

Maestría en

**Desarrollo Sostenible y
Responsabilidad Social Organizacional**

**Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Magíster en Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social Organizacional**

AUTORES:

**Marcela Anaís Del Pozo Larrea
María de Lourdes Gaibor Vargas
Johanna Beatriz Ortiz Wilchez
María Fernanda Polo Almeida
María Mercedes Rengel Calvopiña
Manuel Alejandro Vinueza Morales**

TUTORES:

**Marcelo Cabrera
Beatriz Zambruno
Cecilia Puertas**

**Diseño de una Estrategia Nacional de Sostenibilidad Hídrica enfocada en los Aeropuertos
Concesionados/Internacionales del Ecuador: Fortalecimiento de la Seguridad Operativa y Garantía
de Continuidad del Servicio bajo Estándares Internacionales.**

Quito, junio 2026

Certificación de autoría

Nosotros, Marcela Anaís Del Pozo Larrea, María de Lourdes Gaibor Vargas, Johanna Beatriz Ortiz Wilchez, María Fernanda Polo Almeida, María Mercedes Rengel Calvopiña, Manuel Alejandro Vinueza Morales, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

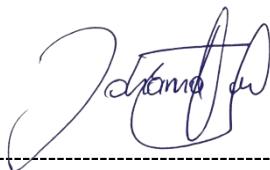
Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



Firma del graduando
Marcela Anaís Del Pozo Larrea



Firma del graduando
Manuel Alejandro Vinueza Morales



Firma del graduando
Johanna Beatriz Ortiz Wilchez



Firma del graduando
María de Lourdes Gaibor Vargas



Firma del graduando
María Mercedes Rengel Calvopiña



Firma del graduando
María Fernanda Polo Almeida

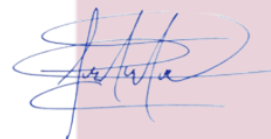
Autorización de Derechos de Propiedad Intelectual

Nosotros, Marcela Anaís Del Pozo Larrea, María de Lourdes Gaibor Vargas, Johanna Beatriz Ortiz Wilchez, María Fernanda Polo Almeida, María Mercedes Rengel Calvopiña, Manuel Alejandro Vinueza Morales, en calidad de autores del trabajo de investigación titulado *Diseño de una estrategia nacional de sostenibilidad hídrica para la red aeroportuaria del Ecuador: Fortalecimiento de la seguridad operativa y garantía de continuidad del servicio bajo estándares internacionales*, autorizamos a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) para hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento en Ecuador.

D. M. Quito, junio 2026



Firma del graduando
Marcela Anaís Del Pozo Larrea



Firma del graduando
María de Lourdes Gaibor Vargas



Firma del graduando
Manuel Alejandro Vinueza Morales



Firma del graduando
María Mercedes Rengel Calvopiña



Firma del graduando
Johanna Beatriz Ortiz Wilchez



Firma del graduando
María Fernanda Polo Almeida

Aprobación de dirección y coordinación del programa

Nosotros, **Alberto Martínez - Director EIG y Cecilia Puertas – Coordinadora UIDE**, declaramos que los graduandos: Marcela Anaís Del Pozo Larrea, María de Lourdes Gaibor Vargas, Johanna Beatriz Ortiz Wilchez, María Fernanda Polo Almeida, María Mercedes Rengel Calvopiña, Manuel Alejandro Vinueza Morales son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal de ellos.



Alberto Martínez

Director de la Maestría en Desarrollo
Sostenible y Responsabilidad Social
Organizacional



Cecilia Puertas

Coordinador/a de la Maestría en Desarrollo
Sostenible y Responsabilidad Social
Organizacional

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes han creído siempre en nosotros y también a quienes trabajan día a día por el cuidado del medio ambiente y la implementación de prácticas responsables dentro de las organizaciones. La culminación de esta tesis nos ha motivado profundamente en la comprensión de la importancia del desarrollo sostenible y la responsabilidad social organizacional. Nos llevamos no solo conocimientos, sino el compromiso de actuar de manera consciente y responsable, entendiendo que cada uno de nosotros tiene un papel fundamental como agente de cambio en la sociedad y en el cuidado de nuestro entorno.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la finalización de este trabajo de tesis. A nuestros docentes y tutores, quienes con su conocimiento nos orientaron durante las clases y este año de estudios. Agradecemos también a nuestras familias por su confianza y apoyo. De manera especial, valoramos el compromiso, la dedicación y el trabajo comprometido de cada uno de los seis integrantes de este equipo. Este proyecto no solo representa un logro académico, sino también una experiencia de aprendizaje compartido que fortaleció nuestras habilidades, valores y sentido de responsabilidad.

Resumen

El presente trabajo propone el diseño de una Estrategia Nacional de Sostenibilidad Hídrica enfocada en los Aeropuertos Concesionados /Internacionales del Ecuador (Quito, Guayaquil, Cuenca y Galápagos), orientada a fortalecer la seguridad operativa y garantizar la continuidad del servicio bajo estándares internacionales, los aeropuertos al ser infraestructuras críticas para la conectividad, el comercio, la movilidad de pasajeros, su operación puede depender entre otros recursos de la disponibilidad, calidad y gestión eficiente del recurso hídrico.

La red aeroportuaria ecuatoriana enfrenta desafíos asociados a la variabilidad climática, sequías, lluvias intensas, inundaciones, presión sobre fuentes de abastecimiento, dependencia de terceros críticos, crecimiento de la demanda y mayores exigencias regulatorias y reputacionales, con este contexto, se plantea una estrategia sectorial que integre criterios de eficiencia hídrica, reúso, monitoreo, gestión de riesgos, protección de fuentes, gobernanza, indicadores ESG y mejora continua.

La propuesta se fundamenta en buenas prácticas internacionales aplicables al sector aeroportuario, incluyendo lineamientos de sostenibilidad, resiliencia climática, gestión ambiental y reporte ESG promovidos por organismos especializados como ACI World y ACI-LAC, con esta guía se pretende establecer una hoja de ruta adaptable a aeropuertos nacionales contribuyendo a una gestión hídrica acorde al nuevo contexto climático y corporativo.

Palabras clave: sostenibilidad hídrica, red aeroportuaria, seguridad operativa, continuidad del servicio, ESG.

Abstract

This paper proposes a National Water Sustainability Strategy for Ecuador's Airport Network aimed at strengthening operational safety and ensuring service continuity under international standards. Recognizing airports as critical infrastructure for connectivity, commerce, and passenger mobility, their operation directly depends, among other resources, on the availability, quality, and efficient management of water.

Ecuador's airport network faces challenges related to climate variability, droughts, heavy rainfall, flooding, pressure on supply sources, dependence on critical third parties, demand growth, and increasing regulatory and reputational requirements. In this context, a sectoral strategy is proposed to integrate water efficiency, reuse, monitoring, risk management, source protection, governance, ESG indicators, and continuous improvement.

The proposal includes sustainability, climate resilience, environmental management, and ESG reporting guidelines promoted by specialized organizations such as ACI World and ACI-LAC. Through this guidance, the strategy seeks to establish an adaptable roadmap for national airports, contributing to water management aligned with the new climate and corporate context.

Keywords: water sustainability, airport network, operational safety, service continuity, ESG

Tabla de Contenidos (Índice)

<i>Acuerdo de confidencialidad.....</i>	4
<i>Dedicatoria</i>	6
<i>Agradecimientos.....</i>	7
<i>Resumen</i>	8
<i>Abstract.....</i>	9
<i>Índice de Anexos</i>	13
<i>Índice de Tablas</i>	15
<i>Índice de Figuras</i>	18
<i>Capítulo 1. Introducción</i>	19
1.1. Planteamiento Del Problema E Importancia Del Estudio.....	19
1.2. Definición Del Proyecto	21
1.3. Objetivos	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos	22
1.4. Justificación, Alcance Y Metodología.....	23
1.5. Perfil De La Organización	25
1.5.1. Nombre de la organización	25
1.5.2. Misión, Visión	25

1.5.3.	<i>Actividades, Marcas, Productos Y Servicios</i>	26
1.5.4.	<i>Ubicación De La Sede</i>	26
1.5.5.	<i>Ubicación De Las Operaciones</i>	27
1.5.6.	<i>Propiedad Y Forma Jurídica</i>	27
1.5.7.	<i>Mercados Servidos O Ubicación De Sus Actividades De Negocio</i>	27
1.5.8.	<i>Tamaño De La Organización</i>	28
1.5.9.	<i>Información Sobre Empleados Y Otros Trabajadores</i>	29
1.5.10.	<i>Procesos Claves Relacionados Con El Objetivo Propuesto</i>	30
1.5.11.	<i>Principales Cifras, Ratios Y Números Que Definen A La Empresa</i>	30
1.5.12.	<i>Modelo De Negocio</i>	31
1.5.13.	<i>Grupos De Interés Internos Y Externos</i>	31
1.5.14.	<i>Otros Datos De Interés</i>	32
Capítulo 2.	<i>Elaboración Y Gestión De Proyectos Sostenibles</i>	33
2.1.	<i>Perfil Del Proyecto, Segmento De Intervención Y Actores Clave</i>	33
2.2.	<i>Modelo De Gestión Del Proyecto Sostenible</i>	34
2.3.	<i>Análisis Externo PESTEL Aplicado Al Proyecto</i>	35
2.4.	<i>Benchmarking y Brechas de Gestión Sostenible</i>	37
2.5.	<i>Proveedores, Stakeholders Y Corresponsabilidad</i>	39
2.6.	<i>Modelo Canvas Y Propuesta De Valor Sostenible</i>	40
2.7.	<i>Estructura De Costos Y Criterios De Viabilidad</i>	41

2.8.	Estrategia De Implementación Sectorial Y Go-To-Market	42
Capítulo 3. Sistema Integrado De Gestión (SIG) Para La Sostenibilidad Hídrica Aeroportuaria		44
3.1.	Alcance del SIG	44
3.2.	Diseño Ambiental E Hídrico Del Sistema	44
3.3.	Requisitos Legales Y Otros Compromisos	45
3.4.	Objetivos, Metas Y Plan De Acción Hídrico.....	47
3.5.	Evaluación, Seguimiento Y Control De Proveedores Críticos	50
3.6.	Implantación, Política Integrada Y Gestión Por Procesos.....	51
3.7.	Emergencias, Auditoría Interna, Control Documental Y Mejora Continua	55
Capítulo 4. Sostenibilidad Empresarial, Gobernanza ESG, Impactos Ambientales, Huella Hídrica, Economía Circular Y ACV		60
4.1.	Enfoque De Sostenibilidad Empresarial Aplicado Al Sector Aeroportuario.....	60
4.2.	Gobernanza ESG y Políticas de Sostenibilidad Hídrica	61
4.3.	Aspectos Económicos, Sociales Y Ambientales.....	63
4.4.	Impactos ambientales, PMA, Huella Hídrica y Economía Circular	65
4.5.	Análisis de Ciclo de Vida Aplicado a la Gestión Hídrica Aeroportuaria.....	68
5.1.	Conclusiones Generales	73
5.2.	Conclusiones Específicas	75
5.2.1.	Análisis Del Cumplimiento De Los Objetivos De La Investigación	75
5.2.2.	Contribución A La Gestión Empresarial.....	77

5.2.3.	<i>Contribución a nivel académico</i>	77
5.2.4.	<i>Contribución a nivel personal</i>	78
5.3.	<i>Limitaciones a la Investigación</i>	79
	<i>Referencias</i>	81
	<i>Anexos</i>	85

Índice de Anexos

Anexo A. Matriz automatizada de sostenibilidad hídrica aeroportuaria (archivo Excel complementario)	85
Anexo B. Matriz ejecutiva de cumplimiento normativo y trazabilidad metodológica	90
Anexo C. Matriz base de datos para ACV cuantitativo futuro.....	91
Anexo D. Glosario de siglas, abreviaturas y recursos técnicos de apoyo	93

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Método e instrumentos utilizados en el análisis</i>	23
Tabla 2 <i>Análisis PESTEL de la sostenibilidad hídrica aeroportuaria</i>	35
Tabla 3 <i>Comparativa de criterios de sostenibilidad hídrica en aeropuertos</i>	37
Tabla 4 <i>Estructura de costos macro de la estrategia hídrica</i>	41
Tabla 5 <i>Aspectos e impactos ambientales significativos</i>	44
Tabla 6 <i>Matriz resumida de requisitos legales y compromisos</i>	46
Tabla 7 <i>Objetivos y metas del SIG hídrico</i>	47
Tabla 8 <i>Plan de acción hídrico del SIG</i>	48
Tabla 9 <i>Sistema de evaluación y seguimiento</i>	50
Tabla 10 <i>Roles para la implantación del SIG</i>	52
Tabla 11 <i>Análisis de brechas para el SIG</i>	53
Tabla 12 <i>Plan de respuesta a emergencias hídricas y operativas</i>	55
Tabla 13 <i>Programa de auditoría y mejora continua</i>	57
Tabla 14 <i>Formato base de control documental</i>	58
Tabla 15 <i>Datos generales de la unidad de análisis</i>	60
Tabla 16 <i>Políticas ESG sugeridas para la gobernanza hídrica aeroportuaria</i>	62
Tabla 17 <i>Indicadores sugeridos para sostenibilidad hídrica aeroportuaria</i>	64
Tabla 18 <i>Impactos ambientales potenciales y medidas preventivas</i>	66
Tabla 19 <i>Definición del alcance del ACV aplicado a la gestión hídrica aeroportuaria</i>	68
Tabla 20 <i>Inventario cualitativo del ciclo de vida de la gestión hídrica</i>	70

Tabla 21 <i>Mejoras propuestas desde el enfoque de ciclo de vida</i>	71
---	----

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Aeropuertos concesionados/internacionales priorizados del Ecuador</i>	20
Figura 2 <i>Modelo de gestión hídrica y SIG para aeropuertos priorizados</i>	34
Figura 3 <i>Mapa de procesos integrado del SIG hídrico aeroportuario</i>	54
Figura 4 <i>Flujograma básico del plan de emergencias hídricas y operativas</i>	56
Figura 5 <i>Ciclo de vida simplificado del proceso de gestión hídrica aeroportuaria</i>	69

Capítulo 1. Introducción

1.1. Planteamiento del Problema e Importancia del Estudio

La infraestructura aeroportuaria ecuatoriana cumple una función estratégica para la conectividad nacional e internacional, el comercio exterior, el turismo, la exportación de productos perecibles y la movilidad de pasajeros. La Dirección General de Aviación Civil (DGAC) informó que en 2025 se movilizaron 8.040.741 pasajeros por los 22 aeropuertos del país, de los cuales cuatro son concesionados y 18 administrados por la DGAC, además de 424.790,46 toneladas métricas de carga, lo que confirma la importancia de asegurar servicios críticos confiables en terminales y zonas logísticas (DGAC, 2026).

Este estudio se concentra exclusivamente en los aeropuertos concesionados/internacionales del Ecuador: Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito, Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo de Guayaquil, Aeropuerto Seymour de Galápagos/Baltra y Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca. Esta delimitación evita tratar el problema como un sistema aeroportuario nacional amplio y permite diseñar una estrategia aplicable a infraestructuras con operación internacional, alta visibilidad reputacional, complejidad de actores, servicios comerciales, operadores de apoyo, prestadores de agua, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y obligaciones ambientales diferenciadas (ACI, 2025; DGAC, 2026).

El problema central es la ausencia de una estrategia integrada y estandarizada de sostenibilidad hídrica para estos cuatro aeropuertos, que permita gestionar de forma preventiva

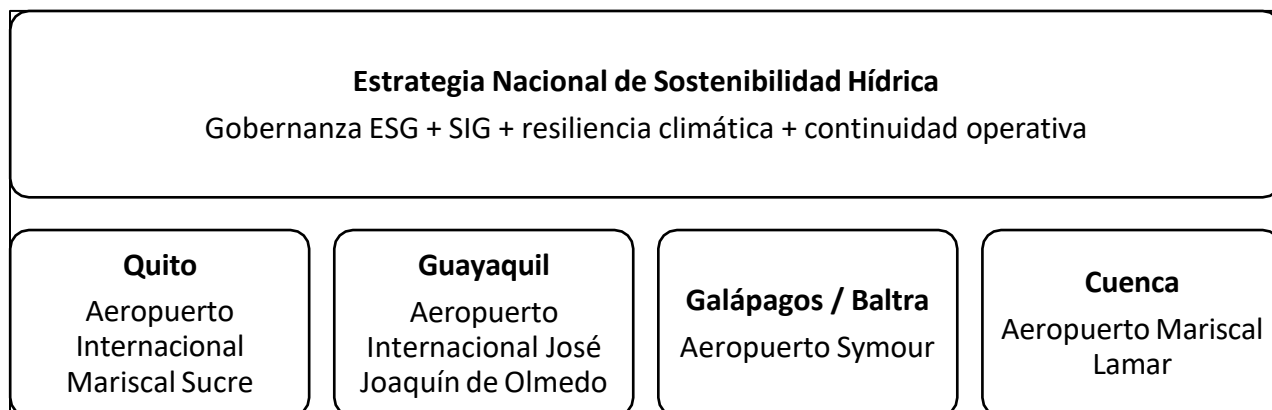
el abastecimiento, el consumo, el reúso, la calidad de efluentes, las escorrentías, la respuesta ante emergencias, los proveedores críticos y la mejora continua. La brecha es relevante porque el agua sostiene servicios sanitarios, limpieza, catering, mantenimiento, respuesta contra incendios, control de polvo, tratamiento de aguas residuales, operación de concesionarios y experiencia del pasajero (GRI, 2021; ISO, 2019, 2024).

La variabilidad climática, el estrés hídrico, las lluvias extremas, las sequías, la presión sobre fuentes de abastecimiento y la sensibilidad ecosistémica de Galápagos incrementan la probabilidad de interrupciones, conflictos de uso, impactos ambientales y riesgos reputacionales. Por ello, la gestión hídrica aeroportuaria debe entenderse como un componente de seguridad operativa, continuidad del servicio, resiliencia climática y gobernanza, no solamente como una obligación ambiental de cumplimiento (ACI, 2025; Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2023; TNFD, 2023).

La Figura 1 delimita los cuatro aeropuertos priorizados y muestra que la estrategia se construye sobre un alcance nacional focalizado, aplicable a infraestructuras concesionadas/internacionales con realidades territoriales distintas y necesidades comunes de sostenibilidad hídrica.

Figura 1

Aeropuertos concesionados/internacionales priorizados del Ecuador



Nota. Elaboración propia con base en Dirección General de Aviación Civil (2026) y Airports Council International (2025).

1.2. Definición del Proyecto

El proyecto consiste en diseñar una Estrategia Nacional de Sostenibilidad Hídrica para los aeropuertos concesionados/internacionales del Ecuador, articulada con un Sistema Integrado de Gestión (SIG) que ordene procesos, responsabilidades, controles, indicadores y evidencias. La propuesta busca fortalecer la continuidad del servicio, la seguridad operativa y la sostenibilidad empresarial mediante una gestión hídrica eficiente, resiliente, trazable y auditable (ACI, 2025; ISO, 2015a, 2015b, 2018, 2019).

La estrategia incorpora eficiencia hídrica, medición inteligente o smart metering, Internet de las Cosas (IoT), telemetría, reúso de aguas tratadas, captación de aguas lluvias, redes moradas, control de vertidos, gestión de escorrentías, protección de cuencas, fondos de agua, reportabilidad ESG, indicadores por pasajero, auditoría interna, control documental, análisis de riesgos climáticos y acciones de mejora continua (GRI, 2021; ISO, 2024; TNFD, 2023).

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Diseñar una Estrategia Nacional de Sostenibilidad Hídrica para los aeropuertos concesionados/internacionales del Ecuador: Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca, integrando un Sistema Integrado de Gestión que fortalezca la seguridad operativa, la continuidad del servicio, el cumplimiento normativo, la resiliencia climática, la gobernanza y la sostenibilidad empresarial bajo estándares internacionales aplicables al sector aeroportuario.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Establecer una línea base hídrica para los cuatro aeropuertos priorizados, considerando fuentes de abastecimiento, consumos, descargas, monitoreos, riesgos, PTAR, proveedores críticos y oportunidades de reúso.
- Evaluar riesgos hídricos y climáticos que puedan afectar la seguridad sanitaria, la experiencia del usuario, la operación aeroportuaria, los costos, la reputación y el cumplimiento legal.
- Formular programas de eficiencia, medición, telemetría, reúso, control de vertidos, captación pluvial, protección de fuentes y respuesta a emergencias, alineados con ISO 46001, ISO 14001 y GRI 303.
- Diseñar un SIG que vincule calidad, ambiente, seguridad y salud en el trabajo, control documental, auditoría interna, no conformidades, acciones correctivas e indicadores de mejora continua para la estrategia hídrica aeroportuaria
- Integrar sostenibilidad empresarial, gobernanza, huella hídrica, economía circular y Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como herramientas para transformar la gestión hídrica en valor operativo, ambiental, social y financiero.

1.4. Justificación, Alcance y Metodología

La sostenibilidad hídrica se justifica por su relación directa con continuidad operativa, servicios sanitarios, inocuidad, mantenimiento, atención al pasajero, operación de concesionarios, control de emergencias y reputación país. En aeropuertos internacionales, una interrupción prolongada del suministro o una descarga no conforme puede afectar seguridad sanitaria, cumplimiento ambiental, experiencia de pasajeros, operación logística, relaciones comunitarias y confianza de inversionistas (ACI, 2025; GRI, 2021).

El alcance comprende procesos bajo control o influencia de los operadores de Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca vinculados con abastecimiento, consumo, almacenamiento, tratamiento, reúso, descargas, drenaje, infraestructura sanitaria, contratistas, emergencias, control documental, seguimiento de desempeño y mejora continua. No se desarrolla ingeniería definitiva de obras, presupuestos CAPEX específicos ni planos constructivos, debido a que la disponibilidad de datos técnicos desagregados por aeropuerto constituye una limitación de la investigación (ISO, 2019; Velasco Carretero, 2024).

La metodología es aplicada, propositiva y documental. Combina revisión de fuentes institucionales, análisis PESTEL, benchmarking, identificación de partes interesadas, análisis de brechas, diseño de SIG, matrices operativas, indicadores ESG y ACV cualitativo-semicuantitativo. La Tabla 1 sintetiza los métodos e instrumentos utilizados para asegurar coherencia entre diagnóstico, estrategia, capítulos técnicos, conclusiones, referencias y anexos.

Tabla 1

Método e instrumentos utilizados en el análisis

Método / instrumento	Aplicación en el documento integrado
Revisión documental	Análisis de memorias, normas ISO, lineamientos ESG, regulación aeronáutica y documentos institucionales.
PESTEL	Identificación de factores político-legales, económicos, sociales, tecnológicos y ecológicos relevantes para la sostenibilidad hídrica.
Benchmarking	Comparación con buenas prácticas aeroportuarias internacionales y experiencias regionales de gestión climática e hídrica.
Stakeholders	Priorización de autoridades, operadores, concesionarios, prestadores de agua, comunidades y proveedores críticos.
Sistema de Gestión Integral (SIG)	Integración de calidad, ambiente, SST, eficiencia del agua, control documental, auditoría y mejora continua.
Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	Evaluación cualitativa de entradas, salidas, cargas ambientales y oportunidades de mejora por unidad funcional.
<i>Nota.</i> Elaborado por los autores con base en ACI (2025), ISO (2019, 2024), GRI (2021) y Velasco Carretero (2024).	

1.5. Perfil de la Organización

1.5.1. Nombre de la organización

El proyecto consiste en el diseño de una propuesta estratégica orientada a fortalecer la gestión sostenible del recurso hídrico en la red aeroportuaria del Ecuador, incorporando criterios de eficiencia, reúso, monitoreo, resiliencia climática, cumplimiento normativo, gestión de riesgos, gobernanza, indicadores ESG y mejora continua.

La estrategia se plantea como una hoja de ruta adaptable a las distintas condiciones operativas, técnicas y territoriales de los aeropuertos concesionados e internacionales del país, con el propósito de contribuir a la seguridad operativa, la continuidad del servicio y la transición hacia modelos de gestión hídrica sostenibles y regenerativos.

1.5.2. Misión, Visión

- **Misión:** Orientar la gestión sostenible del recurso hídrico en los aeropuertos concesionados e internacionales del Ecuador, mediante lineamientos técnicos, ambientales y de gobernanza que fortalezcan la eficiencia, resiliencia climática y continuidad operativa.
- **Visión:** Consolidar a la red aeroportuaria del Ecuador como un referente regional en sostenibilidad hídrica, resiliencia climática y gestión regenerativa del agua, integrando estándares internacionales y buenas prácticas aplicables a infraestructuras críticas.

1.5.3. Actividades, Marcas, Productos Y Servicios

Los aeropuertos concesionados e internacionales del Ecuador prestan servicios de conectividad nacional e internacional, transporte de pasajeros y carga, logística, operación de terminales, atención a aerolíneas, operadores comerciales, servicios en tierra, seguridad aeroportuaria y continuidad operativa. Estos servicios son considerados estratégicos para el país, considerando que la infraestructura aeroportuaria sostiene la movilidad de pasajeros, el comercio exterior y la operación logística nacional (DGAC, 2026).

En materia hídrica, las actividades asociadas a estos aeropuertos incluyen abastecimiento de agua, consumo en terminales, servicios sanitarios, limpieza, mantenimiento, catering, sistemas contra incendios, tratamiento de aguas residuales, drenaje pluvial, control de descargas, reúso de agua y respuesta ante emergencias. estas actividades son relevantes porque el agua constituye un recurso crítico para la seguridad operativa, la calidad del servicio, la higiene, la gestión ambiental y la continuidad de la operación aeroportuaria (GRI, 2021; ISO, 2019; ISO, 2024).

1.5.4. Ubicación de la Sede

La sede del proyecto se define a nivel nacional, considerando como ámbito de referencia los aeropuertos concesionados e internacionales del Ecuador priorizados en la investigación como son el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito, Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo de Guayaquil, Aeropuerto Seymour de Galápagos/Baltra y Aeropuerto Mariscal Lamar de Cuenca, esta delimitación permite abordar la sostenibilidad hídrica desde una perspectiva sectorial, integrando infraestructuras aeroportuarias ubicadas en distintas regiones del país y con condiciones operativas, climáticas, territoriales y ambientales diferenciadas.

1.5.5. Ubicación de las Operaciones

Las operaciones analizadas se desarrollan principalmente en los aeropuertos concesionados e internacionales del Ecuador, con énfasis en Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca, debido a su importancia en conectividad, flujo de pasajeros, infraestructura operativa y gestión ambiental aeroportuaria.

1.5.6. Propiedad Y Forma Jurídica

Los aeropuertos analizados operan bajo distintos modelos de administración, incluyendo concesiones, delegaciones y esquemas de gestión pública o municipal, sujetos a regulación estatal y a obligaciones ambientales, operativas y contractuales específicas.

1.5.7. Mercados Servidos o Ubicación de sus Actividades de Negocio

Los mercados servidos corresponden al transporte aéreo nacional e internacional de pasajeros y carga, turismo, comercio exterior, logística, conectividad territorial, servicios aeroportuarios, aerolíneas, concesionarios comerciales, operadores de carga, entidades públicas y usuarios del sistema aeroportuario. En 2024, por los 22 aeropuertos del Ecuador se movilizaron 7,9 millones de pasajeros a nivel nacional e internacional, lo que confirma la importancia estratégica del sistema aeroportuario para el país (DGAC, 2025).

En 2024, en cuanto a los aeropuertos priorizados en el análisis concentraron una parte relevante del tráfico aéreo del Ecuador, por ejemplo el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito movilizó aproximadamente 5,3 millones de pasajeros, el Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo de Guayaquil registró 4.167.249 pasajeros; y, dentro del tráfico nacional, los aeropuertos de Baltra y Cuenca se ubicaron entre los principales puntos de origen y destino del país, con participaciones cercanas al 7,7 % y 7,8 % del total nacional, respectivamente, de acuerdo con estas cifras, se evidencia la importancia estratégica que tiene los aeropuertos analizados para la conectividad, el turismo, la movilidad de pasajeros y la continuidad operativa del sistema aeroportuario ecuatoriano (DGAC, 2024; Corporación Quiport, 2026; TAGSA, 2025).

1.5.8. Tamaño de la Organización

El tamaño del ecosistema aeroportuario se define por la red nacional de 22 aeropuertos, el volumen de pasajeros, la carga movilizada, el número de operadores, concesionarios, aerolíneas, proveedores críticos y servicios esenciales asociados. En 2024, además de los 7,9 millones de pasajeros movilizadas, la DGAC reportó 397,8 toneladas métricas de carga transportada en el sistema aeroportuario nacional, superando en 43% lo registrado en 2019 (DGAC, 2025).

1.5.9. Información sobre Empleados y Otros Trabajadores

Los trabajadores vinculados al ecosistema aeroportuario incluyen personal directo de los operadores, personal público, contratistas, concesionarios, proveedores de limpieza, seguridad, operación, mantenimiento, gestión ambiental, carga, servicios comerciales y operadores de PTAR, para el caso del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito, se reportan aproximadamente 8.500 trabajadores aeroportuarios; mientras que ECOGAL reportó 72 colaboradores en el Aeropuerto Seymour de Galápagos/Baltra, con 46 % de participación femenina y 81 % de colaboradores provenientes de las Islas Galápagos (Corporación Quiport, 2025; ECOGAL, 2021).

La gran mayoría de estos trabajadores no pertenecen directamente al operador aeroportuario, pero su desempeño incide en el consumo de agua, limpieza, gestión de residuos, descargas, higiene, experiencia del pasajero y cumplimiento normativo. Por ello, la estrategia hídrica debe considerar capacitación, cláusulas ambientales, responsabilidades operativas, requisitos de reporte y buenas prácticas de uso eficiente del agua para trabajadores directos y terceros críticos (GRI, 2021; ISO, 2019; ISO, 2024).

1.5.10. Procesos Claves Relacionados con el Objetivo Propuesto

Los procesos clave relacionados con el objetivo propuesto se derivan en el abastecimiento, almacenamiento, distribución y consumo de agua en terminales y concesionarios; la operación de PTAR, monitoreo de descargas, gestión de lodos, drenaje pluvial, control de escorrentías, limpieza, servicios sanitarios, catering, sistemas contra incendios, atención de emergencias, gestión de proveedores críticos, control documental, indicadores y reporte ESG (ACI, 2025; GRI, 2021; ISO, 2019).

Estos procesos deben integrarse en un sistema de gestión que permita recopilar información, comprender riesgos, planificar acciones, implementar controles, evaluar resultados y comunicar avances. Este enfoque se alinea con el estándar AWS, que estructura la gestión responsable del agua en cinco etapas: recopilar y comprender, comprometerse y planificar, implementar, evaluar, y comunicar y divulgar (AWS, 2019).

1.5.11. Principales Cifras, Ratios Y Números Que Definen A La Empresa

Las principales cifras que caracterizan el proyecto incluyen: 22 aeropuertos en Ecuador, 4 aeropuertos concesionados, 18 administrados por la DGAC, 7,9 millones de pasajeros movilizados en 2024 a nivel nacional e internacional, más de 5,3 millones de pasajeros movilizados en el Aeropuerto de Quito en 2024, 364.905 toneladas métricas de carga transportadas por Quito en ese mismo año y 4.167.249 pasajeros movilizados por el Aeropuerto de Guayaquil en 2024 (DGAC, 2025; Quiport, 2025; TAGSA, 2025).

1.5.12. Modelo de Negocio

El modelo de negocio responde a una lógica B2G/B2B, orientada a generar valor para autoridades, operadores aeroportuarios, concesionarios, aerolíneas, proveedores estratégicos y usuarios del sistema, por lo que la propuesta no se basa en la comercialización de un producto físico, sino en una hoja de ruta estratégica para reducir riesgos, mejorar la eficiencia hídrica, fortalecer el cumplimiento normativo, elevar el desempeño ESG y garantizar la continuidad operativa.

1.5.13. Grupos de Interés Internos y Externos

Los grupos de interés internos incluyen áreas de operaciones, ambiente, mantenimiento, seguridad, calidad, sostenibilidad, compras, planificación, gerencias y trabajadores vinculados a la operación aeroportuaria.

Los grupos externos incluyen DGAC, autoridades ambientales, municipios, empresas públicas de agua potable, proveedores críticos, aerolíneas, pasajeros, concesionarios comerciales, operadores de carga, comunidades aledañas, organismos internacionales, academia y entidades vinculadas a gestión de riesgos, turismo, transporte y comercio exterior

1.5.14. Otros datos de Interés

Un aspecto relevante es que varios aeropuertos concesionados e internacionales cuentan con memorias de sostenibilidad, reportes ambientales, certificaciones, sistemas de gestión o información institucional pública, lo cual facilita el análisis comparativo y la identificación de buenas prácticas. Sin embargo, el valor agregado de esta propuesta consiste en avanzar hacia una visión sectorial y regenerativa, en la que los aeropuertos no solo reduzcan impactos, sino que contribuyan activamente a proteger, restaurar y fortalecer los ecosistemas hídricos que sostienen su operación.

Capítulo 2. Elaboración y Gestión de Proyectos Sostenibles

Este capítulo fortalece la dimensión de formulación, gestión y viabilidad del proyecto sostenible, alineando el modelo de intervención con el tema central de la investigación. A diferencia de un análisis general de la red aeroportuaria, el capítulo delimita actores, segmento de intervención, entorno, benchmarking, propuesta de valor, estructura de costos y ruta de implementación para los cuatro aeropuertos priorizados.

2.1. Perfil del Proyecto, Segmento de Intervención y Actores Clave

La propuesta se dirige a un segmento Business to Business (B2B) y Business to Government (B2G), porque la implementación no depende del pasajero final, sino de operadores aeroportuarios, autoridades, concesionarios, proveedores, prestadores de agua, contratistas críticos y comunidades vinculadas con el desempeño hídrico. El usuario final se beneficia por continuidad, higiene y calidad del servicio, pero la toma de decisiones recae en actores institucionales y empresariales con responsabilidades operativas, regulatorias y contractuales (ACI, 2025; DGAC, 2026; Velasco Carretero, 2024).

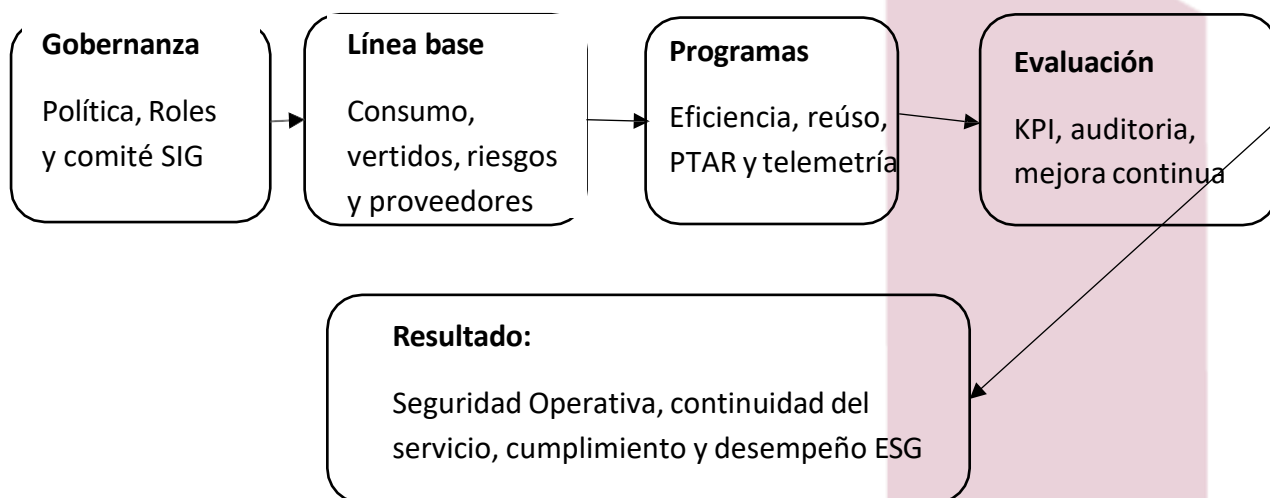
El proyecto no plantea una empresa nueva ni un producto comercial tradicional; plantea una solución de gestión sostenible para infraestructura crítica. Por ello, el perfil organizacional se estructura alrededor de los cuatro aeropuertos priorizados, sus operadores y sus procesos hídricos: abastecimiento, almacenamiento, distribución, tratamiento, reúso, drenaje, control de proveedores y respuesta a emergencias. El Anexo A incluye una plantilla ampliada para levantar el perfil de cada aeropuerto y completar datos de misión, operación, mercados servidos, procesos clave, grupos de interés y cifras hídricas.

2.2. Modelo de Gestión del Proyecto Sostenible

El modelo de gestión conecta seis componentes: gobernanza ESG, línea base hídrica, análisis de riesgos, portafolio de programas, SIG e indicadores de mejora continua. Como se observa en la Figura 2, la estrategia se vuelve gestionable cuando la alta dirección aprueba responsabilidades, los procesos generan datos confiables, los proveedores críticos son evaluados y las auditorías verifican el cierre de brechas (ISO, 2015a, 2015b, 2018, 2019; Velasco Carretero, 2024).

Figura 2

Modelo de gestión hídrica y SIG para aeropuertos priorizados



Nota. Elaboración propia con base en ISO 46001:2019/Amd 1:2024, ISO 14001:2015, ISO 9001:2015 y ACI (2025).

2.3. Análisis Externo PESTEL Aplicado al Proyecto

El análisis PESTEL permite identificar las condiciones del macroentorno que pueden favorecer o limitar la sostenibilidad hídrica aeroportuaria. Para este estudio, el análisis se ajusta a Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca, considerando que cada aeropuerto opera en una biorregión distinta, con riesgos climáticos, competencias institucionales, restricciones de infraestructura y exigencias sociales diferenciadas (CEPAL, 2023; IPCC, 2023; MAE, 2026). La Tabla 2 sintetiza los factores externos y sus implicaciones para el diseño del proyecto.

Tabla 2

Análisis PESTEL de la sostenibilidad hídrica aeroportuaria

Dimensión	Aspectos clave para el proyecto	Implicación para Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca	Evidencia o indicador sugerido
Político-legal	Competencias entre Dirección General de Aviación Civil (DGAC), Ministerio de Ambiente y Energía (MAE), Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), operadores y prestadores de agua.	Requiere matriz legal integrada, coordinación institucional y compatibilidad de obras hídricas con seguridad operacional.	Matriz legal, permisos, actas de coordinación y evaluación semestral de cumplimiento.

Dimensión	Aspectos clave para el proyecto	Implicación para Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca	Evidencia o indicador sugerido
Económico	Costos de agua, energía, mantenimiento, contingencias, sanciones y pérdida de continuidad.	La inversión debe justificarse por riesgo evitado, continuidad del servicio, reducción de consumos y protección reputacional.	CAPEX/OPEX, ahorro esperado, costo de inacción y presupuesto anual de resiliencia.
Social	Comunidades, usuarios, trabajadores, concesionarios y sensibilidad frente al uso de agua en sequía.	Demanda transparencia, comunicación, educación ambiental y protección de la licencia social para operar.	Quejas atendidas, campañas, capacitaciones y reportes públicos de desempeño hídrico.
Tecnológico	Telemetría, Internet de las Cosas (IoT), smart metering, sensores, PTAR optimizada, tableros y análisis de datos.	Permite pasar de controles reactivos a gestión preventiva, detección de fugas y comparación entre aeropuertos.	Porcentaje de submedición, alertas de fugas, tableros KPI y disponibilidad de datos mensuales.

Dimensión	Aspectos clave para el proyecto	Implicación para Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca	Evidencia o indicador sugerido
Ecológico	Sequías, lluvias intensas, inundaciones, estrés hídrico insular, escorrentías y servicios ecosistémicos.	Obliga a diseñar soluciones por biorregión: Sierra, Costa e Islas Galápagos, sin perder indicadores comunes.	Matriz de riesgos climáticos, balance hídrico, monitoreo de efluentes y protección de cuencas.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), CEPAL (2023), DGAC (2026), ISO (2024), IPCC (2023) y MAE (2026).

2.4. Benchmarking y Brechas de Gestión Sostenible

El benchmarking compara la estrategia propuesta con buenas prácticas aeroportuarias que han incorporado gestión climática, eficiencia hídrica, reúso, resiliencia y reportabilidad. Su objetivo no es copiar modelos internacionales, sino identificar criterios adaptables a la realidad ecuatoriana y a los cuatro aeropuertos priorizados. La Tabla 3 integra referentes internacionales, línea base local y aplicación propuesta para el proyecto (AENA, 2021; ACI, 2025; OPAIN, 2023; Quiport, 2024).

Tabla 3

Comparativa de criterios de sostenibilidad hídrica en aeropuertos

Criterio	Referentes internacionales	Línea base Ecuador	Aplicación propuesta para el proyecto
Gobernanza	Operadores con políticas, metas, indicadores y reporte corporativo de sostenibilidad.	Iniciativas relevantes por aeropuerto, pero con diferentes niveles de madurez y trazabilidad.	Modelo común para Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca con Comité SIG, política integrada e indicadores ESG.
Continuidad operativa	Mapas de riesgo, planes de contingencia, reservas críticas y fuentes alternativas.	Dependencia de prestadores municipales o soluciones locales, con información no siempre comparable.	Planes por biorregión, prioridades de consumo, simulacros y evaluación de proveedores críticos.
Reúso y circularidad	Aprovechamiento de aguas tratadas y lluvias en usos no potables.	Reúso puntual o condicionado por infraestructura y permisos.	Redes moradas, optimización de PTAR, captación pluvial y metas de sustitución de agua potable.
Medición y datos	Telemetría, dashboards, análisis por pasajero y control de fugas.	Controles por facturación, mediciones parciales o registros dispersos.	Smart metering por terminal, concesionarios, PTAR y puntos críticos con tablero mensual.

Criterio	Referentes internacionales	Línea base Ecuador	Aplicación propuesta para el proyecto
Protección de fuentes	Programas con cuencas, fondos de agua, biodiversidad y comunidades.	Alianzas locales valiosas, pero no siempre replicadas en todos los aeropuertos.	Convenios con fondos de agua, restauración de ecosistemas y reportabilidad de beneficios.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), AENA (2021), FONAG (2024), OPAIN (2023) y Quiport (2024).

El benchmarking evidencia tres brechas prioritarias: falta de homologación de indicadores, limitada trazabilidad de datos hídricos por aeropuerto y necesidad de pasar de iniciativas aisladas a un portafolio de proyectos con criterios de priorización. Para resolver estas brechas, el Anexo A consolida en el Excel automatizado la matriz de stakeholders, un Canvas metodológico, una hoja de ruta Go-To-Market, una ficha de línea base hídrica y una matriz de viabilidad del proyecto sostenible.

2.5. Proveedores, Stakeholders y Corresponsabilidad

La estrategia requiere mapear stakeholders y proveedores según influencia, interés, criticidad y capacidad de afectar la continuidad hídrica. En el grupo de alta influencia y alto interés se ubican DGAC, MAE, operadores aeroportuarios, prestadores de agua, operadores de PTAR, concesionarios críticos, laboratorios, gestores ambientales y fondos de agua. Estos actores deben participar en acuerdos, indicadores, auditorías y revisión de riesgos (ACI, 2025; GRI, 2021; ISO, 2019).

Los proveedores críticos no deben ser gestionados únicamente desde compras, sino desde continuidad operativa y desempeño ESG. Por tanto, sus contratos deben incluir niveles de servicio, tiempos de respuesta, evidencia de cumplimiento legal, reportes de incidentes, planes de contingencia y compromisos de mejora. Las hojas 06_Proveedores_H, 08_Stakeholders_L3 y 09_Viabilidad_L7 del Anexo A permiten vincular esta corresponsabilidad con el SIG del Capítulo 3.

2.6. Modelo Canvas y Propuesta de Valor Sostenible

El modelo Canvas permite traducir la estrategia en una propuesta de valor comprensible para autoridades, operadores y aliados. En este proyecto, la propuesta de valor consiste en reducir vulnerabilidad hídrica, asegurar continuidad operativa, mejorar reportabilidad ESG, prevenir impactos ambientales y fortalecer reputación país mediante una gestión trazable y auditable del agua (Osterwalder & Pigneur, 2021; ACI, 2025).

Los clientes o beneficiarios directos son operadores aeroportuarios, autoridades, aerolíneas, concesionarios, usuarios corporativos y comunidades. Los recursos clave son infraestructura hídrica, PTAR, reservorios, sistemas de medición, talento técnico, contratos, información legal y presupuesto. Las actividades clave incluyen diagnóstico, balance hídrico, gestión de riesgos, implementación de programas, control documental, auditoría y mejora continua. El Anexo A desarrolla el Canvas metodológico y las matrices complementarias dentro del Excel automatizado, para que puedan utilizarse como herramientas de validación del proyecto.

2.7. Estructura de Costos y Criterios de Viabilidad

La estructura de costos diferencia inversiones de capital, gastos operativos y costos de cumplimiento. Esta separación permite que cada aeropuerto priorice acciones según su escala, modelo contractual, disponibilidad presupuestaria y nivel de riesgo. La Tabla 4 presenta una estructura macro para orientar la planificación financiera del proyecto (ACI, 2025; ISO, 2019, 2024).

Tabla 4

Estructura de costos macro de la estrategia hídrica

Tipo	Concepto	Descripción	Evidencia de gestión
CAPEX	Telemetría, IoT y	Macromedidores,	Plan de inversión,
	medición inteligente	submedidores, sensores, plataforma de datos y tablero centralizado.	fichas técnicas, pruebas de funcionamiento y tablero KPI.
CAPEX	Retrofitting hídrico e	Optimización de PTAR,	Diseño conceptual,
	infraestructura resiliente	redes moradas, captación de aguas lluvias, drenajes y almacenamiento crítico.	análisis de riesgos, presupuesto y cronograma por aeropuerto.
OPEX	Operación, mantenimiento y monitoreo	Energía, químicos, mantenimiento preventivo,	Bitácoras, contratos, análisis de laboratorio y reportes mensuales.

Tipo	Concepto	Descripción	Evidencia de gestión
		laboratorio, calibración, limpieza de drenajes y operación de PTAR.	
OPEX	Gestión, capacitación y auditoría	Matriz legal, auditorías, capacitaciones, revisión gerencial, comunicación y reporte ESG.	Plan de capacitación, informes de auditoría, evidencias de cumplimiento y memoria ESG.
Riesgo evitado	Continuidad y reputación	Costos evitados por interrupciones, vertidos no conformes, sanciones, conflictos comunitarios o pérdida de servicio.	Registro de incidentes, análisis de costo de inacción y evaluación de proveedores críticos.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), ISO (2019, 2024) y Velasco Carretero (2024).

2.8. Estrategia de Implementación Sectorial y Go-To-Market

Aunque el término Go-To-Market suele usarse para productos comerciales, en este proyecto se interpreta como ruta de adopción institucional de una estrategia sostenible. La implementación debe realizarse por fases: diagnóstico y línea base, validación con actores, diseño de programas, piloto por aeropuerto, escalamiento, auditoría y reportabilidad. Esta secuencia reduce resistencias, permite aprender de cada biorregión y evita inversiones sin evidencia suficiente (Osterwalder & Pigneur, 2021; Velasco Carretero, 2024).

La fase inicial debe enfocarse en construir información comparable: consumo de agua por pasajero, porcentaje de reúso, calidad de vertidos, disponibilidad de servicios críticos, incidentes hídricos, cumplimiento legal y desempeño de proveedores. Con esta línea base, el Comité SIG podrá priorizar proyectos mediante las hojas 03_Priorizacion_E y 09_Viabilidad_L7 del Anexo A.

Capítulo 3. Sistema Integrado de Gestión (SIG) para la Sostenibilidad Hídrica Aeroportuaria

Este capítulo se desarrolla el SIG como herramienta operativa para gestionar sostenibilidad hídrica, continuidad del servicio, control documental, auditoría, riesgos, proveedores críticos y mejora continua en los aeropuertos concesionados/internacionales de Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca (ISO, 2015a, 2015b, 2018, 2019; Velasco Carretero, 2024).

3.1. Alcance del SIG

El alcance del SIG comprende abastecimiento, almacenamiento, distribución interna, consumo, PTAR, aguas residuales y pluviales, escorrentías, reservorios, mantenimiento de redes, contratistas críticos, emergencias, monitoreo legal, indicadores, comunicación, control documental y mejora continua. El sistema no sustituye la seguridad operacional aeronáutica ni los planes maestros aeroportuarios; los complementa desde la gestión hídrica, ambiental, documental y de continuidad (DGAC, 2026; ISO, 2015a, 2015b, 2018, 2019).

3.2. Diseño Ambiental e Hídrico del Sistema

Los aspectos ambientales significativos deben identificarse antes de definir controles operativos, metas e indicadores, porque constituyen la base del desempeño ambiental y de la planificación de riesgos del SIG. La Tabla 5 presenta los aspectos e impactos hídricos de mayor relevancia para los aeropuertos priorizados.

Tabla 5

Aspectos e impactos ambientales significativos

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Control propuesto
-------------------	-------------------	-------------------

Consumo intensivo de agua potable en terminales, carga y áreas comerciales.	Presión sobre cuencas abastecedoras y aumento de estrés hídrico.	Submedición, metas L/pax, accesorios eficientes, telemetría y campañas.
Descargas de aguas residuales de terminal, mantenimiento y servicios.	Riesgo de contaminación de cuerpos receptores o alcantarillado.	PTAR, monitoreo, límites permisibles, laboratorio acreditado y contratos de operación.
Escorrentía de pistas, plataformas y zonas impermeabilizadas.	Arrastre de sedimentos, hidrocarburos y aumento de inundaciones.	Drenaje, trampas, separadores, inspecciones preventivas y limpieza programada.
Uso de químicos, lodos de PTAR y tareas en espacios confinados.	Riesgos a trabajadores, suelo y agua subterránea.	Permisos de trabajo, capacitación en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y gestores autorizados.

Nota. Elaborado por los autores con base en GRI (2021), ISO (2015b, 2018, 2019) y MAE (2026).

3.3. Requisitos Legales y Otros Compromisos

La identificación de requisitos legales y compromisos voluntarios permite vincular normativa ambiental, hídrica, laboral y aeronáutica con obligaciones verificables. La Tabla 6 resume los marcos que deben traducirse en permisos, límites, responsables, periodicidades y evidencias documentales dentro de cada aeropuerto.

Tabla 6

Matriz resumida de requisitos legales y compromisos

Fuente / marco	Aplicación al SIG	Evidencia esperada
Constitución y normativa hídrica ecuatoriana	Derecho al agua, uso responsable, protección de fuentes y prioridad de consumo humano.	Permisos, reportes de consumo, acciones de eficiencia y registros de coordinación.
Código Orgánico del Ambiente y normativa secundaria	Control de impactos, descargas, residuos, regularización y cumplimiento ambiental.	Monitoreos, matriz legal, informes de cumplimiento y acciones correctivas.
Regulación DGAC	Compatibilidad de infraestructura hídrica con seguridad operacional.	Aprobaciones técnicas, análisis de riesgos y registros de coordinación operacional.
GRI 303 y marcos ESG	Reporte de extracción, consumo, descarga, impactos y zonas de estrés hídrico.	Indicadores, memoria de sostenibilidad y evidencias de gestión.
ISO 9001, 14001, 45001 y 46001	Calidad, ambiente, SST, eficiencia del agua, medición, auditoría y mejora.	Procedimientos, KPI, auditorías, evaluación de proveedores y revisión por la dirección.

Nota. Elaborado por los autores con base en DGAC (2026), GRI (2021), ISO (2015a, 2015b, 2018, 2019, 2024) y MAE (2026).

3.4. Objetivos, Metas y Plan de Acción Hídrico

Los objetivos del SIG transforman el objetivo general de la tesis en indicadores SMART, trazables y auditables. La Tabla 7 integra metas de calidad, ambiente, eficiencia del agua, SST y gestión documental para los cuatro aeropuertos priorizados.

Tabla 7

Objetivos y metas del SIG hídrico

Dimensión	Objetivo operativo	Meta / resultado esperado
Calidad	Garantizar continuidad de servicios hídricos críticos.	Disponibilidad mayor o igual al 99 % y respuesta a incidentes críticos menor a 2 horas.
Ambiente	Reducir consumo y mejorar desempeño de vertidos.	15 % menos litros por pasajero y 30 % menos contaminantes en descargas priorizadas.
Eficiencia del agua	Incrementar sustitución de agua potable por fuentes alternativas.	20 % de reúso en usos no consuntivos en 18 meses, según factibilidad técnica.

Dimensión	Objetivo operativo	Meta / resultado esperado
SST	Controlar riesgos en PTAR, químicos y espacios confinados.	Cero accidentes incapacitantes y permisos críticos conformes al 100 %.
Gestión integrada	Unificar controles, documentos e indicadores.	Política única, tablero KPI, matriz legal y trazabilidad documental.

Nota. Elaborado por los autores con base en GRI (2021), ISO (2015a, 2015b, 2018, 2019) y Velasco Carretero (2024).

El plan de acción convierte las metas del SIG en actividades ejecutables, responsables y plazos. La Tabla 8 presenta acciones aplicables a los cuatro aeropuertos, ajustables según capacidad instalada, presupuesto, obligaciones contractuales y condiciones de cada biorregión.

Tabla 8

Plan de acción hídrico del SIG

Objetivo	Acción	Responsable	Plazo
Reducir consumo	Instalar grifería eficiente y submedición en terminales, carga y concesionarios.	Infraestructura / Mantenimiento	6 meses

Objetivo	Acción	Responsable	Plazo
Reducir pérdidas	Implementar telemetría para fugas, consumos anómalos y balance hídrico.	Tecnologías de Información / Mantenimiento	12 meses
Aumentar reúso	Diseñar redes separadas para riego, limpieza, control de polvo y usos no potables.	Ingeniería / Ambiente	6-12 meses
Mejorar efluente	Optimizar PTAR, monitoreo de descargas y gestión de lodos.	PTAR / Ambiente	18 meses
Controlar impactos	Capacitar a concesionarios en limpieza seca, químicos, grasas y uso eficiente.	Talento humano / SIG	3 meses
Asegurar continuidad	Actualizar contingencia hídrica,	Operaciones / Comité SIG	6 meses

Objetivo	Acción	Responsable	Plazo
	reservas mínimas y		
	prioridades de		
	consumo.		

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), ISO (2019, 2024), MAE (2026) y Velasco Carretero (2024).

3.5. Evaluación, Seguimiento y Control de Proveedores Críticos

La evaluación del desempeño debe combinar indicadores de consumo, reúso, calidad de vertidos, incidentes, cumplimiento legal, capacitación, auditorías, evaluación de proveedores y acciones correctivas. La Tabla 9 establece métodos de seguimiento para demostrar trazabilidad y efectividad del SIG.

Tabla 9

Sistema de evaluación y seguimiento

Indicador	Método de seguimiento	Frecuencia	Responsable
Litros por pasajero	Telemetría y cruce con tráfico mensual de pasajeros.	Mensual	Sostenibilidad / Operaciones
Porcentaje de reúso	Caudalímetros y balance hídrico operativo.	Mensual	PTAR / Infraestructura

Indicador	Método de seguimiento	Frecuencia	Responsable
Calidad de vertidos	Muestreo y análisis en laboratorio acreditado.	Trimestral	Ambiente / Auditoría interna
Incidentes hídricos	Registro, clasificación, causa raíz y tiempos de respuesta.	Mensual	Comité SIG
Cumplimiento legal	Matriz legal, evidencias y evaluación de cumplimiento.	Semestral	SIG / Legal / Ambiente
Proveedores críticos	Evaluación contractual, KPI de servicio, continuidad y cumplimiento.	Semestral	Compras / SIG / Operaciones

Nota. Elaborado por los autores con base en GRI (2021), ISO (2015a, 2015b, 2018, 2019) y Velasco Carretero (2024).

3.6. Implantación, Política Integrada y Gestión por Procesos

La implantación del SIG requiere compromiso formal de la alta dirección, designación de responsables, recursos y coordinación entre operaciones, ambiente, infraestructura, compras,

talento humano, seguridad operacional, SST, tecnologías de información y contratistas críticos.

La Tabla 10 define roles y evidencias mínimas de compromiso.

Tabla 10

Roles para la implantación del SIG

Rol	Responsabilidad principal	Evidencia de compromiso	Frecuencia
Alta Dirección	Aprobar política, alcance, recursos y revisión del SIG.	Acta, presupuesto y revisión gerencial.	Trimestral
Coordinador/a SIG	Dirigir integración, documentación, indicadores y auditorías.	Nombramiento y plan de integración.	Semanal
Comité SIG	Resolver brechas, revisar KPI y aprobar procedimientos.	Minutas y tablero de seguimiento.	Mensual
Dueños de proceso	Aplicar controles y registrar evidencias.	Matriz, registros y reportes.	Mensual
Contratistas críticos	Cumplir controles operativos y reportar desviaciones.	Contratos, evaluaciones y registros.	Según contrato

Nota. Elaborado por los autores con base en ISO (2015a, 2015b, 2018, 2019) y Velasco Carretero (2024).

El análisis de brechas permite priorizar acciones antes de una auditoría integrada. La Tabla 11 resume las brechas críticas que deben gestionarse para evitar duplicidades documentales, incumplimientos y pérdida de trazabilidad.

Tabla 11

Análisis de brechas para el SIG

Aspecto evaluado	Brecha identificada	Prioridad
Política y objetivos	Integrar calidad, ambiente, SST y eficiencia del agua en una política única.	Alta
Control documental	Crear codificación común, matriz maestra y control de cambios.	Alta
Requisitos legales	Unificar matriz legal y evaluación periódica de cumplimiento.	Alta
No conformidades	Definir procedimiento único de corrección, causa raíz, acciones correctivas y lecciones aprendidas.	Alta

Aspecto evaluado	Brecha identificada	Prioridad
Auditoría interna	Diseñar programa anual integrado por procesos y por aeropuerto.	Media
Gestión por procesos	Validar mapa de procesos y responsables por aeropuerto.	Media

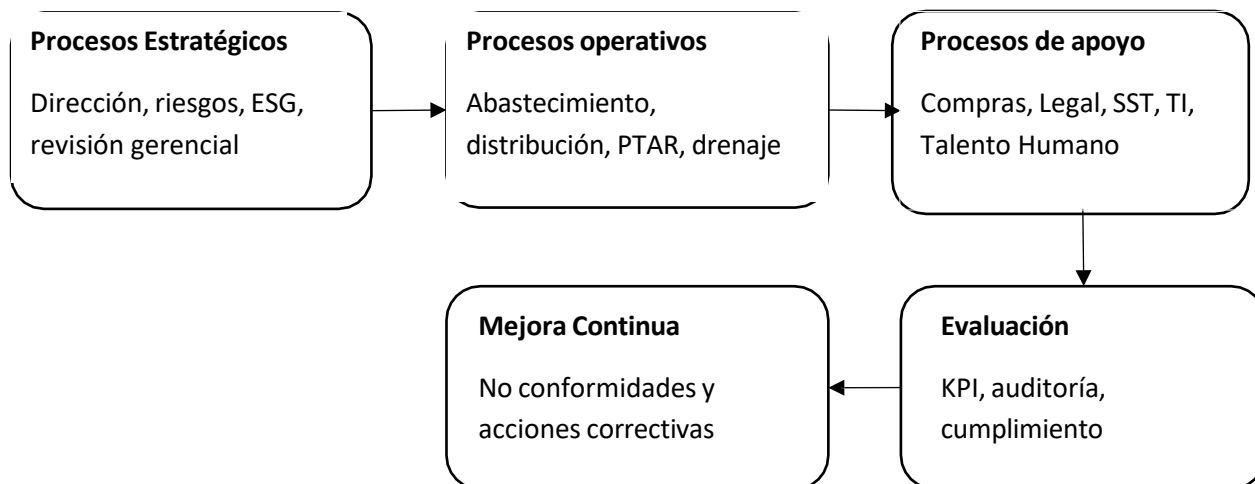
Nota. Elaborado por los autores con base en ISO (2015a, 2015b, 2018, 2019) y Velasco Carretero (2024).

La política integrada propuesta declara que la organización aeroportuaria se compromete a gestionar sus procesos con enfoque integrado para asegurar continuidad operativa, calidad del servicio, protección ambiental, eficiencia hídrica, seguridad de las personas, cumplimiento legal, prevención de contaminación y mejora continua, conforme a los requisitos aplicables y expectativas de las partes interesadas (ISO, 2015a, 2015b, 2018, 2019).

La Figura 3 presenta el mapa de procesos integrado, que vincula procesos estratégicos, operativos, de apoyo, evaluación y mejora para ordenar la implementación y evitar una gestión documental fragmentada.

Figura 3

Mapa de procesos integrado del SIG hídrico aeroportuario



Nota. Elaboración propia con base en ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018, ISO 46001:2019 y Velasco Carretero (2024).

3.7. Emergencias, Auditoría Interna, Control Documental y Mejora Continua

La preparación y respuesta ante emergencias debe cubrir fallas de abastecimiento, vertidos no conformes, inundaciones, accidentes en espacios confinados, eventos con químicos, fallas de PTAR y emergencias climáticas. La Tabla 12 resume escenarios, respuestas y registros para asegurar evidencia y aprendizaje posterior.

Tabla 12

Plan de respuesta a emergencias hídricas y operativas

Escenario	Respuesta inicial	Coordinación y recursos	Registro
Falla de abastecimiento	Activar contingencia y priorizar servicios críticos.	Operaciones, infraestructura y prestador de agua.	Bitácora de incidente.

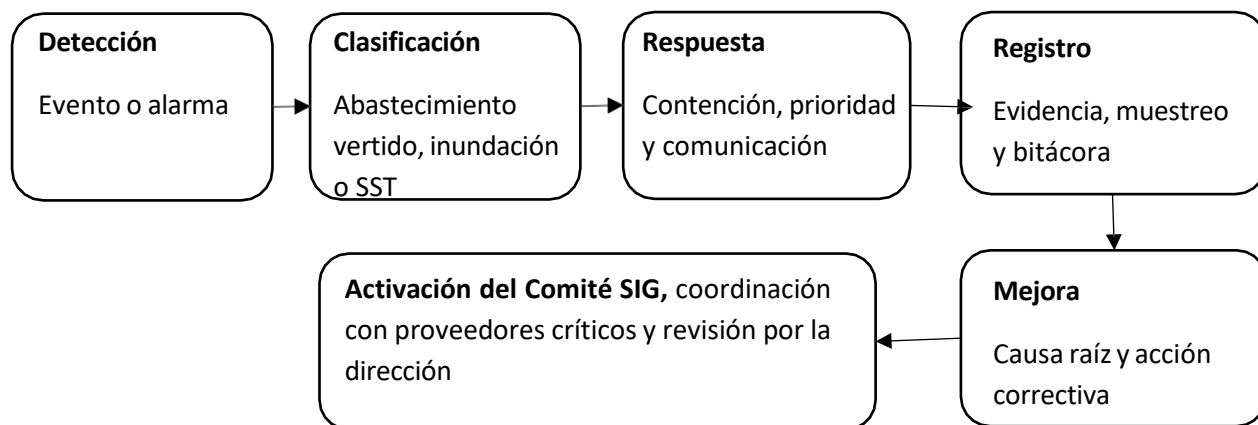
Escenario	Respuesta inicial	Coordinación y recursos	Registro
Vertido no conforme	Contener, aislar, muestrear y activar protocolo ambiental.	PTAR, ambiente, laboratorio y seguridad.	Reporte ambiental.
Inundación por lluvia intensa	Despejar drenajes, proteger equipos y monitorear zonas críticas.	Mantenimiento, operaciones y comité de emergencia.	Acta y lecciones aprendidas.
Accidente en espacio confinado o químicos	Parar trabajo, rescate seguro y primeros auxilios.	SST, brigada, médico y supervisor.	Investigación de incidente.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), ISO (2015b, 2018) y MAE (2026).

Como complemento operativo, la Figura 4 estandariza la respuesta desde la detección del evento hasta la acción correctiva y la actualización de controles.

Figura 4

Flujograma básico del plan de emergencias hídricas y operativas



Nota. Elaboración propia con base en ACI (2025), ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 y Velasco Carretero (2024).

La eficacia del SIG debe verificarse mediante inspecciones, seguimiento de indicadores, auditoría interna integrada y revisión por la dirección. La Tabla 13 propone un programa de verificación que cierra el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar.

Tabla 13

Programa de auditoría y mejora continua

Periodo	Proceso / enfoque	Tipo de verificación	Resultado esperado
Trimestral	Consumo, vertidos, PTAR, emergencias y proveedores críticos.	Inspección y KPI.	Desviaciones tempranas detectadas.
Semestral	Documentos, requisitos legales, formación, contratistas y SST.	Auditoría interna por proceso.	Acciones correctivas y oportunidades.

Periodo	Proceso / enfoque	Tipo de verificación	Resultado esperado
Anual	Evaluación integral del SIG en los cuatro aeropuertos priorizados.	Auditoría completa y revisión gerencial.	Decisiones de mejora, presupuesto y actualización de riesgos.

Nota. Elaborado por los autores con base en ISO (2015a, 2015b, 2018, 2019) y Velasco Carretero (2024).

Los registros deben estandarizarse mediante códigos, versiones, responsables y estados de aprobación. La Tabla 14 presenta un formato base de control documental adaptable a cada aeropuerto y útil para auditoría interna. La hoja 10_SIG_K del Anexo A convierte este registro maestro en plantillas reutilizables para que cada aeropuerto pueda documentar, ejecutar, auditar y mejorar el Sistema Integrado de Gestión (SIG) hídrico con evidencia comparable.

Tabla 14

Formato base de control documental

Código	Documento	Versión	Responsable	Estado
POL-SIG-01	Política integrada	01	Coordinador SIG	Vigente
PRO-SIG-01	Control de documentos y registros	01	Coordinador SIG	Vigente

Código	Documento	Versión	Responsable	Estado
PRO-SIG-02	Evaluación legal y cumplimiento	00	Sostenibilidad	En revisión
INS-PTAR-01	Operación segura de PTAR y químicos	02	Mantenimiento	Vigente
FOR-SIG-07	Registro de inspección operativa	00	Operaciones	Borrador

Nota. Elaborado por los autores con base en ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y Velasco

Carretero (2024).

Capítulo 4. Sostenibilidad Empresarial, Gobernanza ESG, Impactos Ambientales, Huella

Hídrica, Economía Circular Y ACV

4.1. Enfoque de Sostenibilidad Empresarial Aplicado al Sector Aeroportuario

La sostenibilidad empresarial aeroportuaria debe comprenderse como una capacidad de gestión que integra continuidad operativa, desempeño ambiental, relación con comunidades, ética, transparencia, resiliencia climática, eficiencia de recursos y acceso a financiamiento verde. Para Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca, este enfoque es especialmente relevante por la concentración de servicios críticos, operación internacional, visibilidad pública y diversidad de riesgos climáticos (ACI, 2025; ICAO, 2025).

La unidad de análisis se delimita a los cuatro aeropuertos concesionados/internacionales del Ecuador porque representan infraestructuras con funciones estratégicas, modelos de gestión diferenciados, operación comercial compleja y necesidades de continuidad hídrica. La Tabla 15 resume los elementos institucionales y sectoriales que justifican el enfoque aplicado.

Tabla 15

Datos generales de la unidad de análisis

Elemento	Definición ajustada al proyecto
Unidad de análisis	Aeropuertos concesionados/internacionales del Ecuador: Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca.
Naturaleza	Infraestructura crítica de servicios aeroportuarios con alta relevancia

Elemento	Definición ajustada al proyecto
	económica, social, ambiental y de gobernanza.
Enfoque de sostenibilidad	Gestión hídrica, resiliencia climática, continuidad operativa, economía circular, ESG y ACV.
Autoridades y actores clave	DGAC, MAE, GAD, operadores aeroportuarios, prestadores de agua, concesionarios, aerolíneas, comunidades y fondos de agua.
Marco técnico	Guía ESG aeroportuaria de ACI, sistemas de gestión ISO, GRI 303, huella hídrica, ACV, TNFD e ISSB.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), DGAC (2026), GRI (2021), ICAO (2025), ISO (2019, 2024) y MAE (2026).

4.2. Gobernanza ESG y Políticas de Sostenibilidad Hídrica

La gobernanza ESG exige que los aeropuertos administren el agua como recurso estratégico que afecta riesgos financieros, licencia social, cumplimiento, continuidad y reputación. El marco ESG aeroportuario de ACI recomienda evaluar impactos, riesgos y oportunidades considerando tamaño, geografía, modelo de propiedad y entorno regulatorio, lo que resulta pertinente para aeropuertos ubicados en Sierra, Costa e Islas Galápagos (ACI, 2025).

La visión de la estrategia es convertir a los aeropuertos concesionados/internacionales del Ecuador en referentes regionales de seguridad hídrica, continuidad operativa y gobernanza azul. Su misión es gestionar el ciclo del agua de forma eficiente, resiliente y transparente, protegiendo la operación aeroportuaria, las comunidades, los ecosistemas y la sostenibilidad empresarial (GRI, 2021; ISO, 2019; TNFD, 2023).

Antes de presentar las políticas sugeridas, se precisa que la Tabla 16 ordena instrumentos de gobernanza que no sustituyen requisitos legales, sino que los fortalecen mediante responsabilidades internas, transparencia, control y reporte.

Tabla 16

Políticas ESG sugeridas para la gobernanza hídrica aeroportuaria

Tipo de política	Objetivo	Aplicación en aeropuertos concesionados/internacionales
Transparencia y gestión de información	Asegurar información trazable, verificable y comparable.	Publicar indicadores de consumo, reúso, vertidos, incidentes, quejas y cumplimiento ambiental.
Rendición de cuentas	Definir responsabilidades de alta dirección, comité SIG y dueños de proceso.	Vincular metas hídricas con revisión gerencial, auditoría interna y acciones correctivas.
Gestión de riesgos ESG	Identificar, evaluar y mitigar riesgos ambientales,	Incluir sequía, inundación, proveedores críticos, PTAR,

Tipo de política	Objetivo	Aplicación en aeropuertos concesionados/internacionales
	sociales, climáticos y de gobernanza.	drenajes, escorrentías y conflictos comunitarios.
Compras y proveedores sostenibles	Incorporar criterios ESG en contratos y evaluación de terceros.	Aplicar requisitos a prestadores de agua, operadores de PTAR, gestores ambientales y concesionarios.
Cultura y sensibilización	Promover comportamientos responsables en trabajadores, usuarios y empresas internas.	Campañas de uso eficiente, limpieza seca, prevención de derrames y reporte de fugas.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), ISO (2015a, 2015b, 2018, 2019) y TNFD (2023).

4.3. Aspectos Económicos, Sociales Y Ambientales

En la dimensión económica, la sostenibilidad hídrica reduce la exposición a costos por desabastecimiento, emergencias, sanciones, mantenimiento correctivo, consumo energético y pérdida de continuidad. Además, justifica inversiones en telemetría, reúso, optimización de PTAR, infraestructura verde y drenaje resiliente desde una lógica de prevención de riesgos y valor empresarial (ACI, 2025; IATA, 2022; ISO, 2024).

En la dimensión social, la gestión responsable del agua disminuye tensiones con comunidades vecinas, mejora la experiencia del pasajero, protege condiciones de higiene y

fortalece la licencia social para operar. Esta dimensión es clave en Ecuador porque el agua tiene relevancia pública y su manejo debe demostrar equidad, transparencia y prevención de impactos (Constitución de la República del Ecuador, 2008; GRI, 2021; MAE, 2026).

En la dimensión ambiental, los aeropuertos deben gestionar consumo, efluentes, escorrentías, sedimentos, lodos, químicos, áreas verdes, biodiversidad y riesgos de contaminación. La innovación sostenible incorpora medición inteligente, reúso de agua tratada, captación pluvial, infraestructura basada en la naturaleza y monitoreo digital de drenajes y calidad de agua (ACI, 2025; ICAO, 2025; ISO, 2014, 2019).

La Tabla 17 presenta indicadores legales, sociales, económicos, ambientales, operativos y ESG que pueden integrarse en un tablero de sostenibilidad hídrica para seguimiento mensual, trimestral y anual.

Tabla 17

Indicadores sugeridos para sostenibilidad hídrica aeroportuaria

Dimensión	Indicador	Unidad o evidencia
Legal	Obligaciones ambientales y aeronáuticas evaluadas en el periodo.	% de cumplimiento y matriz legal actualizada.
Social	Quejas comunitarias o de usuarios relacionadas con agua, limpieza, residuos o ruido.	Número, estado de atención y tiempo de cierre.

Dimensión	Indicador	Unidad o evidencia
Económica	Inversión en eficiencia, reúso, PTAR, drenaje resiliente o telemetría.	USD/año y retorno por riesgo evitado.
Ambiental	Consumo de agua por pasajero y porcentaje de reúso.	m3/pasajero y % de agua reusada.
Operativa	Disponibilidad de servicios hídricos críticos y tiempo de respuesta a incidentes.	% disponibilidad y horas de respuesta.
ESG	Indicadores reportados con evidencia y revisión gerencial.	Número de indicadores verificados y publicados.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), GRI (2021), ISO (2019, 2024) e IFRS Foundation (2023).

4.4. Impactos ambientales, PMA, Huella Hídrica y Economía Circular

Las operaciones aeroportuarias pueden generar impactos hídricos negativos por consumo intensivo de agua, descargas de aguas residuales, escorrentías con hidrocarburos o sedimentos, manejo de lodos de PTAR, uso de químicos y presión sobre cuencas abastecedoras. Estos impactos deben analizarse simultáneamente como desempeño ambiental, riesgo de continuidad y tema material ESG (ACI, 2025; GRI, 2021; ISO, 2014).

Los impactos potenciales se materializan por fallas de control, eventos climáticos, crecimiento de demanda, incidentes de proveedores, fallas de PTAR, derrames, sequías o inundaciones. La Tabla 18 complementa el plan de emergencias del Capítulo 3 y orienta la prevención ambiental.

Tabla 18

Impactos ambientales potenciales y medidas preventivas

Evento potencial	Impacto ambiental potencial	Medida preventiva sugerida
Derrame de combustible o químicos	Contaminación de suelo, agua y generación de residuos peligrosos.	Contención secundaria, kits de emergencia, capacitación y gestor autorizado.
Falla de PTAR o separadores	Descarga fuera de parámetro y afectación de cuerpos receptores.	Alarmas, mantenimiento preventivo, laboratorio acreditado y plan de contingencia.
Lluvias extremas e inundaciones	Arrastre de contaminantes y saturación de drenajes.	Limpieza de cunetas, monitoreo meteorológico e infraestructura resiliente.
Sequía o estrés hídrico	Restricción de agua y competencia con usos comunitarios.	Plan de eficiencia, reúso, reservas críticas y acuerdos con proveedores.

Evento potencial	Impacto ambiental potencial	Medida preventiva sugerida
Incremento de pasajeros y carga	Mayor consumo, efluentes, residuos y presión sobre servicios.	Indicadores por pasajero, metas de reducción e infraestructura eficiente.
Interacción fauna-aeronave	Riesgo para biodiversidad y seguridad operacional.	Manejo de hábitat, monitoreo biótico y coordinación operacional.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), ICAO (2025), ISO (2015b, 2018) y TNFD (2023).

Los Planes de Manejo Ambiental (PMA) son instrumentos necesarios para prevenir, mitigar, controlar y monitorear impactos, pero suelen centrarse en cumplimiento por proyecto o aeropuerto. En esta tesis se propone complementarlos con indicadores comparables, gobernanza ESG, ciclo de vida, análisis de proveedores críticos, resiliencia climática, metas de eficiencia hídrica y economía circular (ACI, 2025; ISO, 2015b, 2019; TNFD, 2023).

La economía circular aplicada al agua implica reducir el consumo en la fuente, reemplazar agua potable por fuentes alternativas cuando sea seguro, reutilizar efluentes tratados en usos no potables, recuperar agua lluvia, mantener drenajes limpios y valorizar lodos o residuos conforme a normativa. Este enfoque favorece redes moradas, soluciones basadas en la naturaleza, protección de cuencas y disminución de presión sobre abastecimientos municipales (ISO, 2019, 2024; PNUMA, 2021).

4.5. Análisis de Ciclo de Vida Aplicado a la Gestión Hídrica Aeroportuaria

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permite comprender impactos asociados al agua desde su abastecimiento hasta su tratamiento, reúso o descarga. En este estudio se plantea un ACV cualitativo y semicuantitativo, adecuado para una etapa de diseño estratégico, con el fin de identificar etapas críticas y orientar futuras mediciones primarias por aeropuerto (ISO, 2006a, 2006b, 2014; Peña et al., 2021).

La unidad funcional propuesta es la gestión de 1 m³ de agua utilizada en la operación aeroportuaria. Esta unidad permite comparar consumo, energía, calidad, lodos, reúso y cargas ambientales entre aeropuertos con realidades técnicas y climáticas distintas (ISO, 2006a, 2006b, 2014). La Tabla 19 define el alcance del ACV hídrico propuesto.

Tabla 19

Definición del alcance del ACV aplicado a la gestión hídrica aeroportuaria

Elemento metodológico	Definición para el proyecto
Sistema analizado	Gestión hídrica en aeropuertos concesionados/internacionales de Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca.
Unidad funcional	Gestión de 1 m ³ de agua utilizada en la operación aeroportuaria.
Límites incluidos	Abastecimiento, almacenamiento, bombeo, distribución, uso, PTAR, descarga, reúso, escorrentías y lodos.

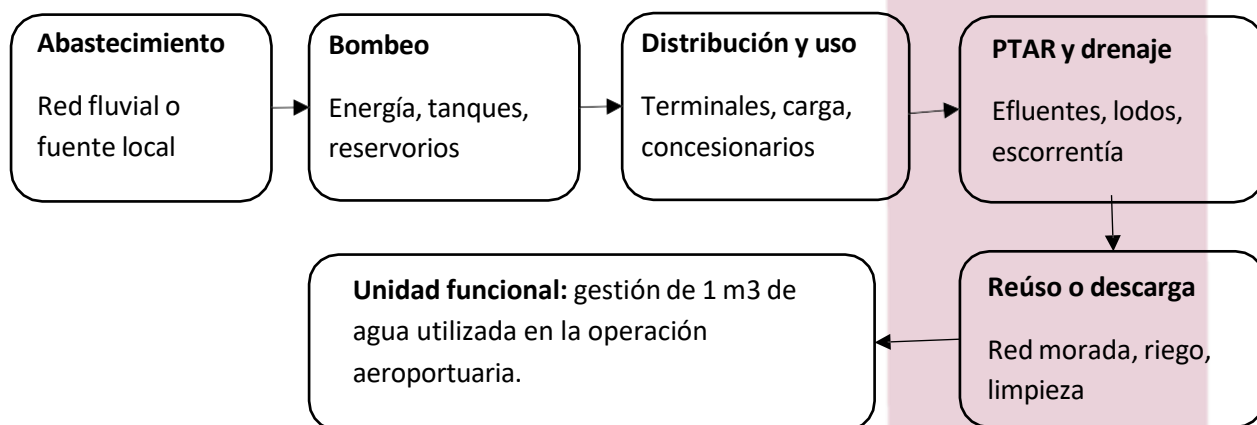
Elemento metodológico	Definición para el proyecto
Exclusiones	Construcción completa de infraestructura, fabricación de equipos y consumo de agua a bordo de aeronaves.
Uso esperado	Identificación de puntos críticos, indicadores, oportunidades de eficiencia y datos para evaluación cuantitativa futura.

Nota. Elaborado por los autores con base en ISO 14040:2006, ISO 14044:2006, ISO 14046:2014 y Peña et al. (2021).

La Figura 5 resume el flujo simplificado del ciclo de vida hídrico aeroportuario y facilita la visualización de etapas donde se concentran controles operativos y oportunidades de innovación.

Figura 5

Ciclo de vida simplificado del proceso de gestión hídrica aeroportuaria



Nota. Elaboración propia con base en ISO 14040:2006, ISO 14044:2006, ISO 14046:2014 y Peña et al. (2021).

El inventario del ciclo de vida identifica entradas, salidas y cargas ambientales que deben medirse de forma homogénea. La Tabla 20 sintetiza flujos críticos por etapa del proceso hídrico y sirve como base para levantar datos primarios en fases posteriores.

Tabla 20

Inventario cualitativo del ciclo de vida de la gestión hídrica

Etapa	Entradas principales	Salidas o cargas ambientales
Abastecimiento	Agua municipal, agua lluvia captada y fuentes locales.	Presión sobre fuentes, dependencia externa y riesgo de restricción.
Bombeo y almacenamiento	Electricidad, bombas, reservorios, tanques y mantenimiento.	Consumo energético, emisiones indirectas y pérdidas.
Distribución y uso	Redes internas, usuarios, concesionarios y equipos.	Aguas residuales, fugas, grasas y consumo por pasajero.
Esorrentías pluviales	Lluvia, superficies impermeables y contaminantes de plataforma.	Sedimentos, hidrocarburos, arrastre de residuos y drenajes saturados.

Etapa	Entradas principales	Salidas o cargas ambientales
Tratamiento en PTAR	Energía, reactivos, operadores, laboratorio y mantenimiento.	Efluente tratado, lodos, olores y consumo energético.
Reúso o descarga	Redes de reúso, puntos de control y permisos.	Reducción de agua potable, cumplimiento o riesgo de descarga no conforme.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), ISO 14040:2006, ISO 14044:2006 e ISO 14046:2014.

La interpretación del ACV muestra que los puntos críticos se concentran en abastecimiento, pérdidas de distribución, consumo energético de bombeo y PTAR, calidad de efluentes y bajo nivel de reúso. Por ello, las mejoras deben orientarse a medición inteligente, redes segregadas, mantenimiento predictivo, control de escorrentías, optimización energética, contratos con desempeño hídrico y cultura del agua (ACI, 2025; ICAO, 2025; ISO, 2019, 2024).

Tabla 21

Mejoras propuestas desde el enfoque de ciclo de vida

Línea de mejora	Acciones recomendadas	Impacto esperado
Medición y datos	Instalar submedidores inteligentes por terminal, PTAR, concesionarios y puntos críticos.	Detección de fugas, trazabilidad de consumos y decisiones basadas en evidencia.

Línea de mejora	Acciones recomendadas	Impacto esperado
Reúso y circularidad	Evaluar redes separadas para riego, limpieza, control de polvo y usos no potables.	Reducción de presión sobre fuentes y mayor resiliencia en sequía.
Control de escorrentía	Fortalecer trampas, separadores, limpieza preventiva y monitoreo de drenajes.	Reducción de toxicidad, sedimentos y riesgo de descarga contaminada.
Eficiencia energética	Optimizar bombas, aireadores de PTAR y operación horaria con apoyo solar donde sea viable.	Reducción de huella de carbono asociada al agua.
Gobernanza y contratos	Incluir metas hídricas en contratos con concesionarios y proveedores críticos.	Corresponsabilidad, cumplimiento y reducción de riesgos de terceros.
Educación e innovación social	Crear campañas para personal, operadores y pasajeros sobre uso eficiente y reporte de fugas.	Cambio cultural, menor consumo y fortalecimiento de licencia social.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), ICAO (2025), ISO (2019, 2024) y TNFD (2023).

Capítulo 5. Conclusiones y Aplicaciones

5.1. Conclusiones Generales

La sostenibilidad hídrica en los aeropuertos concesionados/internacionales del Ecuador debe gestionarse como eje de continuidad operativa, seguridad, reputación, cumplimiento y sostenibilidad empresarial, no únicamente como componente ambiental aislado. La integración entre estrategia hídrica, SIG, gobernanza ESG y ACV permite ordenar procesos, riesgos, evidencias, indicadores y responsabilidades en un marco verificable.

El enfoque en Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca fortalece la aplicabilidad de la propuesta porque recoge realidades climáticas, institucionales y operativas diferenciadas, sin diluir el análisis en un sistema aeroportuario nacional amplio. Esta delimitación permite diseñar una estrategia nacional focalizada, viable y replicable progresivamente en otras infraestructuras si se cuenta con datos técnicos suficientes.

El presente trabajo permitió evidenciar que la sostenibilidad hídrica constituye un factor estratégico para la continuidad operativa, la seguridad sanitaria, la resiliencia climática y la competitividad de la red aeroportuaria del Ecuador, sin embargo, es necesario aclarar que el agua no debe ser analizada únicamente como un recurso por sí solo, sino como un insumo crítico para la operación aeroportuaria entre otros como la energía, debido a su relación directa con servicios sanitarios, limpieza, catering, mantenimiento, gestión de aguas residuales, sistemas contra incendios, drenaje pluvial y experiencia al pasajero.

El estudio concluye que la red aeroportuaria ecuatoriana, especialmente los aeropuertos concesionados/ internacionales de mayor tráfico e impacto operativo como carga, requieren una estrategia sectorial que permita estandarizar criterios de gestión hídrica, reducir vulnerabilidades frente al nuevo contexto climático que se componen de escenarios de sequía, lluvias intensas, inundaciones y presión sobre fuentes de abastecimiento, así como fortalecer la toma de decisiones bajo un enfoque preventivo, medible y alineado con estándares internacionales.

En el caso de aeropuertos concesionados la sostenibilidad hídrica no puede limitarse a acciones aisladas de cumplimiento normativo o eficiencia operativa, sino que debe integrarse a un modelo de gobernanza que articule a operadores comerciales, autoridades públicas, proveedores críticos, concesionarios, comunidades y actores territoriales vinculados a las fuentes de agua, esta articulación permitiría avanzar como un solo ecosistema aeroportuario hacia una gestión más resiliente, con indicadores ESG, monitoreo permanente, análisis de riesgos y mecanismos de mejora continua.

La propuesta plasmada en esta investigación demuestra que una Estrategia Nacional de Sostenibilidad Hídrica para la Red Aeroportuaria del Ecuador puede convertirse en una herramienta para fortalecer la seguridad operativa y garantizar la continuidad del servicio bajo estándares internacionales, tomando en cuenta la necesidad trascender de un enfoque empresarial únicamente sostenible, centrado en la eficiencia y reducción de impactos, hacia un modelo regenerativo, orientado a restaurar, proteger y fortalecer los ecosistemas hídricos de los cuales depende la operación aeroportuaria

5.2. Conclusiones Específicas

El objetivo general se cumple mediante una estrategia que combina línea base, riesgos, eficiencia, reúso, cumplimiento, stakeholders, indicadores ESG, SIG y ACV, generando una propuesta académica y operativa alineada con estándares internacionales.

El SIG propuesto integra ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 e ISO 46001 para reducir duplicidades, mejorar control documental, evaluar proveedores críticos y cerrar brechas mediante auditoría interna y mejora continua.

La gobernanza ESG permite convertir la sostenibilidad hídrica en un asunto estratégico de dirección, inversión, transparencia, reputación y licencia social, especialmente cuando se reporta mediante GRI 303, ACI ESG Framework, TNFD e ISSB.

El ACV aporta una lectura de ciclo completo que permite identificar impactos ocultos en bombeo, tratamiento, lodos, escorrentías, energía, reúso y descargas, facilitando decisiones basadas en unidad funcional y datos comparables.

5.2.1. *Análisis del Cumplimiento de los Objetivos de la Investigación*

Tomando en cuenta el objetivo propuesto este se ha cumplido, puesto que se diseñó una propuesta estratégica orientada a la sostenibilidad hídrica de la red aeroportuaria del Ecuador, con énfasis en los aeropuertos concesionados e internacionales y en la necesidad de fortalecer la seguridad operativa y la continuidad del servicio bajo estándares internacionales.

Asimismo, la investigación permitió identificar los principales componentes que deben integrar una línea base hídrica aplicable al sector aeroportuario, considerando fuentes de abastecimiento, usos del agua, descargas, balances hídricos, infraestructura existente, riesgos climáticos, actores clave e indicadores de gestión, el alcance de aeropuertos concesionados e internacionales se vio facilitado por el hecho de que estos aeropuertos cuentan, en su mayoría, con memorias de sostenibilidad, reportes de gestión ambiental o información institucional pública, lo cual permitió acceder a antecedentes relevantes sobre consumo de recursos, iniciativas ambientales, infraestructura hídrica, gestión de riesgos y compromisos de sostenibilidad.

De igual manera, se cumplió con el análisis de riesgos hídricos, al reconocer que la variabilidad climática, la dependencia de redes públicas o fuentes locales, los eventos extremos y el crecimiento de la demanda pueden generar impactos sobre la operación aeroportuaria, los costos de mitigación, el cumplimiento normativo, la reputación institucional y la experiencia del usuario.

5.2.2. Contribución a la Gestión Empresarial

La investigación aporta al sector aeroportuario del Ecuador al proponer una herramienta estratégica que permite incorporar la sostenibilidad hídrica dentro de la planificación, operación y toma de decisiones de los aeropuertos concesionados/internacional, a la vez que puede ser utilizada por operadores aeroportuarios para fortalecer sus sistemas de gestión ambiental, identificar riesgos operativos asociados al agua, priorizar inversiones, mejorar el control de consumos y anticipar escenarios de desabastecimiento o afectación por eventos climáticos extremos.

La estrategia propuesta también contribuye fortalecer el cumplimiento normativo y elevar la calidad del servicio ofrecido a pasajeros, aerolíneas, concesionarios y demás usuarios de la infraestructura aeroportuaria y aporta la visión innovadora de pasar de una gestión reactiva del recurso hídrico hacia un modelo preventivo, planificado y basado en información. Esta visión resulta relevante en infraestructuras críticas como los aeropuertos, donde una interrupción prolongada del suministro de agua puede afectar servicios esenciales, cadenas logísticas, operaciones comerciales y continuidad del negocio.

5.2.3. Contribución a nivel académico

A nivel académico, la investigación contribuye al análisis de la sostenibilidad hídrica desde una perspectiva sectorial poco desarrollada en el contexto ecuatoriano, integrando un concepto de unidad como *ecosistema aeroportuario* donde se integra conceptos de gestión ambiental, resiliencia climática, continuidad operativa, seguridad aeroportuaria, huella hídrica, estándares internacionales y gobernanza, generando una propuesta aplicada a una realidad nacional concreta.

El trabajo aporta además una base metodológica que puede ser utilizada en futuras investigaciones sobre aeropuertos sostenibles, infraestructura crítica, adaptación climática, gestión eficiente del agua y modelos de gobernanza ambiental, abriendo la posibilidad de profundizar en estudios posteriores relacionados con medición de huella hídrica, análisis comparativo entre aeropuertos, evaluación económica de medidas de eficiencia y reúso, implementación de estándares internacionales y diseño de indicadores de desempeño hídrico para el sector aeroportuario ecuatoriano.

5.2.4. Contribución a nivel personal

A nivel personal, el desarrollo del trabajo permitió reconocer la realidad de los aeropuertos a escala nacional y sus ventajas frente aeropuertos de la región para consolidarse como infraestructuras estratégicas, resilientes y sostenibles dentro de la región.

La investigación permitió reconocer que los aeropuertos concesionados e internacionales del país cuentan con ventajas importantes frente a otros aeropuertos de la región, especialmente por su capacidad de gestión, disponibilidad de información pública, avances en sostenibilidad, infraestructura operativa, relación con actores estratégicos y potencial para incorporar estándares internacionales, el conjunto de estos elementos demuestran que el Ecuador tiene condiciones favorables para posicionar a su red aeroportuaria como un referente regional en sostenibilidad hídrica, resiliencia climática y continuidad del servicio.

Asimismo, este proceso fortaleció una visión personal orientada a trascender el cumplimiento ambiental tradicional y avanzar hacia modelos de gestión más regenerativos, en los que la infraestructura aeroportuaria no solo reduzca impactos, sino que contribuya activamente a proteger, restaurar y fortalecer los ecosistemas hídricos de los cuales depende, esta reflexión permitió comprender que los aeropuertos pueden ser mucho más que puntos de conexión: pueden convertirse en plataformas de transformación territorial, innovación ambiental y liderazgo sostenible.

5.3. Limitaciones a la Investigación

La principal limitación corresponde a la disponibilidad de datos técnicos desagregados por aeropuerto, especialmente consumos, capacidades de reserva, resultados de monitoreo, costos reales de operación, eficiencia de PTAR, volúmenes de reúso y contratos con proveedores críticos. Por ello, la propuesta se mantiene como diseño estratégico y de sistema de gestión, y requiere validación técnica específica antes de su ejecución física.

A futuro, la estrategia debería evolucionar hacia un plan de implementación con responsables, presupuesto, cronograma, pilotos por aeropuerto y beneficios medibles. A mediano plazo, podría convertirse en una política sectorial de sostenibilidad hídrica aeroportuaria articulada con memorias de sostenibilidad, GRI 303, criterios ESG, financiamiento verde, restauración de ecosistemas vinculados a fuentes hídricas y revisión periódica por las autoridades competentes.

Para que la investigación no quede únicamente como un estudio descriptivo, se incorporan anexos metodológicos aplicables a diagnóstico, calificación, priorización, auditoría y seguimiento. Estos instrumentos permiten que los operadores de Quito, Guayaquil, Galápagos/Balra y Cuenca transformen la estrategia en decisiones verificables, comparables y auditables, conforme a los enfoques de gestión por procesos, eficiencia del agua, reporte ESG y resiliencia climática.

Durante el desarrollo de la investigación, una de las principales limitaciones fue el acceso a información técnica homogénea entre los aeropuertos analizados, a pesar de que los aeropuertos analizados cuentan, en su mayoría, con memorias de sostenibilidad, reportes institucionales e información pública, estos documentos presentan distintos niveles de detalle, periodicidad y profundidad respecto a indicadores hídricos, consumos, fuentes de abastecimiento, descargas, reúso y gestión de riesgos.

Otra limitación fue la imposibilidad de levantar información primaria en campo en todos los aeropuertos incluidos en el estudio, por esta razón el análisis se basó principalmente en información secundaria disponible, documentación pública, reportes de sostenibilidad, referencias institucionales y benchmarking sectorial.

Las cuestiones geográficas, diversidad operativa y climática de los aeropuertos concesionados del Ecuador representó una limitación para establecer comparaciones completamente uniformes, ya que, cada aeropuerto presenta condiciones particulares de ubicación, demanda, infraestructura, disponibilidad hídrica, exposición a riesgos climáticos y capacidad de gestión, por lo que la propuesta fue desarrollada como una hoja de ruta adaptable a diferentes contextos aeroportuarios.

Referencias

- Airports Council International. (2025). ESG Global Reporting Framework and Guidance for Airports. ACI World. <https://store.aci.aero/product/esg-global-reporting-framework-and-guidance-for-airports/>
- Aeropuerto Ecológico Galápagos S.A. (2021). *Informe de sostenibilidad 2021*. Aeropuerto Ecológico Galápagos S.A. <https://www.ecogal.aero/>
- Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea. (2021). Plan de Acción Climática 2021-2030: Rumbo cero emisiones. AENA. <https://www.miteco.gob.es/>
- Alliance for Water Stewardship. (2019). *The AWS Standard Version 2.0*. Alliance for Water Stewardship. <https://a4ws.org/the-aws-standard-2-0/>
- American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th ed.). American Psychological Association.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2023). El impacto de los desastres y el cambio climático en la infraestructura de transporte en América Latina. Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449. <https://www.asambleanacional.gob.ec/>
- Dirección General de Aviación Civil. (2026). El transporte aéreo ecuatoriano movilizó a 8 millones de pasajeros en el 2025. Gobierno del Ecuador.

<https://www.aviacioncivil.gob.ec/el-transporte-aereo-ecuatoriano-movilizo-a-8-millones-de-pasajeros-en-el-2025/>

Fondo para la Protección del Agua. (2024). La reposición de huella hídrica toma impulso. Agua Fondo, 54. <https://www.fonag.org.ec/>

Global Reporting Initiative. (2021). GRI 303: Water and Effluents. GRI.
<https://www.globalreporting.org/standards/>

IFRS Foundation. (2023). IFRS S2 Climate-related Disclosures. International Sustainability Standards Board. <https://www.ifrs.org/>

International Air Transport Association. (2022). Airport Environmental Sustainability. IATA.
<https://www.iata.org/>

International Civil Aviation Organization. (2025). ICAO Environmental Report 2025. ICAO.
<https://www.icao.int/environmental-protection/envrep2025>

International Organization for Standardization. (2006a). ISO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. ISO.

International Organization for Standardization. (2006b). ISO 14044:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. ISO.

International Organization for Standardization. (2014). ISO 14046:2014 Environmental management — Water footprint — Principles, requirements and guidelines. ISO.

International Organization for Standardization. (2015a). ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. ISO.

International Organization for Standardization. (2015b). ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use. ISO.

International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use. ISO.

International Organization for Standardization. (2019). ISO 46001:2019 Water efficiency management systems — Requirements with guidance for use. ISO.

International Organization for Standardization. (2024). ISO 46001:2019/Amd 1:2024 Water efficiency management systems — Amendment 1: Climate action changes. ISO.

<https://www.iso.org/standard/88429.html>

Ministerio de Ambiente y Energía. (2026). Portal institucional del Ministerio de Ambiente y Energía. Gobierno del Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/>

OPAIN. (2023). Informe de sostenibilidad 2023: Aeropuerto Internacional El Dorado. OPAIN. <https://www.opain.co/>

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2021). Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers. Wiley.

Peña, C., Civit, B., Gallego-Schmid, A., Druckman, A., Caldeira-Pires, A., Weidema, B., & Motta, W. (2021). Using life cycle assessment to achieve a circular economy. The International Journal of Life Cycle Assessment, 26, 215-220. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01856-z>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2021). Hacer las paces con la naturaleza: Un plan científico para hacer frente a las emergencias del clima, la biodiversidad y la contaminación. PNUMA. <https://www.unep.org/>

Quiport. (2024). Memoria de sostenibilidad 2024. Corporación Quiport S. A.

https://quiport.aflip.in/MDS_2024.html

Taskforce on Nature-related Financial Disclosures. (2023). Recommendations of the Taskforce on Nature-related Financial Disclosures. TNFD. <https://tnfd.global/>

Terminal Aeroportuaria de Guayaquil S.A. (TAGSA). (2025). *Informe de gestión 2025*. TAGSA. <https://www.tagsa.aero/>

Velasco Carretero, M. (2024). Sistemas integrados de gestión y guía de integración de sistemas de gestión. EIG Campus.

Anexos

Los anexos complementan el análisis desarrollado en el cuerpo del documento y se presentan en el orden en que fueron mencionados. Además de las matrices normativas, de datos y siglas, se incorporan plantillas de calificación, priorización, auditoría, seguimiento y evaluación de proveedores para que la propuesta pueda aplicarse como herramienta de gestión en los aeropuertos concesionados/internacionales de Quito, Guayaquil, Galápagos/Baltra y Cuenca (American Psychological Association, 2020; ACI, 2025; ISO, 2019, 2024).

Anexo A. Matriz automatizada de sostenibilidad hídrica aeroportuaria (archivo Excel complementario)

Este anexo constituye el repositorio metodológico principal del estudio. Por restricción de extensión, las plantillas amplias de diagnóstico, calificación, priorización, auditoría, proveedores, riesgos, stakeholders, viabilidad y documentos del SIG no se desarrollan íntegramente en el Word, sino que se incorporan en una matriz Excel automatizada. El archivo permite completar datos por aeropuerto, obtener puntajes, priorizar proyectos, evaluar proveedores críticos, registrar hallazgos y generar insumos para el tablero de seguimiento.

Archivo complementario:

[Matriz SostenibilidadHidricaAeroportuaria AnexoA Automatizada Final v3.xlsx](#)

Forma de uso: primero se debe ingresar a la hoja 00_Anexo_A_Guia, leer el antecedente y seguir el orden de trabajo propuesto. Luego se completa la línea base hídrica en 01_Linea_Base_L6; se califican las dimensiones de madurez en 02_Madurez_D; se priorizan proyectos en 03_Priorizacion_E; se validan indicadores, auditorías, proveedores, riesgos, stakeholders y viabilidad en las hojas siguientes; finalmente se revisa el 00_Dashboard para

interpretar resultados. Todas las hojas están diseñadas para ser completadas por aeropuerto y revisadas por el Comité SIG.

Hoja del Excel	Contenido consolidado	Uso y ejemplo dentro del estudio
00_Anexo_A_Guia	Antecedente metodológico, instrucciones y mapa de hojas	Explica cómo usar la matriz como instrumento operativo del Anexo A. Ejemplo: iniciar aquí para conocer el orden de llenado y las hojas relacionadas.
00_Dashboard	Panel de resultados y semáforos	Visualiza avances generales. Ejemplo: seleccionar un aeropuerto y revisar si la madurez o el riesgo requieren acción prioritaria.
01_Linea_Base_L6	Línea base hídrica por aeropuerto	Levanta consumos, fuentes, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), reúso, descargas, incidentes y proveedores. Ejemplo:

Hoja del Excel	Contenido consolidado	Uso y ejemplo dentro del estudio
		calcular consumo por pasajero.
02_Madurez_D	Rúbrica de madurez de sostenibilidad hídrica	Califica gobernanza, medición, eficiencia, reúso, vertidos, riesgos y reporte Environmental, Social and Governance (ESG). Ejemplo: identificar brechas de telemetría.
03_Priorizacion_E	Matriz multicriterio de priorización	Compara proyectos de eficiencia, reúso, captación pluvial o drenaje. Ejemplo: decidir si un proyecto se aprueba, ajusta o posterga.
04_Indicadores_F	Fichas de indicadores hídricos y Environmental, Social and Governance (ESG)	Estandariza fórmula, fuente, frecuencia, responsable y meta. Ejemplo: definir porcentaje de reúso y litros por pasajero.

Hoja del Excel	Contenido consolidado	Uso y ejemplo dentro del estudio
05_Auditoria_G	Lista de verificación de auditoría interna del Sistema Integrado de Gestión (SIG)	Verifica cumplimiento y acciones correctivas. Ejemplo: auditar registros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
06_Proveedores_H	Evaluación de proveedores críticos	Califica continuidad, cumplimiento, desempeño ambiental y trazabilidad. Ejemplo: evaluar al operador de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
07_Riesgos_I	Matriz de riesgos climáticos e hídricos	Prioriza sequía, inundación, vertidos, drenajes y sensibilidad ecosistémica. Ejemplo: valorar inundaciones en Guayaquil o estrés hídrico en Galápagos/Baltra.
08_Stakeholders_L3	Matriz de partes interesadas y corresponsabilidad	Gestiona Dirección General de Aviación Civil (DGAC),

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Hoja del Excel	Contenido consolidado	Uso y ejemplo dentro del estudio
		Ministerio de Ambiente y Energía (MAE), Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), operadores, concesionarios y comunidades.
09_Viabilidad_L7	Matriz de validación de viabilidad	Evalúa viabilidad técnica, legal, financiera, ambiental y social. Ejemplo: validar una red morada antes de inversión.
10_SIG_K, 11_Referencias, 12_Mapa_Anexos_Word y 13_Ejemplos_por_Hoja	Plantillas del Sistema Integrado de Gestión (SIG), fuentes, trazabilidad y ejemplos	Permiten documentar política, control documental, fuentes técnicas, relación con anexos del Word y ejemplos de explicación por cada pestaña.
<i>Nota.</i> Elaborado por los autores con base en DGAC (2026), ISO (2015b, 2019, 2024) y MAE (2026).		

Anexo B. Matriz ejecutiva de cumplimiento normativo y trazabilidad metodológica

Este anexo resume los marcos mínimos que deben verificarse en cada aeropuerto. La matriz detallada, evidencias, responsables y seguimiento pueden gestionarse en el Excel del Anexo A, principalmente en las hojas 04_Indicadores_F, 05_Auditoria_G y 10_SIG_K, correspondientes a indicadores, auditoría interna y documentos del Sistema Integrado de Gestión (SIG).

Marco / estándar	Aplicación en el proyecto	Evidencia sugerida
Constitución y normativa hídrica ecuatoriana	Protección del derecho al agua, uso responsable y prevención de afectaciones a comunidades y fuentes.	Permisos, balances hídricos, reportes de consumo, acciones de eficiencia y coordinación institucional.
Código Orgánico del Ambiente y normativa secundaria	Prevención, control y seguimiento de impactos ambientales, descargas, residuos, lodos y efluentes.	Matriz legal, informes de cumplimiento, monitoreos, certificados de gestor y acciones correctivas.
Dirección General de Aviación Civil (DGAC)	Compatibilidad de infraestructura hídrica, drenajes, reservorios y control de fauna con seguridad operacional.	Actas, aprobaciones técnicas, inspecciones, análisis de riesgo y registros de coordinación.

Marco / estándar	Aplicación en el proyecto	Evidencia sugerida
ISO 14001 e ISO 46001	Gestión ambiental, eficiencia del agua, objetivos, medición, control operacional, auditoría y mejora continua.	Política, indicadores, auditorías, revisión por dirección, planes de acción y registros controlados.
GRI 303, ACI ESG Framework, TNFD e ISSB	Reportabilidad de consumo, extracción, descarga, riesgos, oportunidades, dependencia de la naturaleza y gobernanza ESG.	Memoria ESG, tablero KPI, materialidad, evidencia verificable y comunicación a stakeholders.

Nota. Elaborado por los autores con base en DGAC (2026), MAE (2026), GRI (2021), ACI (2025), TNFD (2023), IFRS Foundation (2023) e ISO (2015a, 2015b, 2018, 2019, 2024).

Anexo C. Matriz base de datos para ACV cuantitativo futuro

El ACV desarrollado en el Capítulo 4 se plantea como cualitativo y semicuantitativo. Para una fase posterior, la siguiente matriz resume los datos mínimos que deben levantarse para cuantificar la unidad funcional de gestión de 1 m3 de agua utilizada en operación aeroportuaria. El registro ampliado puede completarse en el Excel del Anexo A.

Dato requerido	Unidad	Frecuencia sugerida	Uso metodológico
Agua consumida por fuente	m3	Mensual	Calcular consumo total, dependencia de fuentes y

Dato requerido	Unidad	Frecuencia sugerida	Uso metodológico
			consumo por pasajero.
Agua lluvia captada y agua reusada	m3 y %	Mensual o por evento	Medir circularidad, sustitución de agua potable y resiliencia en sequía.
Energía de bombeo y PTAR	kWh/m3	Mensual	Estimar intensidad energética asociada al ciclo hídrico.
Calidad de efluentes	mg/L o % de cumplimiento	Legal o trimestral	Verificar DBO, DQO, SST, aceites, grasas, hidrocarburos u otros parámetros aplicables.
Lodos y residuos asociados	kg o t	Mensual	Evaluar cargas ambientales y gestión con operadores o gestores autorizados.

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Dato requerido	Unidad	Frecuencia sugerida	Uso metodológico
Incidentes hídricos y climáticos	Número, horas o volumen	Por evento	Relacionar continuidad operativa, riesgos, tiempos de respuesta y costo de inacción.
Costos de agua, tratamiento y mantenimiento	USD	Mensual/anual	Comparar CAPEX, OPEX, ahorro potencial y retorno por riesgo evitado.

Nota. Elaborado por los autores con base en ISO 14040:2006, ISO 14044:2006, ISO 14046:2014, Peña et al. (2021), GRI (2021) e IATA (2022).

Anexo D. Glosario de siglas, abreviaturas y recursos técnicos de apoyo

Este anexo concentra las siglas de uso recurrente con su nombre completo y los recursos técnicos mínimos que respaldan la aplicación del estudio. El banco de recursos ampliado se mantiene en la hoja 11_Referencias del Excel del Anexo A, y el catálogo ampliado de siglas se encuentra en la hoja Catálogos.

Sigla / recurso	Nombre completo y utilidad dentro del proyecto
ACI	Airports Council International. Marco sectorial aeroportuario para sostenibilidad, resiliencia

Sigla / recurso	Nombre completo y utilidad dentro del proyecto
	y reporte Environmental, Social and Governance (ESG).
ACI-LAC	Airports Council International Latin America and Caribbean. Referente regional para aeropuertos de América Latina y el Caribe.
ACV	Análisis de Ciclo de Vida. Herramienta para evaluar impactos de la gestión hídrica desde abastecimiento, uso, tratamiento, reúso o descarga.
DGAC	Dirección General de Aviación Civil. Autoridad aeronáutica nacional vinculada con seguridad operacional y gestión aeroportuaria.
ESG	Environmental, Social and Governance. Enfoque ambiental, social y de gobernanza usado para sostenibilidad empresarial y reportabilidad.
GRI	Global Reporting Initiative. Estándar de reporte de sostenibilidad; en el estudio se usa especialmente GRI 303: Agua y Efluentes.

Sigla / recurso	Nombre completo y utilidad dentro del proyecto
ISO	International Organization for Standardization. Organización internacional de normalización que sustenta normas de gestión, ambiente, seguridad, agua y ciclo de vida.
MAE	Ministerio de Ambiente y Energía. Autoridad ambiental ecuatoriana usada como referencia institucional en el estudio.
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Infraestructura crítica para tratar efluentes aeroportuarios.
SIG	Sistema Integrado de Gestión. Sistema que articula calidad, ambiente, seguridad y salud, eficiencia del agua, control documental y mejora continua.
TNFD	Taskforce on Nature-related Financial Disclosures. Marco para reportar dependencias, impactos, riesgos y oportunidades relacionadas con naturaleza.

Nota. Elaborado por los autores con base en ACI (2025), GRI (2021), ISO (2019, 2024), TNFD (2023), IFRS Foundation (2023) y DGAC (2026).