véase Seven Cnty. Infrastructure Coal. v. Condado de Eagle, Colorado, 605 EE. UU., 145 S. Ct. 1497 (2025) (“Los efectos de un proyecto independiente pueden ser previsibles desde el punto de vista fáctico, pero eso no significa que esos efectos sean relevantes para el proceso de toma de decisiones de la agencia ni que sea razonable responsabilizar a la agencia por esos efectos”).

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

adicionales para respaldar las trayectorias orbitales de Starship en los perfiles de misión de Regreso al Sitio de Lanzamiento. Esta EA escalonada evalúa las trayectorias orbitales teóricas desarrolladas con un sobrevuelo limitado de la población.

2.2.2 Cierres del espacio aéreo

Como se describe en la sección 2.1.3.5 de la PEA de 2022, todas las operaciones de lanzamiento y reingreso cumplirían con los requisitos de notificación necesarios, incluida la emisión de avisos a los aviadores (NOTAM), tal como se definen en los acuerdos requeridos para una licencia de lanzamiento emitida por la FAA. Un NOTAM notifica los cierres futuros imprevistos o temporales de componentes o peligros del Sistema Nacional de Espacio Aéreo (NAS). Estos cierres temporales se determinan al menos 72 horas antes de una actividad de lanzamiento o reingreso en el espacio aéreo; posteriormente, se emite el NOTAM correspondiente para notificar a los pilotos y otras partes interesadas las condiciones temporales. Los proveedores de servicios de navegación aérea (ANSPs) también utilizan los NOTAM para avisar de los cierres temporales del espacio aéreo en el espacio aéreo extranjero. La notificación anticipada a través de NOTAM y la identificación de las áreas de peligro de las aeronaves (AHAs) ³ ayudan a los pilotos a programar cualquier interrupción temporal de las actividades de vuelo en el área de operación.

La ubicación y el tamaño de los cierres del espacio aéreo para las operaciones espaciales comerciales también varían según el tipo de misión y están influenciados por múltiples factores, incluido el historial de vuelos anteriores. El tamaño de los cierres del espacio aéreo puede aumentar o disminuir a medida que la confiabilidad disminuye o aumenta con los resultados y análisis de cada lanzamiento.

La FAA llevó a cabo una evaluación del NAS sobre las trayectorias de lanzamiento teóricas adicionales y las AHAs de regreso de Starship al sitio de lanzamiento, basándose en datos de aeronaves comerciales de 2024.

Trayectorias de lanzamiento adicionales

Los lanzamientos de Starship-Super Heavy y las reentradas de propulsores Super Heavy ⁴ con un sobrevuelo de Florida afectarían a las rutas aéreas que se extienden hacia el este desde el sitio de lanzamiento sobre partes del Golfo de América, el norte de Florida y el Océano Atlántico, y cubren aproximadamente 1,600 millas náuticas. Las AHAs pueden requerir el cierre de docenas de vías aéreas oceánicas costeras y de aguas profundas sobre el Golfo de América y el Océano Atlántico, lo que requiere un importante desvío de las aeronaves para evitar las AHAs. La trayectoria de lanzamiento más austral y de reentrada del propulsor Super Heavy podría afectar el espacio aéreo de México, Cuba, Jamaica y las Islas Caimán. Se espera que México, Cuba, Jamaica y las Islas Caimán cierren sus respectivos espacios aéreos. Consulte la figura 1 para ver una descripción del alcance de los AHAs adicionales de lanzamiento y aterrizaje de propulsores Super Heavy.

³ Las áreas de peligro son cualquier región de tierra, mar o aire que debe inspeccionarse, publicitarse, controlarse o evacuarse para controlar el riesgo para el público. Incluye las regiones terrestres, marítimas y aéreas potencialmente expuestas a los desechos peligrosos generados durante los eventos de vuelo normales y todos los modos de falla razonablemente previsibles.

⁴ Los aterrizajes de propulsores Super Heavy en el sitio de lanzamiento se incluyen en los AHAs de lanzamiento y se supone que se producen aproximadamente 10 minutos después del lanzamiento de Starship-Super Heavy.

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Figura 1 — Lanzamiento hipotético del Starship-Super Heavy y actividades de retorno del Super Heavy (AHAs)



Sobrevuelo de Florida (AHA)

La FAA llevó a cabo una evaluación preliminar del NAS de los AHAs teóricos de lanzamiento y aterrizaje de propulsores Super Heavy, basándose en datos de aviones comerciales de 2024. Los AHAs de lanzamiento y aterrizaje de propulsores Super Heavy podrían afectar a un mínimo de 10 aviones comerciales por hora, durante el período más bajo de medianoche, o hasta un máximo de 200 aviones comerciales por hora, durante los períodos de mayor tráfico diario. La EA escalonada de abril de 2025 supone que se llevarían a cabo hasta 22 lanzamientos de Starship-Super Heavy y aterrizajes de Super Heavy durante el día (de 7:00 AM a 10:00 PM), y que no se realizarían aterrizajes en el sitio de lanzamiento de Boca Chica durante el horario nocturno (de 10:00 PM a 7:00 AM). Se supone que todos los aterrizajes nocturnos de Super Heavy se producen en el Golfo de América. La tabla 1 muestra un rango del número aproximado de aeronaves comerciales impactadas por hora y por año para el total de operaciones propuestas. Se espera que los vuelos nacionales que normalmente toman rutas costeras se desvíen por rutas interiores, lo que provocaría un aumento de la congestión y del tiempo de viaje de los vuelos.

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Tabla 1 Posibles aeronaves comerciales impactadas por AHAs durante dos trayectorias adicionales de lanzamientos Starship-Super Heavy y aterrizajes de Super Heavy

Operaciones/Año	Cronograma	Aeronave//Hora	Duración mínima de la AHA	Duración máxima de la AHA	Número de aeronaves impactadas o lanzadas	Número de aeronaves impactadas//Año
3	Período más bajo de medianoche	10 (mínimo)	40 minutos	2 horas	7 a 120	21 a 360
22	Periodos de viaje diarios pico	200 (máximo)	40 minutos	2 horas	133 a 400	2,926 a 8,800

La integración de las operaciones de sobrevuelo de Starship-Super Heavy de Florida y los aterrizajes de propulsores Super Heavy en el NAS desde Boca Chica requeriría que la FAA realizara paradas en tierra proporcionales a la hora de la AHA y a las millas recorridas (distancia entre las aeronaves) para controlar el espaciado y el volumen, así como para desviar las aeronaves alrededor de la AHA. Debido a la duración del lanzamiento y al aterrizaje de propulsores Super Heavy (AHAs), algunos vuelos, especialmente los internacionales, pueden optar por retrasar la hora de salida debido a la incapacidad de aceptar un cambio de ruta debido a la falta de combustible o al tiempo de vuelo del cambio de ruta. Según la evaluación de la NAS, el retraso promedio esperado en los vuelos para los lanzamientos ⁵ duraría aproximadamente 40 minutos y podría durar hasta dos horas. Las operaciones de aviación general se verían afectadas de manera similar por los AHA de lanzamiento y aterrizaje de propulsores Super Heavy; sin embargo, las operaciones de aviación general suelen tener más flexibilidad para la planificación de vuelos que los vuelos comerciales, debido a la naturaleza de los vuelos comerciales de conexión.

Sur de Cuba AHA

Según una evaluación preliminar de la NAS, se prevé que la AHA teórica para las operaciones de lanzamiento de Starship-Super Heavy en el sur de Cuba y los aterrizajes de propulsores Super Heavy afecte a más de 175 vuelos, y que el 99% de las aeronaves identificadas participen en rutas de conexión internacionales. Debido a la cantidad de espacio aéreo internacional afectado, no se puede proporcionar la misma fidelidad del alcance de los vuelos afectados que en la Tabla 1.

La integración de las operaciones de lanzamiento de Starship-Super Heavy al sur de Cuba y los aterrizajes de propulsores Super Heavy en el NAS requeriría paradas en tierra proporcionales a la hora de la AHA y a las millas recorridas (distancia entre las aeronaves) para controlar el espaciado y el volumen, así como para desviar las aeronaves alrededor de la AHA. Debido a la duración del lanzamiento y al aterrizaje de propulsores Super Heavy (AHAs), algunos vuelos, especialmente los internacionales, pueden optar por retrasar la hora de salida debido a la incapacidad de aceptar un cambio de ruta debido a la falta de

⁵ El retraso podría ser mayor de forma incremental en función de cualquier retraso en el inicio del lanzamiento dentro del supuesto período de lanzamiento de dos horas.

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

combustible o al tiempo de vuelo del cambio de ruta. Según la evaluación preliminar de la NAS, el retraso promedio esperado de un vuelo duraría aproximadamente 40 minutos ⁶ y podría durar hasta dos horas. Las operaciones de aviación general se verían afectadas de manera similar por la zona de peligro de las aeronaves; sin embargo, las operaciones de aviación general suelen tener más flexibilidad para la planificación de vuelos que los vuelos comerciales, debido a la naturaleza de los vuelos comerciales de conexión.

Starship regresa al sitio de lanzamiento

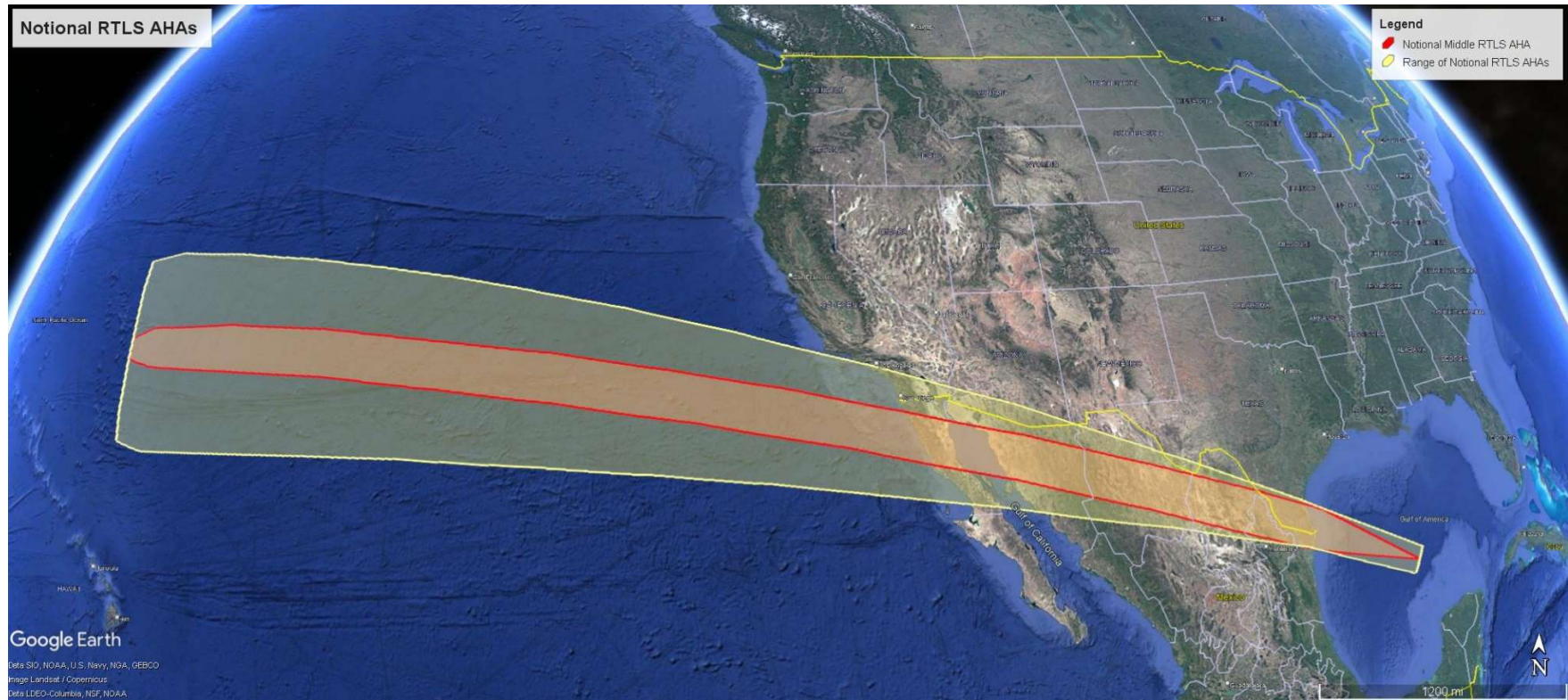
Las operaciones de regreso de Starship al sitio de lanzamiento afectarían a las rutas aéreas que se extienden hacia el oeste desde el polígono de lanzamiento de Boca Chica a través de México y partes de Texas y California, cubriendo aproximadamente 3.700 millas náuticas. Las reentradas de Starship afectarían las rutas aéreas que se extienden desde el Océano Pacífico, el sur de California, México, el sur de Texas y hasta el Golfo de América. Las AHA's pueden requerir el cierre de docenas de vías aéreas oceánicas costeras y de aguas profundas sobre el Océano Pacífico y el Golfo de América, lo que requiere el desvío de las aeronaves para evitar las AHA's. La utilización de paradas terrestres en los aeropuertos bajo las AHA's, entre otros, en el sur de California, México y el sur de Texas, y los programas de flujo del espacio aéreo ⁷ podrían ser necesarios para controlar el tráfico entre los Estados Unidos y México. Consulte la figura 2 para ver el regreso teórico de Starship al sitio de lanzamiento AHA y el alcance potencial de los AHA's.

⁶ El retraso podría ser cada vez mayor en función de cualquier retraso en el inicio del lanzamiento dentro del período de lanzamiento de dos horas.

⁷ Un programa de flujo de espacio aéreo es una herramienta de gestión del tráfico que asigna franjas horarias de llegada específicas y los correspondientes tiempos de autorización del departamento esperados para gestionar la capacidad y la demanda de un área específica identificada por el área de restricción de vuelo.

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Figura 2 — Alcance teórico de las áreas de peligro de regreso de Starship al sitio de lanzamiento



Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Los AHAs de Starship de Regreso al Sitio de Lanzamiento podrían afectar a un máximo de 200 aviones comerciales por hora, para todos los posibles AHAs dentro del alcance descrito, durante los períodos de mayor tráfico diario durante el día. La EA escalonada de abril de 2025 supuso que se producirían hasta 22 reentradas de Starship durante el día (de 7:00 AM a 10:00 PM) y que no se realizarían aterrizajes durante la noche (de 10:00 PM a 7:00 AM). Los AHAs de Starship de Regreso al Sitio de Lanzamiento podrían afectar a un total de hasta 4,400 vuelos al año. La tabla 2 muestra un rango del número aproximado de aeronaves comerciales impactadas por hora y por año para el total de operaciones propuestas.

Cuadro 2 Posibles aeronaves comerciales impactadas por los AHAs para el regreso de Starship al lugar de lanzamiento

Operaciones/Año	Cronograma	Aeronave//Hora	Duración mínima de la AHA	Duración máxima de la AHA	Número de aeronaves impactadas o lanzadas	Número de aeronaves impactadas//Año
Ninguno (no hay aterrizajes nocturnos de Starship)	Período más bajo de medianoche	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable
22	Periodos de viaje diarios pico	200 (máximo)	40 minutos	60 minutos	133 a 200	2,926 a 4,400

La integración de los perfiles de misión de regreso al sitio de lanzamiento de Starship en el NAS requeriría paradas en tierra acordes con el tiempo de la AHA y las millas recorridas (distancia entre las aeronaves) para controlar el espaciado y el volumen, así como para desviar las aeronaves alrededor de la AHA. Debido a la longitud de la zona de peligro, algunos vuelos pueden optar por retrasar la hora de salida debido a la imposibilidad de aceptar un cambio de ruta debido al tamaño de la zona de peligro. Según la evaluación de la NAS, el retraso promedio esperado del vuelo sería de aproximadamente 40 a 60 minutos.⁸ Las operaciones de aviación general se verían afectadas de manera similar por las AHAs.

3. Medio ambiente afectado y consecuencias ambientales

El sitio de lanzamiento de Boca Chica está ubicado en un terreno propiedad de SpaceX en el condado de Cameron, Texas, cerca de las ciudades de Brownsville y South Padre Island. El área más grande alrededor del sitio de lanzamiento de Boca Chica incluye varias industrias públicas y privadas, como el sitio de SpaceX conocido como Starbase, el puerto de Brownsville, la ciudad de Port Isabel, el parque eólico de San Román, las instalaciones de gas natural líquido y los desarrollos en South Padre Island. Starbase incluye infraestructura, como viviendas, restaurantes y oficinas, para respaldar las instalaciones de producción y fabricación de SpaceX cerca de Starbase.

⁸ El retraso podría ser cada vez mayor en función de cualquier retraso en el inicio del reingreso dentro del período de reingreso de 60 minutos.

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

Partes del sur de California, el sur de Texas, Florida, México, Cuba, Jamaica y las Islas Caimán se encuentran dentro del entorno ampliado afectado por las trayectorias de lanzamiento adicionales y los perfiles de misión de regreso al sitio de lanzamiento. El cambio en la acción propuesta resulta en un cambio en el área de impacto potencial de estos recursos. El análisis de esta EA escalonada se centra en las categorías de impacto ambiental que podrían verse afectadas por las actualizaciones de las áreas de cierre del espacio aéreo, que incluyen: las emisiones de la aviación y la calidad del aire; los materiales peligrosos; el uso del suelo compatible con el ruido y el ruido; y la socioeconomía. No hay impactos potenciales que puedan afectar a los recursos biológicos (vida silvestre terrestre y marina); los recursos culturales; la Ley del Departamento de Transporte, sección 4 (f); los recursos naturales y el suministro de energía; los recursos visuales; los recursos hídricos; los riesgos para la salud y la seguridad de los niños; las tierras de cultivo; o los ríos salvajes y pintorescos; por lo tanto, estas categorías de impacto ambiental no se analizan en esta EA escalonada.

La PEA y el FONSI/ROD mitigado de 2022 y la EA escalonada y el FONSI/ROD mitigado de abril de 2025 incluyeron medidas de mitigación para garantizar que los posibles impactos del programa de lanzamiento de SpaceX no tuvieran un impacto significativo en el medio ambiente. SpaceX mantiene el cumplimiento continuo de todas las medidas de mitigación.

3.1 Ruido y uso del suelo compatible con el ruido

La PEA de 2022 y la EA escalonada de abril de 2025 determinaron que no cabía esperar que la acción propuesta tuviera un impacto significativo en el ruido y en el uso del suelo compatible con el ruido, y que el estruendo sónico y otros ruidos no afectarían significativamente a ningún recurso, incluidos los recursos biológicos, culturales o de la Sección 4 (f).

Los cierres del espacio aéreo asociados con la acción propuesta podrían provocar que las aeronaves se dejaran en tierra temporalmente en los aeropuertos afectados y que los vuelos en ruta cambiaran de ruta por rutas de vuelo alternativas establecidas, que a su vez son evaluadas por la FAA en virtud de la NEPA. La aeronave podría quedar temporalmente en tierra si el espacio aéreo por encima o alrededor del aeropuerto está cerrado. Los retrasos terrestres también se utilizan en algunas circunstancias para evitar desvíos aéreos. Si las aeronaves estuvieran en tierra, los niveles de ruido en el aeropuerto podrían aumentar temporalmente si los aviones permanecen inactivos; es probable que algunas aeronaves apaguen los motores por completo hasta que se levante el cierre. Además, dependiendo de la altitud a la que las aeronaves se acerquen a un aeropuerto, podría haber aumentos temporales en los niveles de ruido en las comunidades cercanas a los aeropuertos. Las aeronaves viajarían por las rutas y rutas de vuelo existentes que se utilizan a diario para tener en cuenta las restricciones meteorológicas y otras restricciones temporales. Cualquier aumento gradual de los niveles de ruido en los aeropuertos individuales solo duraría mientras dure el cierre del espacio aéreo y no se espera que cambie significativamente los niveles sonoros medios diurnos y nocturnos actuales en los aeropuertos afectados y las áreas circundantes. Por lo tanto, no se espera que los cierres del espacio aéreo debidos a la acción propuesta provoquen impactos de ruido significativos.

Sobre la base de las conclusiones anteriores, los datos y los análisis son consistentes con los analizados en la PEA de 2022 y en la EA escalonada de abril de 2025, y la acción propuesta no tendría un impacto significativo en el ruido ni en un uso del suelo compatible con el ruido.

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

3.2 Emisiones de la aviación y calidad del aire

Los cierres del espacio aéreo asociados con la acción propuesta conducirían a un aumento de las emisiones de las aeronaves. Esto se debe principalmente a que las aeronaves tendrían que tomar rutas de vuelo alternativas preestablecidas, que a su vez son evaluadas por la FAA en virtud de la NEPA. Esto se traduciría en el uso de más combustible. El aumento de las emisiones se derivaría del uso adicional de combustible. Si bien el cambio de ruta sería un escenario efímero para las aeronaves afectadas y acorde con el momento en que se cerraron los espacios aéreos, las emisiones derivadas de los efectos de los lanzamientos y devoluciones de los vehículos, teniendo en cuenta el número de aeronaves impactadas, no serían significativas.

Según los hallazgos anteriores, los datos y los análisis son consistentes con los analizados en la PEA de 2022 y en la EA escalonada de abril de 2025, y la acción propuesta no tendría un impacto significativo en la calidad del aire.

3.3 Materiales peligrosos, residuos sólidos y prevención de la contaminación

Un lanzamiento podría provocar la distribución de escombros y materiales peligrosos por debajo de las AHAs. El tamaño de las AHAs puede aumentar o disminuir a medida que la confiabilidad disminuye o aumenta con los resultados y los análisis de cada lanzamiento. Si se produjera alguna anomalía durante la operación, SpaceX respondería rápidamente a todas las liberaciones accidentales de sustancias contaminantes e implementaría las medidas de limpieza adecuadas de acuerdo con las leyes aplicables para minimizar los impactos en el medio ambiente.

La explosión de un barco cerca de la superficie o la ruptura del barco a gran altitud crearían un campo de escombros compuesto principalmente por metales pesados y algunos materiales compuestos (por ejemplo, fibra de carbono). Si se depositan en el agua, la mayoría de estos materiales se hundirían rápidamente a través de la columna de agua, mientras que algunos objetos pueden permanecer flotando en la superficie o suspendidos en la columna de agua antes de hundirse hacia el fondo marino.

Starship está construido principalmente de acero inoxidable, que no es tóxico e inerte. Otros residuos incluyen baldosas térmicas compuestas de sílice, que tiene propiedades similares al vidrio y es muy resistente a la degradación. Las placas térmicas se consideran inertes. No se esperan impactos en la calidad del aire o la química del agua. Se sabe que el vidrio se rompe o se rompe en trozos más pequeños, y los bordes afilados se vuelven redondeados y lisos con el tiempo. Es probable que las placas térmicas cambien de manera similar si estuvieran presentes las mismas condiciones ambientales. Los propulsores de Starship son oxígeno y metano líquidos, que no son peligrosos en lugar de combustibles hipergólicos altamente tóxicos. Se prevé que el propulsor residual se evapore o se diluya rápidamente debido a las corrientes superficiales y la mezcla oceánica.

Starship tendría aproximadamente 34 galones de fluido hidráulico. En el caso de una anomalía, el fluido hidráulico puede permanecer contenido en el vehículo, encenderse o liberarse. Los materiales peligrosos restantes, como artefactos explosivos o productos químicos, se transportarían de vuelta a SpaceX de acuerdo con las normas para el transporte de sustancias peligrosas.

No hay cambios con respecto a la acción propuesta que puedan afectar los residuos sólidos o la prevención de la contaminación. Según los hallazgos anteriores, los datos y los análisis son consistentes con los

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

analizados en la PEA de 2022 y la EA escalonado de abril de 2025, y la acción propuesta no tendría un impacto significativo en los materiales peligrosos, los residuos sólidos y la prevención de la contaminación.

3.4 Socioeconomía

La acción propuesta restringiría el uso de partes del espacio aéreo e iniciaría paradas en tierra en varios aeropuertos durante aproximadamente 40 minutos y hasta dos horas para los lanzamientos de Starship-Super Heavy y los retornos de Super Heavy, y aproximadamente 40 minutos y hasta 60 minutos para el período de reingreso de Starship.⁹ Según la acción propuesta, los perfiles de las misiones tendrían posibles efectos en el espacio aéreo en forma de retrasos, desvíos y cancelaciones. Según el momento y la duración de las ventanas de lanzamiento y reingreso, los vuelos de la aviación comercial y general podrían retrasarse, cancelarse o desviarse. Si bien la acción propuesta incluiría estas restricciones temporales, no habría cambios en la cantidad de personal operativo ni en los impuestos. Habría cambios en los gastos debido a las demoras y los ingresos asociados de las aerolíneas, pero no se esperaría ningún cambio en la actividad económica, los ingresos personales, el empleo, la población, el sustento, los servicios públicos y/o las condiciones sociales.

En consecuencia, de acuerdo con los datos y análisis contenidos en la PEA de 2022 y la EA escalonada de abril de 2025, la acción propuesta no tendría un impacto socioeconómico significativo.

4. Conclusión

La PEA de 2022 y la EA escalonada de abril de 2025 examinaron el potencial de impactos ambientales significativos derivados de las operaciones de lanzamiento de Starship-Super Heavy en el polígono de lanzamiento de Boca Chica y definieron el marco regulatorio para los impactos asociados con Starship-Super Heavy. Las áreas evaluadas para determinar los impactos ambientales en esta EA escalonada incluyen las emisiones de la aviación y la calidad del aire; el ruido y el uso del suelo compatible con el ruido; los materiales peligrosos; y la socioeconomía. En cada una de estas áreas, la FAA ha concluido que no se producirían impactos significativos como resultado de la Acción Propuesta.

5. Lista de preparadores

Amy Hanson, especialista en protección ambiental
Oficina de Transporte Espacial Comercial de la FAA

Andrew Leske, especialista en protección ambiental
Oficina de Transporte Espacial Comercial de la FAA

⁹ El retraso podría ser cada vez mayor en función del retraso del inicio del reingreso dentro del período de reingreso de 60 minutos.

Borrador de una evaluación ambiental escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para otras trayectorias de lanzamiento y los aterrizajes de Starship Boca Chica del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas

6. Literatura citada

- Administración Federal de Aviación (FAA). 2022. Evaluación ambiental programática final para el programa de vehículos de lanzamiento SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas. Junio de 2022. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en junio de 2024.
- FAA. 2023a. Reevaluación escrita de la evaluación ambiental programática final de 2022 para el programa Starship-Super Heavy Launch Vehicle en el sitio de lanzamiento de Boca Chica en el condado de Cameron. Texas. Sistema de supresión de detonaciones en la plataforma de lanzamiento y aterrizaje de vehículos Starship-Super Heavy, abril de 2023. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en junio de 2024.
- FAA. 2023b. Reevaluación escrita de la evaluación ambiental programática final de 2022 para el programa Starship-Super Heavy Launch Vehicle en el sitio de lanzamiento de Boca Chica en el condado de Cameron. Texas. Funcionamiento del sistema de diluvio, adición de un escudo térmico delantero entre etapas y expansión del área de posibles efectos para los recursos culturales. Noviembre de 2023. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en junio de 2024.
- FAA. 2024a. Evaluación ambiental escalonada para los aterrizajes de SpaceX Starship en el Océano Índico. Marzo de 2024. Disponible en: <https://www.faa.gov/media/76836>. Consultado en junio de 2024.
- FAA. 2024b. Reevaluación escrita de la evaluación ambiental programática final de 2022 para el programa Starship-Super Heavy Launch Vehicle en el sitio de lanzamiento de Boca Chica en el condado de Cameron. Texas. El área de aterrizaje entre etapas con protección térmica delantera, la cobertura del estampido sónico, el uso del sistema de diluvio durante los aterrizajes de regreso al lugar de lanzamiento y el uso de las zonas de seguridad de la Guardia Costera de los EE. UU. Octubre de 2024. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en mayo de 2025.
- FAA. 2025a. La evaluación ambiental final escalonada del vehículo SpaceX Starship-Super Heavy aumentó la cadencia en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas. Abril de 2025. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en septiembre de 2025.
- FAA. 2025b. Evaluación ambiental final escalonada para actualizar los cierres del espacio aéreo para el perfil de misión del vuelo 9 del SpaceX Starship-Super Heavy en el sitio de lanzamiento de SpaceX Boca Chica en el condado de Cameron, Texas. Mayo de 2025. Disponible en: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship. Consultado en septiembre de 2025.