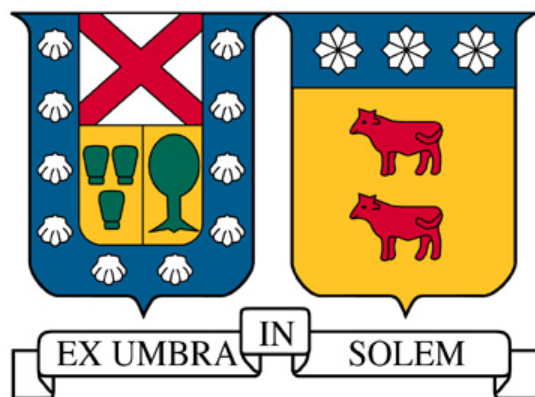


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
ACADEMIA DE CIENCIAS AERONÁUTICAS  
SANTIAGO – CHILE



PROPUESTA DE POLÍTICAS Y PRÁCTICAS PARA LA  
TRANSFORMACIÓN DE UN AEROPUERTO CONVENCIONAL EN  
UNO SUSTENTABLE.

FRANCISCO ANDRÉS BRICEÑO LEONCINI

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO EN AVIACIÓN COMERCIAL

PROFESOR GUÍA : SR. CRISTIAN CARVALLO  
PROFESOR CORREFERENTE : SR. MARTINUS POTTERS

DICIEMBRE 2021

## Resumen Ejecutivo

El desarrollo de esta investigación se inició con el análisis de datos preocupantes sobre el efecto en la contaminación de la industria aeronáutica que aporta un 2% de las emisiones totales de gases efecto invernadero, con cerca de 860 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> al año y se prevé que será responsable del 20% de las emisiones hacia el año 2050 (Unión Europea, 2018), por lo cual se hace necesario acelerar las innovaciones ecológicas, su desarrollo y difusión principalmente en los aeropuertos que son considerados importantes fuentes de gases contaminantes en zonas urbanas que aún no han sido reguladas. Se determinó como objetivo general “Proponer políticas y prácticas de gestión ambiental para la transformación de un aeropuerto convencional a uno sustentable”. Luego se inició una investigación teórica sobre modelos de certificaciones existentes, buscando la creación de una propuesta de políticas, estrategias y prácticas de gestión de un aeropuerto con foco ambiental que respalden un avance sostenido hacia la sustentabilidad.

Luego del estudio bibliográfico, y después del análisis de distintas definiciones se llegó a la conclusión que un aeropuerto verde: deber tener perspectiva Ambiental, a través de la utilización y conservación de los recursos naturales en forma sostenible; Eficiencia operativa, a través de las prácticas internas y externas del aeropuerto; Gestión adecuada, estrategias y prácticas bien definidas para el logro del objetivo ambiental; Responsabilidad Social, haciéndose cargo del bienestar y calidad de vida de las personas. A su vez con la revisión de los modelos de certificación de edificaciones verdes y la ISO14001 se seleccionaron 4 categorías y un total de 10 subcategorías: 1) Aire y ruido: Calidad del aire, Manejo del ruido, Transporte; 2) Recursos naturales: Gestión de agua. Manejo de Energía, Manejo del suelo; 3) Residuos: Manejo de residuos, Uso de materiales e infraestructura; 4) Entorno: Biodiversidad, Relación con la comunidad.

Para estas subcategorías se definió un conjunto de acciones para cada una, se inicia con la creación una línea de base, a través de ésta se hace una propuesta de plan de manejo con sus respectivas acciones para la gestión, permitiendo reconocer las fuentes contaminación, las acciones de prevención y mitigación, que se ponen a disposición del Operador Aeroportuario para que éstos realicen el monitoreo y control de los resultados comparados con la situación inicial.

Además, se planteó una herramienta para tomar la decisión de cuál subcategoría priorizar, usando la Matriz de decisión, completada con información de la realidad de cada aeropuerto.

**Palabras claves:** Contaminación Aeroportuaria, Modelo de Aeropuerto Verde, Certificaciones de Aeropuertos Verdes, LEED, BREEAM

## Executive Summary

The development of this research began with the analysis of worrying data on the effect on pollution of the aeronautical industry that contributes 2% of total greenhouse gas emissions, with about 860 million metric tons of CO<sub>2</sub> per year and is expected to be responsible for 20% of emissions by 2050 (European Union, 2018), which makes it necessary to accelerate ecological innovations, their development and dissemination mainly in airports that are considered important sources of polluting gases in urban areas that have not yet been regulated. The general objective was "To propose environmental management policies and practices for the transformation from a conventional airport to a sustainable one". Then theoretical research was initiated on existing certification models, seeking the creation of a proposal for policies, strategies and management practices of an airport with an environmental focus that support a sustained advance towards sustainability.

After the bibliographic study, and after the analysis of different definitions, it was concluded that a green airport: must have an environmental perspective, through the use and conservation of natural resources in a sustainable way; Operational efficiency, through the airport's internal and external practices; Proper management, well-defined strategies and practices for the achievement of the environmental objective; Social Responsibility, taking charge of the well-being and quality of life of people. In turn, with the revision of the green building certification models and ISO 14001, 4 categories and a total of 10 subcategories were selected: 1) Air and noise: Air quality, Noise management, Transport; 2) Natural resources: Water management. Energy Management, Soil Management; 3) Waste: Waste management, Use of materials and infrastructure; 4) Environment: Biodiversity, Relationship with the community.

For these subcategories, a set of actions was defined for each one, with their respective management plans that are made available to the Airport Operator.

In addition, a tool was proposed to make the decision of which subcategory to prioritize, using the Decision Matrix, filled with information on the reality of each airport.

**Keywords:** Airport Pollution, Green Airport Model, Green Airport Certifications, LEED, BREEAM

# Índice

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| Resumen Ejecutivo .....                                          | 2         |
| Executive Summary.....                                           | 3         |
| Índice .....                                                     | 5         |
| Índice de Figuras y Tablas.....                                  | 7         |
| Introducción.....                                                | 9         |
| <b>1. Antecedentes generales .....</b>                           | <b>11</b> |
| 1.1. Justificación .....                                         | 11        |
| 1.2. Objetivos: .....                                            | 13        |
| ▪ General:.....                                                  | 13        |
| ▪ Específicos: .....                                             | 13        |
| 1.3. Metodología:.....                                           | 13        |
| 1.4. Alcance: .....                                              | 14        |
| ▪ Exploratorio:.....                                             | 14        |
| ▪ Descriptivo: .....                                             | 15        |
| ▪ Geográfico .....                                               | 15        |
| ▪ Tiempo: .....                                                  | 15        |
| <b>2. Estado del Arte .....</b>                                  | <b>16</b> |
| 2.1. Antecedentes.....                                           | 16        |
| 2.1.1. La problemática ambiental .....                           | 16        |
| 2.1.2. La sostenibilidad y sobrepoblación. ....                  | 20        |
| 2.1.3. Hitos de la Aviación.....                                 | 22        |
| 2.1.4. Fuentes de contaminación de la industria aeronáutica..... | 25        |

|                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.5. Aeropuerto Verde. ....                                                                                   | 27        |
| 2.2. Marco teórico.....                                                                                         | 28        |
| 2.2.1. Leed .....                                                                                               | 28        |
| 2.2.2. BREEAM.....                                                                                              | 30        |
| 2.2.3. ISO14001 .....                                                                                           | 31        |
| 2.2.4. Supuesto de Aeropuerto .....                                                                             | 32        |
| 2.2.5. Economía circular .....                                                                                  | 35        |
| 2.2.6. Acreditación De Huella De Carbono en Aeropuerto (Airport Carbon Accreditation).....                      | 36        |
| 2.2.7. Evaluación de diseño de aeropuerto verde (GrADE) .....                                                   | 39        |
| 2.3. Propuesta metodológica.....                                                                                | 40        |
| <b>3. Desarrollo .....</b>                                                                                      | <b>42</b> |
| 3.1. Descripción de aeropuerto verde y la base de su composición. ....                                          | 42        |
| 3.1.1. Definición y descripción que son los aeropuertos verdes: .....                                           | 42        |
| 3.1.2. Descomposición de los modelos de edificaciones verde.....                                                | 46        |
| 3.2. Políticas, estrategias, normas, protocolos y prácticas de gestión medio ambiental en los aeropuertos. .... | 58        |
| I. Aire y ruido:.....                                                                                           | 60        |
| II. Recursos naturales .....                                                                                    | 75        |
| III. Residuos .....                                                                                             | 89        |
| IV. Entorno.....                                                                                                | 98        |
| 3.3. Sistema de priorización de las estrategias y prácticas. ....                                               | 101       |
| Conclusiones.....                                                                                               | 109       |
| Bibliografía.....                                                                                               | 112       |

## Índice de Figuras y Tablas

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Tabla 2-1: Hitos destacables de la Aviación.</i>                                                                                              | 24  |
| <i>Tabla 2-2: Promedio de CO<sub>2</sub> que contamina un pasajero el 2019.</i>                                                                  | 32  |
| <i>Tabla 2-3-. Tonelada de CO<sub>2</sub> generadas por Arturo Merino Benítez.</i>                                                               | 32  |
| <i>Tabla 2-4: Generación de toneladas de residuos en los diferentes aeropuertos y el promedio.</i>                                               | 33  |
| <i>Tabla 2-5: Litros consumidos por los pasajeros por aeropuerto y el promedio.</i>                                                              | 34  |
| <i>Tabla 2-6: Resumen de cuantos contaminantes en promedio un aeropuerto de 25 millones de pasajeros genera.</i>                                 | 34  |
| <i>Tabla 3-1: Categorías principales de los modelos de edificación verde.</i>                                                                    | 47  |
| <i>Tabla 3-2: Cuadro Resumen de lo Básico que debe tener un Aeropuerto para transformarse.</i>                                                   | 53  |
| <i>Tabla 3-3: Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.</i>                                                                       | 56  |
| <i>Tabla 3-4: Rangos en los que han sido clasificados los valores del ICA de acuerdo con el color asignado para facilitar su interpretación.</i> | 57  |
| <i>Tabla 3-5: Áreas ambientales y sus categorías de intervención en el aeropuerto.</i>                                                           | 59  |
| <i>Tabla 3-6: Definiciones básicas para hacer un Plan de Manejo.</i>                                                                             | 69  |
| <i>Tabla 3-7: medición de huella hídrica..</i>                                                                                                   | 76  |
| <i>Tabla 3-8: sugerencia del uso de suelo cercano a un aeropuerto..</i>                                                                          | 86  |
| <i>Tabla 3-9: Ejemplo de plantilla para registrar los datos del residuo.</i>                                                                     | 94  |
| <i>Tabla 3-10: Matriz de evaluación de las estrategias.</i>                                                                                      | 101 |
| <i>Tabla 3-11: Matriz de evaluación de las estrategias de ejemplo.</i>                                                                           | 104 |
| <i>Tabla 3-12: Matriz de evaluación de las estrategias de ejemplo 2.</i>                                                                         | 105 |
| <i>Tabla 3-13: Matriz de evaluación de las estrategias de ejemplo 3.</i>                                                                         | 106 |
| <i>Tabla 3-14: Matriz de evaluación de las estrategias de ejemplo 4.</i>                                                                         | 107 |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Figura 1-1: Pasos a seguir en el trabajo.</i>                                          | 14 |
| <i>Figura 2-1: Desarrollo del Cambio climático.</i>                                       | 18 |
| <i>Figura 2-2: Consecuencias Sociales y Económicas del cambio Climático.</i>              | 19 |
| <i>Figura 2-3: Composición de sostenibilidad.</i>                                         | 20 |
| <i>Figura 2-4: Fuentes de contaminación dentro del sistema aeroportuario.</i>             | 26 |
| <i>Figura 2-5: Economía Lineal VS Economía Circular.</i>                                  | 36 |
| <i>Figura 2-6: Plan de trabajo de la investigación.</i>                                   | 40 |
| <i>Figura 3-1: Alcances e impactos del aeropuerto verde..</i>                             | 43 |
| <i>Figura 3-2: Componentes esenciales que envuelven un aeropuerto.</i>                    | 44 |
| <i>Figura 3-3: Modelos que participan dentro de la creación de un aeropuerto verde</i>    | 46 |
| <i>Figura 3-4: Sistema de evaluación de las edificaciones para certificar como verde.</i> | 48 |
| <i>Figura 3-5: Composición de la Gestión Verde.</i>                                       | 51 |
| <i>Figura 3-6: Elementos claves del cambio</i>                                            | 58 |
| <i>Figura 3-7: Resumen de la evaluación de la calidad del aire y sus indicadores.</i>     | 60 |
| <i>Figura 3-8: Pasos generales sobre el manejo del ruido.</i>                             | 67 |
| <i>Figura 3-9: Ejecución del plan de manejo.</i>                                          | 68 |
| <i>Figura 3-10: Tipos de Transportes hacia, desde y dentro del aeropuerto.</i>            | 73 |
| <i>Figura 3-11: pasos generales del plan de gestión.</i>                                  | 76 |
| <i>Figura 3-12: Huella Hidrica.</i>                                                       | 77 |
| <i>Figura 3-13: Manejo de la energía y sus pasos.</i>                                     | 81 |
| <i>Figura 3-14: Ingredientes la estrategia del Cuidado del suelo.</i>                     | 85 |
| <i>Figura 3-15: Procesos básicos para la gestión de residuos.</i>                         | 89 |
| <i>Figura 3-16: Alternativas para los residuos.</i>                                       | 94 |
| <i>Figura 3-17: Partes de la Biodiversidad.</i>                                           | 98 |

## Introducción

El panel intergubernamental de expertos para el cambio climático (I.P.C.C.) ha señalado que la temperatura sobre la Tierra ha aumentado 1.5 °C en los últimos cien años, lo que ha acelerado los procesos de degradación del planeta y ha advertido que el nivel del mar se elevará cerca de un metro para el 2100 si la temperatura global de la Tierra excede los 3 °C, reconoce además que el dióxido de carbono tiene una participación determinante en el calentamiento del planeta, ya que absorbe la radiación infrarroja proveniente del sol y de los océanos. Este fenómeno se conoce con el nombre de efecto invernadero.

La industria aeronáutica será la mayor generadora individual de emisiones de dióxido de carbono en las próximas décadas y en el año 2050 la industria será responsable del 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que las flotas aéreas se duplicarán y la IATA pronostica que los números de los pasajeros se doblarán a 8.200 millones al año para el 2037, por esta situación esta industria enfrenta el escrutinio público de los movimientos ecológicos que generan campañas para convencer a las persona de no viajar por aire, con el fin de mitigar el impacto climático, como por ejemplo, movimiento “Flygskam” (vergüenza de volar) que logró en Suiza que ... ***“El número de usuarios de los 10 aeropuertos gestionados por el operador público sueco de aeropuertos Swedavia registró en 2019 una disminución total del 4 % en comparación con el año previo (40 millones frente a 42 en 2018). En el caso de los vuelos domésticos, la caída ha sido del 9 %. Al mismo tiempo, el número de pasajeros registrado por el operador estatal de trenes SJ alcanzó la cifra record de 32 millones de pasajeros”*** ... (revista ecologista, 2020).

Los planes del sector aeronáutico para mitigar estos efectos se han basado en la mejora de la eficiencia energética del sistema y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que, estas suponen el 3,5-4% de todo el efecto invernadero. La introducción del empleo de bio-combustibles se encuentra aún en fase experimental y en las condiciones actuales es improbable que este año 2021 esté disponible una cantidad de combustible suficiente para conseguir la meta propuesta en la asamblea de la O.A.C.I. en septiembre de 2013 que aprobó un programa encaminado a obtener una mejoría de la eficiencia energética del transporte aéreo mundial que a partir del año 2020 no debe ser mayor a un 2%.

La otra alternativa posible de avanzar hacia la sustentabilidad es a nivel local, ya que, la estructura actual del sistema de transporte aéreo, considera un núcleo muy importante de concentración de sus actividades operacionales, a los aeropuertos, donde se pueden introducir modificaciones interesantes para disminuir los impactos negativos al medio ambiente; se han denominado “aeropuertos verdes”, cuya característica principal es el uso responsable de los recursos naturales que necesitan para su funcionamiento, reduciendo el consumo de energía y promover la utilización de energías renovables para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Deben ser diseñados, operados y administrados de tal manera que su impacto ambiental sea el mínimo y sostenible.

Este estudio realizará una revisión bibliográfica para lograr describir los componentes esenciales en la categorización de un aeropuerto verde o sustentable, las certificaciones que se realizan para las edificaciones, y luego al amparo de la ISO-14001 proponer políticas y prácticas para que un aeropuerto tradicional se transforme en un aeropuerto sustentable y con un sistema de gestión ambiental aportando en la solución de la problemática ambiental actual. Esta investigación plantea las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los componentes esenciales en un concepto de aeropuerto sostenible?, ¿Cuáles políticas y prácticas sustentables son las más posibles de implementar en un aeropuerto tradicional?, ¿Qué impacto tendría en las emisiones?, ¿Cuánto aporta el aeropuerto (edificio) al ecosistema aeroportuario? Y finalmente ¿se puede calcular?

## 1. Antecedentes generales

### 1.1. Justificación

La presente investigación se enfocará en plantear políticas y prácticas sostenibles que pueden ser utilizadas en el medio local del sector aeronáutico: como los aeropuertos, para contribuir a la solución de un problema social que causa el impacto de las prácticas de la industria aeronáutica en el medio ambiente.

La Oficina Nacional de Investigación Económica (EE. UU.) en el año 2018 consideró que los aeropuertos son una fuente de contaminación ambiental, ya que, la congestión en las pistas, la cantidad de actividades aeroportuarias que se realizan en el interior y exterior, la presión del crecimiento urbano, contribuyen considerablemente a los niveles locales de contaminación (National Bureau of Economic Research, 2018).

Los principales efectos sobre el entorno de los aeropuertos son el aumento del nivel de ruido, la mala calidad del aire, el consumo de los recursos y los residuos que se generan.

Las prácticas aeroportuarias actuales generan emisiones en diferentes situaciones, como:

- Las emisiones de los motores de las diferentes aeronaves y equipos auxiliares en tierra.
- Emisiones del servicio de apoyo de las aeronaves, combustibles, remolcadores, autobuses, escalerillas, etc.
- Edificios: calderas, limpieza, iluminación, mantenimiento.
- Vehículos y movilización desde y hacia el aeropuerto.

La combustión del gasoil para reactores y del combustible, emiten partículas ultrafinas. Una estimación aproximada de la exposición que se someten los encargados del equipaje durante una hora de trabajo en hora punta es **de 45 mil millones de partículas** (Federación Internacional de los Trabajadores del Transporte aéreo, 2014).

De acuerdo con las cifras emanadas del aeropuerto internacional de San Francisco, anualmente se registran más de **12,7 mil toneladas** (28 millones de libras) de desechos, incluidas aproximadamente **10 mil** botellas plásticas de agua diarias, que son

aproximadamente casi **4 millones** de botellas al año. Diariamente se consumen 10 mil millones de toneladas de agua en los aeropuertos a nivel mundial (ELKAY, 2020).

Un aeropuerto promedio gasta a diario tanta energía térmica y eléctrica como una ciudad de cien mil habitantes (Alfers, 2015).

Los viajes en avión generan millones de toneladas de basura cada año, según el informe de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (I.A.T.A la sigla del nombre en inglés) en el año 2017 se produjeron cerca de **6 millones de toneladas de residuos** y la cantidad según la estadística se duplicaría en los próximos 10 años.

La actividad aérea en el aeropuerto internacional de ciudad de México generó en enero del 2011 un promedio de **2,8 toneladas diarias de CO<sub>2</sub>** (Herrera Garcia & Servín Caballero, 2012), así mismo en Europa, se destaca el aeropuerto de Madrid Barajas que movió más de 61 millones de pasajeros en el año 2019 generando **53 millones de toneladas para el año**. (MCKAYREUTERS, 2021)

El programa de **Acreditación de Huella de Carbono en Aeropuertos** es el programa mundial reconocido que evalúa de manera independiente los esfuerzos de los aeropuertos para gestionar y reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

En octubre de 2017 se alcanzó la cifra de 200 aeropuertos certificados en el mundo y la neutralidad de carbono fue conseguida sólo en 35 de estos de una muestra mundial de más de **42 mil aeropuertos** alrededor del mundo, lo que destaca la poca concientización que hay respecto al problema ambiental, y la lentitud de impulsar cambios que favorezcan el cuidado ambiental (Comunidad Por EL Clima, 2020).

La adopción de estas políticas y estrategias medioambientales es de vital importancia para mejorar las condiciones de funcionamiento de los aeropuertos para elevar la calidad de vida y empezar a rescatar al planeta de la catástrofe ambiental que se encuentra hoy.

La ISO 14001 permite mejorar el diseño de políticas medioambientales al establecer un enfoque sistemático para gestionar el medio ambiente, contar con la información y recursos suficientes para impulsar las estrategias a largo plazo, utilizando la metodología del P.H.V.A. (sigla de: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) y los objetivos con sus respectivos procesos.

Este trabajo de investigación y recopilación facilitará a los aeropuertos, para que realicen modificaciones estructurales y operacionales, lo que conllevará a una mejora a nivel ambiental en distintas aéreas, resultando en la disminución del aporte de éstos a la contaminación general.

## 1.2. Objetivos:

- General:
  - Proponer políticas y prácticas de gestión ambiental para la transformación de un aeropuerto convencional a uno sustentable.
- Específicos:
  - Describir las características de un aeropuerto sustentable.
  - Descomponer y caracterizar la teoría existente de las edificaciones (casa, empresas, puertos, mercados, etc.) para la transformación de un aeropuerto normal a uno sustentable.
  - Definir las políticas y prácticas de gestión ambiental para la transformación de un aeropuerto normal a uno sustentable.
  - Jerarquizar los impactos de las prácticas y políticas para ser aplicadas en la transformación del aeropuerto.

## 1.3. Metodología:

En un enfoque cualitativo, este proyecto de investigación usa el método de estudio descriptivo, que tiene como finalidad definir, clasificar, catalogar definiciones existentes de aeropuertos verdes con el fin de comparar y establecer características comunes que permitan establecer los componentes esenciales del concepto, lo que permitirá plantear características o categorías básicas que faciliten la implementación de políticas, práctica y/o estrategias a las ya existentes y adaptarlas a las realidades propias de los aeropuertos.

Los pasos que se seguirán serán los siguientes:

- Definición del problema y de los objetivos de la investigación.
- Diseño del plan de investigación.
- Recopilación de los datos: revisión bibliográfica del tema.

- Análisis de la información (fase analítica).
- Presentación de los informes con los resultados (fase de informativo).
- Conclusiones.

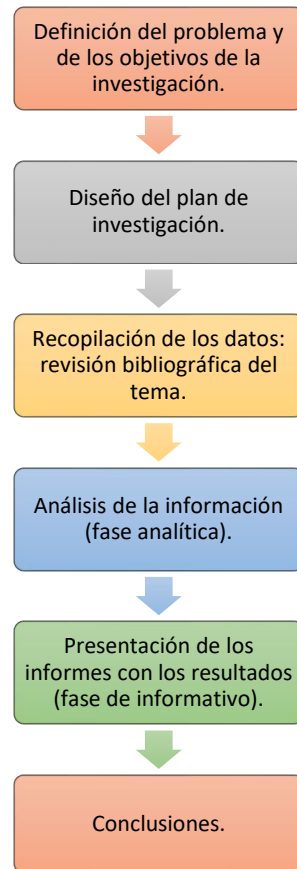


*Figura 1-1: Pasos a seguir en el trabajo. Elaboración propia.*

#### 1.4. Alcance:

Esta investigación tendrá los siguientes alcances:

- **Exploratorio:**

Pretende examinar el tema de investigación poco estudiado, la revisión de estudios similares y aumentar, además el grado conocimiento del tema en estudio. En el caso de esta investigación permitirá establecer una visión general sobre las características que debe tener un aeropuerto sustentable, conocer más sobre la teoría existente de las edificaciones

sustentables en la actualidad y establecer las bases para las propuestas de políticas de la gestión ambiental en los aeropuertos.

- **Descriptivo:**

Se busca explicar las características más representativas y detalles, ampliar en la definición de las políticas y prácticas ambientales que conformen un sistema de gestión para la transformación de un aeropuerto tradicional en uno sustentable.

- **Geográfico**

Los límites geográficos de esta investigación es nivel general de todo el mundo, debido que las prácticas y planes de acción serán creados para que cualquier aeropuerto pueda aplicarlas, sin importar el tamaño de su operación.

- **Tiempo:**

Los límites de tiempo de esta investigación serán los rangos de años entre el 2017 y 2021.

## 2. Estado del Arte

### 2.1. Antecedentes.

En este agregado se realiza una revisión integral de la **problemática ambiental** generada por las actividades del ser humano y los procesos de desarrollo y crecimiento de la humanidad.

Se detallan sus **consecuencias sociales y económicas**. Frente a esta situación se contrapone el desarrollo sostenible, con dos conceptos estrechamente relacionados: **Sostenibilidad/Sobrepoblación**, además, se revisa en forma general la propuesta de la ONU en su agenda 2030, a través de las metas comunes para proteger el planeta a través de los **Objetos de Desarrollo Sostenible (O.D.S.)**.

Junto lo anterior se revisan los **principales Hitos de crecimiento y desarrollo de la aviación**, como muestra de una industria que aporta a la economía mundial grandes beneficios y avances. A pesar de estos, surgen cuestionamientos por la gran cantidad de emisiones producidas a **nivel global y en los aeropuertos** como fuentes de gases contaminantes, descuido del entorno y mala calidad de vida de las personas a **nivel local**.

En búsqueda de ser un aporte a la solución de la problemática ambiental, una pequeña parte de la industria aeronáutica se adhiere a un enfoque verde en sus operaciones y promueve el impulso de transformación de aeropuertos tradicionales a los llamados **aeropuertos verdes**.

#### 2.1.1. La problemática ambiental

El uso y exceso de explotación de los combustibles fósiles y los recursos minerales de la tierra, agotamiento de los recursos energéticos y biológicos, contaminación de las aguas, atmósfera y los suelos, acumulación de residuos industriales y la emanación de gases han provocado el calentamiento global del planeta. Este fenómeno se viene estudiando a partir del 1900 y se detectó un incremento de la temperatura promedio del planeta que se mantiene en ascenso y de manera cada vez más acelerada, en especial a partir de la década de 1980. (Alfers, 2015) (DIANA, 2012)

La principal consecuencia del **calentamiento global** es el desequilibrio en el efecto invernadero debido al aumento de los gases contaminantes, como el dióxido de carbono y el metano, que son liberados en la atmósfera de manera indiscriminada por las actividades humanas.

Una parte del calor no puede escapar porque es reflejado nuevamente hacia la tierra por los gases. Estos gases vienen de las fábricas (plantas termoeléctricas), vehículos, etc.

**El efecto invernadero** es un fenómeno útil y natural y sin él, la tierra sería una roca congelada. El problema es que en pocos años los seres humanos aumentaron su efecto natural por el incremento en las emisiones de gases relacionados con la quema de combustibles fósiles y la liberación de carbono por la deforestación de grandes áreas boscosas.

**El efecto invernadero** ha derivado en otra consecuencia que es el **cambio climático** que de acuerdo con el estudio realizado en la Convención Marco de las Naciones Unidas 1992 sobre el Cambio Climático es definido, ... *“como un cambio del Clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial, que se suma a la variabilidad natural del Clima observado durante un periodo de tiempo comparable.”* ... (Naciones Unidas, 1992, pág. 3).

Esta situación ha generado el efecto del **cambio climático**, cuyo aumento global de la temperatura trae consecuencias desastrosas que ponen en peligro la supervivencia de la flora y fauna de la Tierra, incluyendo el ser humano. Entre sus impactos destacan el derretimiento de las masas de hielo en los polos que a su vez provoca el aumento de los niveles del mar, lo que produce inundaciones y amenaza los litorales costeros. Aumenta la aparición de fenómenos meteorológicos más violentos, sequías, incendios, muerte de especies animales y vegetales, los desbordamientos de los ríos y lagos, y la destrucción de los medios de subsistencia y de los recursos económicos especialmente en países en desarrollo.

El economista Nicholas Stern en 2006 por encargo del ministerio de Hacienda del Reino Unido, realizó un informe donde evaluó el impacto del cambio climático sobre la economía internacional. En él, expresa lo siguiente: *“El cambio climático afectará los elementos básicos de la vida de las personas en todo el mundo... Cientos de millones de personas podrían sufrir hambre, escasez de agua e inundaciones costeras a medida que el mundo*

*se calienta.” (Stern, 2006, pág. 6). “La evidencia muestra que ignorar el cambio climático eventualmente dañará el crecimiento económico. Nuestras acciones en las próximas décadas podrían crear riesgos de grandes trastornos en la actividad económica y social, más adelante en este siglo y en el próximo, en una escala similar a las asociadas con las grandes guerras y la depresión económica de la primera mitad del siglo XX.” (Stern, 2006, pág. 12).*

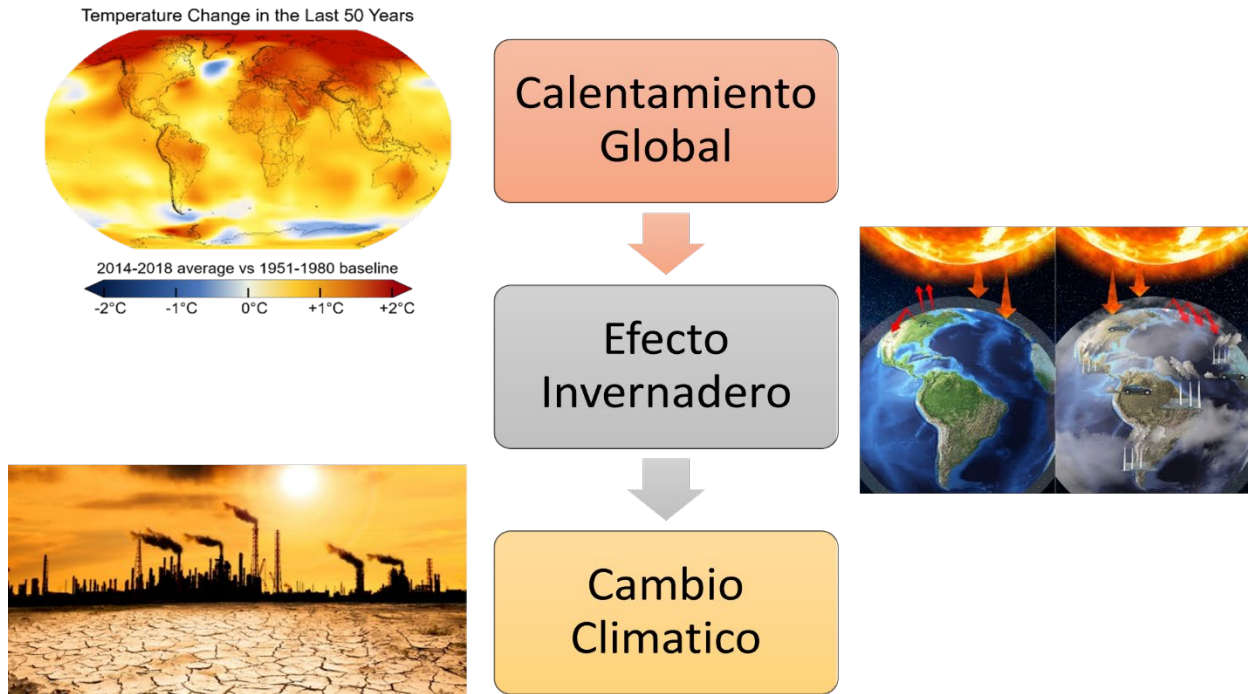


*Figura 2-1: Desarrollo del Cambio climático. Fuente: Elaboración propia (Naciones Unidas, 1992).*

El cambio climático trae diversas consecuencias, de las cuales las más destacables son las sociales y económicas descritas a continuación:

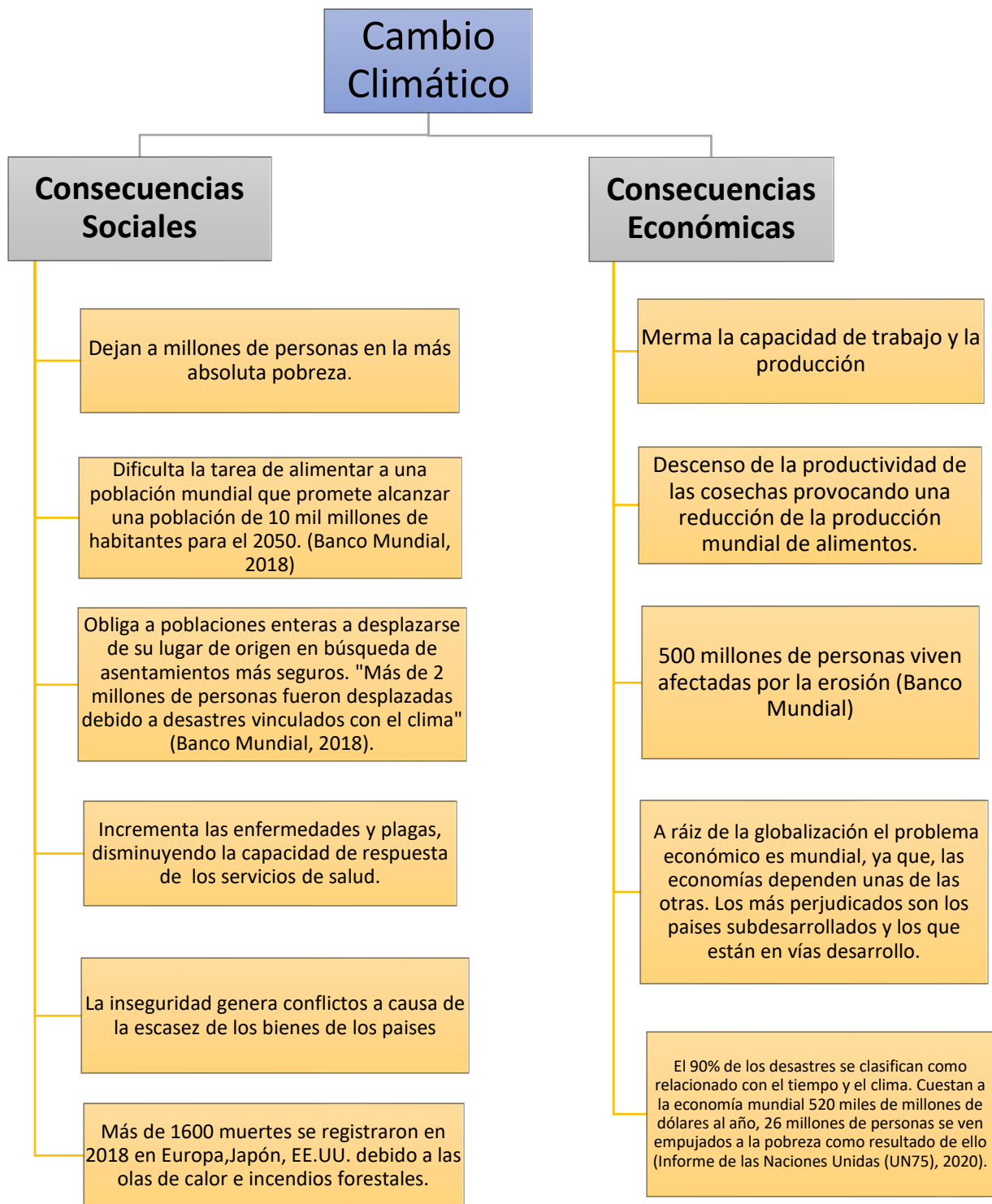


*Figura 2-2: Consecuencias Sociales y Económicas del cambio Climático. Fuente:*

*Elaboración propia. (Naciones Unidas, 1992)*

### 2.1.2. La sostenibilidad y sobrepoblación.

**La sostenibilidad:** es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y el bienestar social. Este equilibrio se grafica de la siguiente manera (Naciones Unidas, 1992):

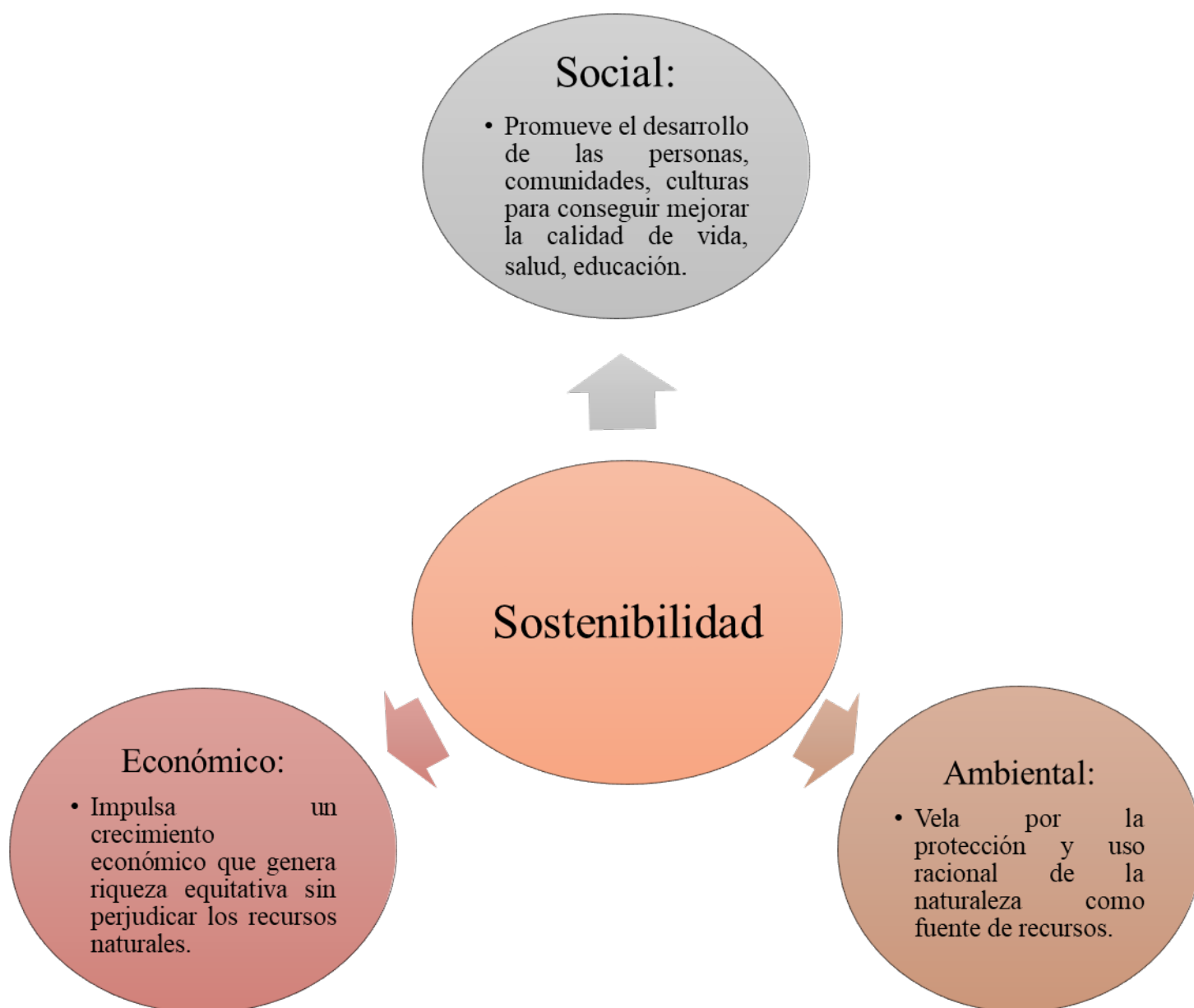


*Figura 2-3: Composición de sostenibilidad. Fuente: Elaboración Propia.*  
(Organización de las Naciones Unidas, 2017). (Naciones Unidas, 1992)

El desarrollo sostenible es un concepto que aparece por primera vez en 1987 con la publicación del Informe Brundtland que alerta de las consecuencias medioambientales negativas del desarrollo económico y la globalización, tratando de buscar posibles soluciones de los problemas derivados de la industrialización y el crecimiento de la población. (Pérez, 2020)

***Sobrepoblación*** se define como el crecimiento incontrolado de la población mundial, lo que genera problemas económicos, accesibilidad, salud entre otros. Junto con los problemas ambientales como el agotamiento de los recursos energéticos y natural, aumento de la contaminación, incremento en el consumo de energía (Naciones Unidas, 2021).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas: “***...Tan solo en el siglo XX el número de habitantes en el mundo pasó de 1600 millones a 6000 millones; en los países en desarrollo la población se duplica cada 35 años, este crecimiento se estabilizará en el presente siglo cuando el planeta deberá soportar una población de 8000 a 14000 millones de personas que demandaran alimento, cobijo, bienestar y confort...***” (Organización de las Naciones Unidas, 2017).

Las Naciones Unidas aprobó la agenda 2030 en el 2015, donde declara “los objetivos de Desarrollo Sostenible” con metas comunes para proteger el planeta y garantizar el bienestar de todas las personas. Los 17 objetivos presentados en la agenda pretenden en líneas generales mejorar la situación actual realizando los siguientes (Organización de las Naciones Unidas, 2017):

- La erradicación de la pobreza y el hambre.
- Universalizar el acceso a servicios básicos.
- Generación de oportunidades de desarrollo de: educación, salud, trabajos dignos.
- Fomentar la innovación e infraestructuras resilientes.
- Reducir la desigualdad, especialmente las de género.
- Combatir el cambio climático y proteger los ecosistemas terrestres y oceánicos.
- Colaboración entre los diferentes agentes sociales.

A pesar de que gran parte del daño causado como consecuencia del calentamiento global es irreversible de la Biosfera, al menos, hay muchas cosas que se pueden cambiar o dejar de hacer para no continuar dañando al planeta, tanto de las políticas ambientales de todo el mundo; como desde, el accionar de cada persona en su día a día, necesarias para detener el aumento del calentamiento global y sus graves consecuencias.

### 2.1.3. Hitos de la Aviación.

Para lograr la incorporación del sector aeronáutico en el mejoramiento de la situación climática actual y sus graves consecuencias ambientales, es necesario conocer su desarrollo a través de la historia. Desde el 17 de diciembre de 1903 los hermanos Wright fueron los primeros en realizar un vuelo de un avión controlado hasta la última década, el crecimiento de la industria aeronáutica ha experimentado un proceso de renovación extraordinaria convirtiéndola en la industria con el poder de incidir con el cambio de situación climática. Para visualizar este desarrollo y crecimiento es importante destacar los siguientes hitos:

|             |                  |                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1903</b> | 17 de Diciembre  | El avión que fabricaron los hermanos Wright era biplano denominado Flyer (volador) fue el primer avión registrado en la historia de la aviación.                                                 |
| <b>1906</b> | 13 de Septiembre | Santos Dumont realizó un vuelo público en Paris en su avión 14-bis logrando recorrer una distancia de 221 metros.                                                                                |
| <b>1908</b> | 14 de Marzo      | Wilbur Wright realizó el primer vuelo cargado con 2 personas.                                                                                                                                    |
|             | 30 de Octubre    | El francés Henry Farman se convirtió en el primer en realizar un vuelo de ciudad a ciudad entre Bouy y Reims, Francia. Recorrió 27 Km en 20 minutos.                                             |
| <b>1909</b> | 25 de Julio      | Ingeniero Frances Louis Bleriot atravesó el canal de la Mancha (Calais-Dover) tras 37 minutos en el aire.                                                                                        |
| <b>1910</b> | 23 de Septiembre | El aviador peruano francés Jorge Chavez Dartnell supera los Alpes desde Brind (Suiza) hasta Domodossola (Italia).                                                                                |
|             | 7 de Noviembre   | Los hermanos Wright realizaron el primer vuelo comercial del mundo entre Dayton y Columbia (Ohio) duro 1 hora y 2 minutos, recorriendo 100 Km con un record de velocidad alcanzando los 97 km/h. |

|           |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                       |                                                                         |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1911      | 17 de Septiembre                                                                                                                                        | Calbraith Perry Rodgers realiza el primer viaje transcontinental desde New York hasta California.                                                                                     |                                                                         |
| 1914-1918 | Hubo un avance tecnológico destacable.                                                                                                                  | Estadounidense Tony Jannus primer piloto que realiza un vuelo comercial, volando un hidroavión con carga y pasajeros desde Sant Peterburgo y Tampa, a nombre de la primera aerolínea. |                                                                         |
|           |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                       | Aumento de la capacidad.                                                |
|           |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                       | Motores más potentes.                                                   |
|           |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                       | Aeronaves con mejor aerodinámica.                                       |
|           |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                       | Se superaron desde los 110 Km/h hasta los 230 Km/h.                     |
|           |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                       | Surge el JUNKERS1, avión de fabricación alemana completamente de metal. |
| 1930'     | Se mejoraron las técnicas                                                                                                                               | De construcción de aviones más grandes capaces de recorrer distancias mayores.                                                                                                        |                                                                         |
|           |                                                                                                                                                         | Volar más rápido y a mayor altitud.                                                                                                                                                   |                                                                         |
|           |                                                                                                                                                         | Diseños aerodinámicos.                                                                                                                                                                |                                                                         |
|           |                                                                                                                                                         | Equipamiento de control, radiocomunicaciones y pilotos automáticos                                                                                                                    |                                                                         |
|           | Fabricación del avión Douglas DC-3 monoplano bimotor. Con capacidad de 21 pasajeros, llegando a 320 Km/h en crucero, siendo usado como avión comercial. |                                                                                                                                                                                       |                                                                         |
|           | Creación del motor a reacción por el británico Frank Whihle y el alemán Hans Von Ohain.                                                                 |                                                                                                                                                                                       |                                                                         |
|           | Creación del primer avión con cabina presurizada, el Boeing 307, volando el primer vuelo el 1938.                                                       |                                                                                                                                                                                       |                                                                         |
|           | 1945-1980                                                                                                                                               | La aviación comercial se desarrolla independiente a la aviación militar.                                                                                                              |                                                                         |

|             |                                                                                                                                                                     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | Surgen aeronaves comerciales, como los cuatrimotores Douglas DC-4, Lockheed Constellation.                                                                          |
|             | Boeing lanza el modelo 707 primer avión de pasajero a reacción exitoso.                                                                                             |
|             | Creación del Boeing 737 el modelo más popular y producido de la historia, más de 6 mil aviones producidos hasta el siglo XXI                                        |
|             | Creación del Boeing 747, el avión con fuselaje ancho denominado Jumbo, con la capacidad de transportar más de 500 personas en un solo vuelo.                        |
| <b>1994</b> | El Boeing 777 realiza el primer vuelo, avión diseñado completamente en ordenador, el mayor avión birreactor del mundo.                                              |
|             | La aviación comercial pasó a desarrollar tecnologías para convertir a los aviones cada vez más automatizados, convirtiéndolos en aparatos más seguros y eficientes. |
| <b>1998</b> | Primer vuelo comercial sobre vuela el polo norte. Recorrido entre New York y Hong Kong pasa a ser un vuelo de 16 horas.                                             |
| <b>2005</b> | Despega el A-380 el avión comercial más grande del mundo, pudiendo transporta más de 800 personas.                                                                  |
| <b>2009</b> | Surge el Boeing 787 DreamLiner, primer avión comercial de 50% material compuesto                                                                                    |
| <b>2011</b> | Lufthansa llevo a cabo su primer vuelo con biocombustible entre Hamburgo y Frankfurt                                                                                |

*Tabla 2-1: Hitos destacables de la Aviación. Fuente: Elaboración propia con información (Gill, 2018) (Cheung, Wong, & Zhang, 2020) (Grinervald, 1997) (OACI, 2008)*

En los últimos 15 años, el número de pasajeros en aviación comercial ha duplicado, *“...En el 2018, 4300 millones viajaron con una de las 1300 líneas aéreas que operan actualmente. Así mismo más de 24000 aviones comerciales despegaron alrededor del mundo haciendo más de 38 millones de vuelos en un solo año...”* (AIR, 2018).

En cuanto a su desempeño como industria, la aviación comercial *“...El sector del transporte aéreo genera 65,5 millones de empleos, aporta 2,7 billones de dólares a la economía global y transporta al 57% de los turistas de todo el mundo...”* (Gill, 2018).

La protección del medio ambiente se convertido en una cuestión de supervivencia para todos.

#### 2.1.4. Fuentes de contaminación de la industria aeronáutica

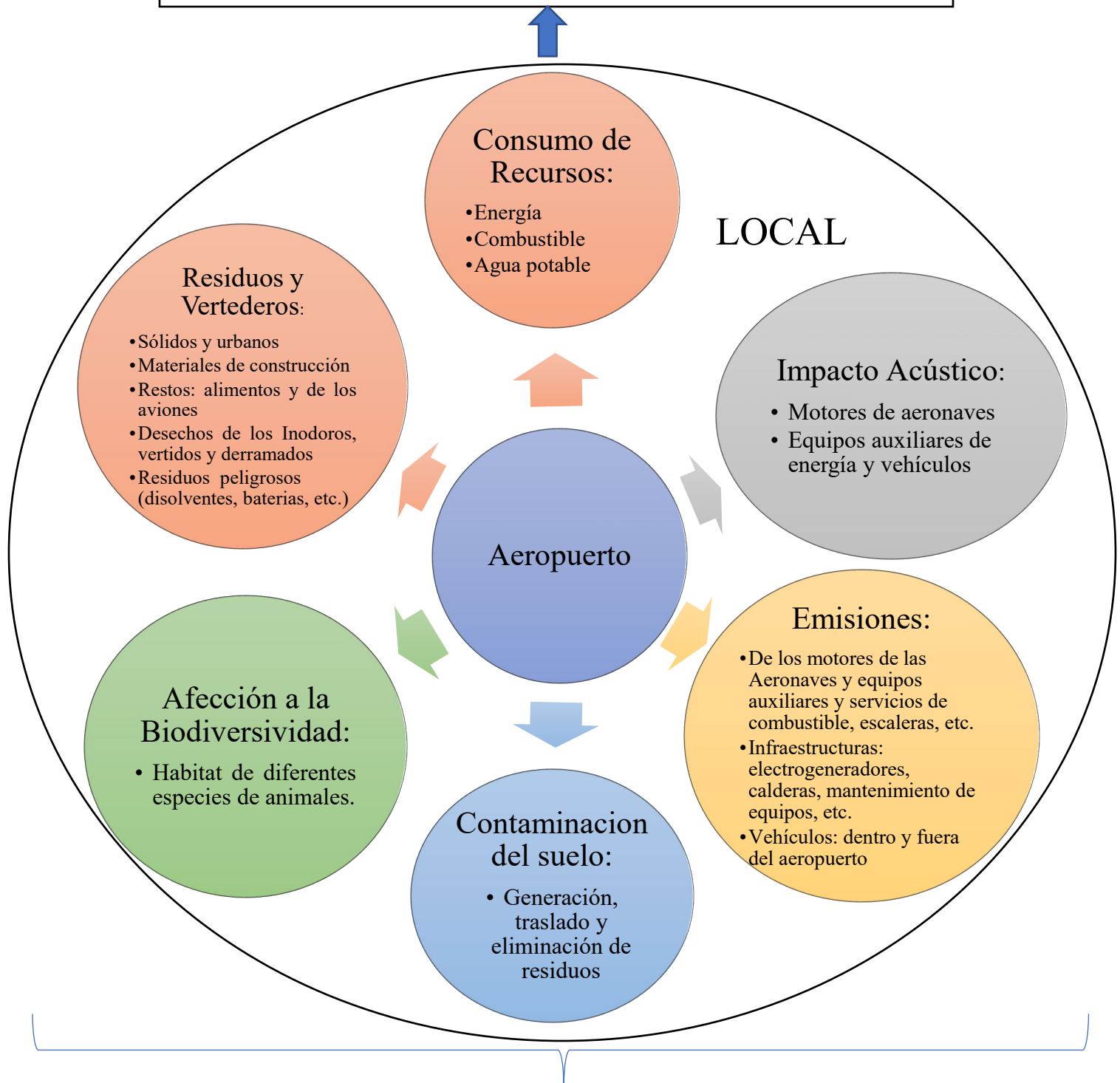
El transporte aéreo deja una considerable huella ambiental: a **nivel global** tiene como elementos principales las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera, como gran consumidor de energía, para lo cual se llevan varios años explorando el empleo de biocombustibles. Con las condiciones actuales es improbable que a finales del año 2021 esté disponible una cantidad de combustible alternativo suficiente para conseguir el resultado perseguido por la OACI y la IATA de mantener constantes la huella de carbono que emite la aviación comercial.

A **nivel local** los aeropuertos son importantes fuentes de gases contaminantes en zonas urbanas que aún no han sido reguladas. Si bien se reconoce su contribución al progreso económico y social del territorio que los rodean ya que genera conectividad interterritorial para la sociedad y gran volumen de empleos, este progreso debe ser compatible con el respeto por el entorno natural y la calidad de vida de las personas (National Bureau of Economic Research, 2018).

A continuación, se puede visualizar el siguiente diagrama de las distintas fuentes de contaminación de la industria aeronáutica:

Viajes en avión: emisiones de CO<sub>2</sub> (285 gr/km por pasajero)

Global



Industria aeronáutica 2% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (860 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> al año (mostrador, 2019)).

*Figura 2-4: Fuentes de contaminación dentro del sistema aeroportuario. Fuente: Elaboración propia con información de Spacio Uned y Guillamon (Spacio Uned, 2019) (Guillamon, 2012)*

### 2.1.5. Aeropuerto Verde.

Los problemas medio ambientales se encuentran interconectados y se vislumbra una oportunidad para la aplicación de un **“Enfoque Verde”** en los aeropuertos radicado en un conjunto de acciones; procesos y metodologías, políticas de gestión, buenas prácticas, uso de nuevas tecnologías, para que, en forma gradual, se minimicen o anulen los impactos medioambientales que genera a diario las operaciones aeroportuarias, compatibles con la eficiencia y rentabilidad.

*“...El aeropuerto verde es aquel que ha sido diseñado, y es operado y administrado de tal manera que su impacto ambiental sea el mínimo posible haciendo su gestión de carácter sostenible. Basándose en la tecnología pretende asegurarse de que todos los recursos se utilizarán y gestionando de la manera más eficiente posible para generar el menor impacto medioambiental y el mejor servicio a todos los actores de la industria aeronáutica...”* (ICAO, Ferrolli, Janic, Diaz y Salazar, 2018).

La transformación de un aeropuerto tradicional a verde implica trabajar en todos aquellos aspectos de políticas, estrategias, protocolos, procesos de planificación, desarrollo y gestión en un contexto técnico y operacional, y a la cohesión económica y social. Además de:

- Explorar los distintos avances tecnológicos para mejorar la eficiencia energética.
- Promover la colaboración en el desarrollo e implementación de las nuevas políticas con operadores, concesionarios/empleados, usuarios del aeropuerto.
- Evaluar la viabilidad, eficiencia y rentabilidad de nuevas tecnologías y procedimientos operativos.
- Validar que las estrategias ambientales en servicios en diferentes operaciones y seguridad del aeropuerto a través de un sistema de Gestión Ambiental reconocido y aplicado por todos.

En el desarrollo del trabajo se verán ejemplos donde estos cambios fueron implementados.

## 2.2. Marco teórico

El objetivo de esta investigación es el planteamiento de políticas y prácticas de sostenibilidad para transformar un aeropuerto en sustentable, compromete la revisión bibliográfica de los métodos de certificación más conocidos existentes de edificaciones sostenibles, los cuales son, el método LEED y el BREEAM, ya que ellos aportarán las bases y/o categorías más esenciales para el diseño de estas políticas o prácticas.

Además, estas políticas sustentables están planteadas a través de la implementación de un “sistema de gestión ambiental” con el respaldo que determina la ISO 14001.

Por esta razón es necesario conocer, qué son, cómo funcionan y sus características principales.

### 2.2.1. Leed

Corresponde a un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council). LEED la cual es la sigla de Leadership in Energy and Environmental Design (Líder en diseño de ambiente y en energía), siendo implementado por primera vez en 1993 (US Green Building Council, 2021) hasta la actualidad donde se han desarrollado 4 versiones de ésta.

En su interior están la normas y estrategias que se deben desarrollar para avanzar hacia la sustentabilidad del edificio, introduciendo en el proyecto aspectos como la eficiencia energética, uso de energía alternativa, mejora en la calidad ambiental tanto dentro como fuera del edificio, buen uso del agua, etc.

Esta certificación, se puede implementar tanto en construcciones nuevas como en ampliadas o edificaciones ya existentes, desde escuelas, centros de salud, establecimientos comerciales, hasta puerto y estaciones de trenes y buses.

Leed funciona a través del sistema de otorgación de puntos de 0 a 100, éstos siendo ganados si se cumple con el criterio que se está evaluando. En cada una de sus categorías, los proyectos deben satisfacer determinados prerrequisitos y ganar puntos o créditos LEED. Las cinco categorías son; Sitios sostenibles (SS), Ahorro de agua (WE), Energía y atmósfera (EA), Materiales y recursos (MR) y Calidad ambiental de los Interiores (IEQ). Una categoría

adicional, Innovación en el diseño (ID), atiende la pericia de la construcción sostenible, así como las medidas de diseño que no están cubiertas dentro de las cinco categorías ambientales anteriores, teniendo cada categoría subcategorías más específicas.

Al finalizar la evaluación, dependiendo del puntaje total se entrega o no la certificación, diferenciándose 4 niveles; desde solo una certificación (40 a 49 puntos), hasta las condecoraciones, Plata (50-59 puntos), Oro (60-79) y Platinum (sobre 80 puntos) siendo la última la más alta categoría entregada.

Los requisitos y enfoque que se evalúan son distintos, según qué tipo de proyecto se está evaluando, si es nuevo, existente, es para uso de vivienda, es para uso público de la población, escuela, universidades, etc.

Con el paso del tiempo, esta certificación se expandió saliendo de EE. UU., llegando a más de 30 países alrededor del mundo. En EE. UU. uno de los edificios más importantes certificados es el Empire State Building de Nueva York. En Sudamérica los países con mayor cantidad de edificaciones certificadas son Argentina con 48 edificios con certificación LEED y 158 en proceso de certificación (Argentina Green Building Council, 2017) y Brasil con 43 edificios con certificación LEED y 158 en proceso de certificación (Brazil green Building council, 2017).

En la actualidad existen aeropuertos que cuentan con la certificación de Leed a nivel de edificación (solo se evaluaron los edificios), estos son el Aeropuerto de Galápagos que cuenta con la certificación de oro, el Terminal A del aeropuerto de Boston, terminal 2 del Aeropuerto de San Diego (Plata) y su ampliación obtuvo Platinum, el terminal 3 del aeropuerto de Indira Gandhi que obtuvo Leed Gold, entre otros (obras.expansion.mx, 2020).

### 2.2.2. BREEAM.

Al igual que el punto anterior BREEAM es un método de evaluación y certificación de la sostenibilidad de las edificaciones. Es un método creado por el Reino Unido, donde posteriormente se extendió por todo Europa principalmente. BREEAM es la sigla Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, que da su primera versión formal en el año 1988, siendo en 1990 certificada la primera edificación.

Esta institución trabaja bajo el pensamiento de que favorecer una construcción más sostenible se traduce en una mayor rentabilidad para quien construye, opera y/o mantiene el edificio y como consecuencia se genera una reducción de su impacto en el medio ambiente; y un mayor confort y salud para quien vive, trabaja o utiliza el edificio (BREEAM España, 2021).

El método se desarrolla al evaluar 10 categorías principalmente, que son: Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso ecológico del suelo, Contaminación, Innovación. Otorgando una puntuación final tras aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene cada uno de los tópicos anteriores, en cuenta a su importancia relativa y su impacto sobre el ambiente.

En función de las etapas, diseño o función de la edificación existe un método específico para su evaluación y posterior certificación. A nivel de aeropuerto pocos tienen la certificación, siendo el primero el de Oslo, el cual obtuvo la certificación de excelente en el año 2018, a través de su proyecto de expansión de este la cual duplica su tamaño (BOHIGUES, 2018).

A su vez también, BREEAM forma parte de una familia de herramientas que también incluye las infraestructuras civiles (sello CEEQUAL) o la adecuada reconstrucción de países asolados por catástrofes naturales (herramienta gratuita QSAND). Todas ellas son herramientas que permiten impactar en 15 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, cuyo objetivo es poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad en el año 2030 (BREEAM España, 2021).

### 2.2.3. ISO14001

La norma ISO14001, forma parte de la familia de normas ISO creadas por la Organización Internacional de Normalización, que se dedican a la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de normalización. En particular ésta, se centra en la protección del medio ambiente, a través de la Gestión de los Riesgos Medioambientales que una actividad o empresa puedan generar, con el objetivo de mitigarlo o en su defecto evitarlo con la implementación de “Sistema de Gestión Ambiental (SGA)”.

Esta norma evalúa a las empresas con el fin de demostrar que son responsables y tienen un compromiso con el medio ambiente. Esto se logra apreciar a través de que existen dificultades para seguir estas normas, debido que ésta puede provocar la modificación o eliminación de uno o varios procesos existentes de la firma, pero a su vez se producen beneficios, donde el principal es el reforzamiento de su imagen comercial de empresa sostenible y respetuosa con el medio ambiente, aumentando así la posibilidad de realizar ventas o prestar servicios en un futuro en especial con las nuevas generaciones las cuales están más preocupadas por su impacto y lo que consumen.

La implementación de la norma ISO 14001 y un SGA es un activo de valor importantísimo para las empresas y organizaciones que lo poseen. Esto se debe a que genera una gran confianza en clientes, proveedores, sociedad, comunidad... en definitiva, en todo el entorno relacionado con la empresa. Tampoco debemos olvidar que disponer de esta certificación supondrá beneficios económicos además de la mayor confianza generada.

En específico, funciona según el método P.H.V.A., es decir, Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. Al igual que otras normas ISO, presenta un marco con conceptos, estructuras y términos comunes a otras normas de ámbito diferente para facilitar su implementación. Y para esto la organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión ambiental de acuerdo con los siguientes requisitos: Política Ambiental, Planificación, Implementación y Operación, etc. (ISO14001, 2018).

#### 2.2.4. Supuesto de Aeropuerto

Continuando con la metodología para este estudio es necesario saber en base a qué vamos a hacer las políticas y cambios de un aeropuerto, debido a que la investigación puede ser aplicada a cualquier aeropuerto, se realizarán supuestos para dar a conocer los parámetros generales iniciales.

Para iniciar es necesario saber cuánto contamina un aeropuerto aproximadamente, para esto se realizará una estimación en base al número de pasajeros y cuánto contaminó la industria en general principalmente en el año 2019. Para ese año según la OACI dijo que se generaron más de 915 millones de toneladas alrededor del mundo de CO<sub>2</sub> (Walker, 2020), y dado que ese mismo año se transportaron más de 4,397 mil millones de pasajeros (Banco Mundial, 2020), se puede decir que en promedio un pasajero contamina 0,2 toneladas anualmente, como se ven en la tabla 2-2:

|                                                                |               |
|----------------------------------------------------------------|---------------|
| Toneladas de CO <sub>2</sub> mundial 2019                      | 915.000.000   |
| Personas que volaron en el 2019                                | 4.397.000.000 |
| Toneladas de CO <sub>2</sub> por persona promedio mundialmente | 0,208096429   |

*Tabla 2-2: Promedio de CO<sub>2</sub> que contamina un pasajero el 2019. Fuente: Elaboración Propia con información (Rob, 2020) (Banco Mundial, 2020)*

Debido que no existen publicaciones con información exacta sobre este tema es necesario hacer una simulación donde se utilizará un aeropuerto mediano y en crecimiento como es el aeropuerto Arturo Merino Benítez (AMB), que en el año 2019 transportó 26.086.612 (Junta de Aeronautica Civil (JAC), 2020) de pasajeros dando como promedio que el aeropuerto contaminó 5,4 millones de toneladas anuales aproximadamente, como detalla la tabla 2-2:

|                                                                 |             |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| Pasajeros de ABM 2019                                           | 26.086.612  |
| Toneladas de CO <sub>2</sub> por persona promedio mundialmente  | 0,208096429 |
| Toneladas de CO <sub>2</sub> aproximadas generadas por AMB 2019 | 5.428.531   |

*Tabla 2-3-. Tonelada de CO<sub>2</sub> generadas por Arturo Merino Benítez. Fuente: Elaboración Propia (Nueva Pudahuel, 2020)*

Por otro lado, un aeropuerto no solo contamina a través de la liberación de CO<sub>2</sub>, también lo hace con el uso de agua y el manejo de la basura.

Por esto es necesario saber cuánta basura un aeropuerto genera aproximadamente a través de un promedio de los residuos que tiene origen en los aeropuertos, elegidos en base al número de pasajeros para que no sean tan distintas sus realidades, esto se aprecia en la tabla siguiente:

| Aeropuertos                              | Generación de residuos por día (TON) | Toneladas anuales | pasajeros anuales (2019) |
|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Aeropuerto internacional de Vancouver    | 13                                   | 4.782             | 26,3 millones            |
| Aeropuerto Internacional Hamad           | 12                                   | 4.307             | 26 millones              |
| Aeropuerto Internacional Toronto Pearson | 8                                    | 3.030             | 50,4 millones            |
| Auckland Internacional Airport           | 11                                   | 4.088             | 20 millones              |
| Aeropuerto internacional de Sydney       | 18                                   | 6.497             | 33,6 millones            |
| Aeropuerto de Múnich                     | 47                                   | 17.009            | 46 millones              |
| Promedio                                 | 18                                   | 6.619             |                          |

*Tabla 2-4: Generación de toneladas de residuos en los diferentes aeropuertos y el promedio. Fuente: Elaboración propia con información extraída de “Understanding waste management at airports: A study on current practices and challenges based on literature review” (R.M. Sebastian, 2020)*

Como se ve en la tabla 2-4, en un aeropuerto con un tránsito de entre 20 y 50 millones de pasajeros, en promedio generan 18 toneladas de residuos no reciclable diariamente (6,6 mil toneladas al año), con una proyección en aumento debido a la situación actual de la pandemia, el autor R. M. Sebastián, lo explica, que para evitar la propagación del virus no se pueden reutilizar los artículos en los lugares de comida y que a pesar de que pueden ser reciclables, estos tienen que ser o quemados o enterrados, para disminuir la probabilidad de contagios. (R.M. Sebastian, 2020).

Debido a que el agua potable es cada vez más escasa por las sequías a nivel mundial, es necesario saber cuánto un aeropuerto promedio gasta y para saber cuánta se puede reutilizar y purificar a futuro para uso no humano. Este caso al igual que para la basura, se tomará lo que se consume de agua por pasajero en varios aeropuertos, para generar un promedio cercano a cualquier aeropuerto medio-grande.

| Aeropuerto                   | Litros por pasajero | Pasajeros anuales | Litros de agua usados por pasajeros al año |
|------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------------------|
| Aeropuerto de Bristol        | 9,4                 | 8.700.000         | 81.780.000                                 |
| Aeropuerto de Ámsterdam      | 13,3                | 81.167.301        | 1.079.525.103                              |
| Aeropuerto de Gatwick        | 17,08               | 46.574.786        | 795.497.345                                |
| Aeropuerto de Frankfurt      | 21,7                | 70.560.987        | 1.531.173.418                              |
| Aeropuerto de Porto Alegre   | 23                  | 7.836.074         | 180.229.702                                |
| Aeropuerto de El Salvador    | 23                  | 1.089.705         | 25.063.215                                 |
| Aeropuerto de Madrid-Barajas | 23,09               | 61.734.037        | 1.425.438.914                              |
| Promedio                     | 19                  | 39.666.127        | 731.243.957                                |

*Tabla 2-5: Litros consumidos por los pasajeros por aeropuerto y el promedio. Fuente: (ELKAY, 2020)*

Se logra apreciar que el consumo de agua depende directamente del número de pasajeros, y que en promedio un aeropuerto medianamente grande consume anualmente 39,6 millones de litros que en su mayoría no son reutilizados (para riego, inodoros, limpieza, etc.) según el informe de ELKAY (ELKAY, 2020).

En resumen, un aeropuerto sobre 25 millones de pasajeros anuales emite alrededor de 5,4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> sin contar otros gases como metano y dióxido de nitrógeno. En el caso de la basura genera 6,6 miles de toneladas de residuos sólidos y un consumo de 39,6 millones de litros de agua. En cuanto a la electricidad, el problema en sí no es la cantidad de Watts que se utiliza, si no, cómo se origina esta electricidad, si proviene de fuente que utilizan combustibles fósiles, como las termoeléctricas y gas natural, o si proviene de una fuente limpia y renovable, como paneles solares, eólica o hidráulica. (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020)

|                                              |                                    |                                 |
|----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 5,4 millones de toneladas de CO <sub>2</sub> | 6,6 miles de toneladas de residuos | 39,6 millones de litros de agua |
|----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|

*Tabla 2-6: Resumen de cuantos contaminantes en promedio un aeropuerto de 25 millones de pasajeros genera. Elaboración propia*

### 2.2.5. Economía circular

La economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende. (Noticias Parlamento Europeo, 2021)

En la práctica, implica reducir los residuos al mínimo. Cuando un producto llega al final de su vida, sus materiales se mantienen dentro de la economía siempre que sea posible. Estos pueden ser productivamente utilizados una y otra vez, creando así un valor adicional.

Contrasta con el modelo económico lineal tradicional, basado principalmente en el concepto “usar y tirar”, que requiere de grandes cantidades de materiales y energía baratos y de fácil acceso.

Uno de los motivos para avanzar hacia una economía circular es el aumento de la demanda de materias primas y la escasez de recursos. Varias materias primas cruciales son finitas y, como la población mundial crece, la demanda también aumenta.

Otra de las razones es la dependencia de otros países: algunos países de la UE dependen de otros países para sus materias primas.

El impacto en el clima es otro de los factores. La extracción y el uso de materias primas tienen importantes consecuencias medioambientales, aumenta el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), mientras que un uso más inteligente de las materias primas puede reducir las emisiones contaminantes.

Medidas como la prevención de residuos, el diseño ecológico y la reutilización podrían ahorrar dinero a las empresas de la UE mientras se reduce el total anual de emisiones de gases de efecto invernadero. Actualmente, la producción de los materiales que se usan diariamente es responsables del 45% de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Avanzar hacia una economía más circular podría generar beneficios como reducir la presión sobre el medioambiente, mejorar la seguridad de suministro de materias primas, estimular la competitividad, la innovación, el crecimiento económico (un 0,5% adicional del PIB) y el empleo (se crearían unos 700.000 trabajos solo en la UE de cara a 2030).

También puede proporcionar a los consumidores productos más duraderos e innovadores que brinden ahorros monetarios y una mayor calidad de vida, por ejemplo, si los teléfonos móviles fuesen más fáciles de desmontar el coste de volverlo a fabricar podría reducirse a la mitad.

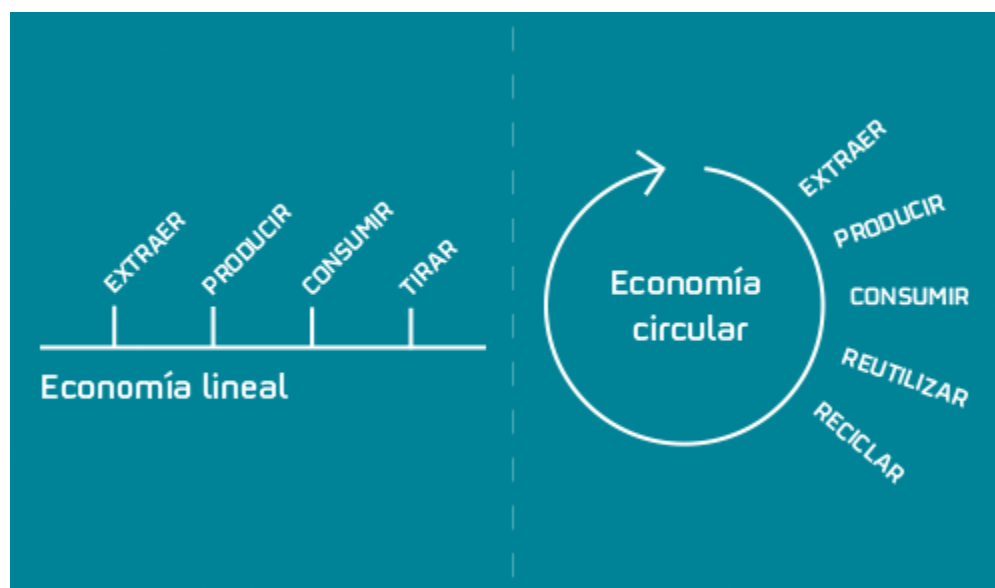


*Figura 2-5: Economía Lineal VS Economía Circular (Repsol Global, 2021).*

#### 2.2.6. Acreditación De Huella De Carbono en Aeropuerto (Airport Carbon Accreditation).

Airport Carbon Accreditation es el único programa global de certificación de gestión de carbono para aeropuertos que cuenta con el respaldo institucional. Evalúa y reconoce de forma independiente los esfuerzos de los aeropuertos para gestionar y reducir sus emisiones de carbono a través de 6 niveles de certificación: 'Mapeo', 'Reducción', 'Optimización', 'Neutralidad', 'Transformación' y 'Transición'.

A través de sus 6 niveles de certificación, Airport Carbon Accreditation reconoce que los aeropuertos se encuentran en diferentes etapas en su camino hacia la gestión integral del carbono. Es un programa para aeropuertos de todos los tamaños, que se extiende más allá de los hubs y aeropuertos regionales con tráfico regular de pasajeros, para incluir la aviación general y los aeropuertos enfocados en el transporte de mercancías.

La acreditación de carbono en aeropuertos es también el único estándar de carbono global específico para aeropuertos que se basa en metodologías reconocidas internacionalmente. Proporciona a los aeropuertos un marco común para la gestión del carbono activo con objetivos mensurables. El programa es específico para cada sitio, lo que permite tener flexibilidad para tener en cuenta los requisitos legales nacionales o locales, al tiempo que garantiza que la metodología utilizada sea siempre sólida.

La acreditación de carbono aeroportuaria se esfuerza por permitir que la industria aeroportuaria reduzca eficazmente su huella de carbono, se beneficie de una mayor eficiencia a través de un menor consumo de energía, experiencia compartida e intercambio de conocimientos, así como una mejor comunicación de los resultados. El considerable número de aeropuertos certificados en cada nivel del programa significa claramente que, independientemente del tamaño o la geografía, estos aeropuertos están liderando el camino, reduciendo activamente la huella de carbono de la aviación en tierra.

El programa fue lanzado por el organismo comercial de aeropuertos europeos ACI EUROPE en su Congreso Anual en junio de 2009. Es administrado de forma independiente por WSP, una firma consultora internacional. El programa proporciona a los aeropuertos un marco común para la gestión del carbono activo con objetivos mensurables. Las huellas de carbono de cada aeropuerto se verifican de forma independiente de acuerdo con la norma ISO 14064 (Contabilidad de gases de efecto invernadero) sobre la base de pruebas de apoyo. Las afirmaciones relativas a los procesos de gestión del carbono de los aeropuertos también son verificadas de forma independiente por un grupo de 117 verificadores independientes, con sede en 36 países.

Este programa tiene distintos niveles:

- El nivel 'Mapeo' de la Acreditación de Carbono de los Aeropuertos (Nivel 1) requiere la medición de la huella de carbono.
- El nivel de 'Reducción' de la Acreditación de Carbono de los Aeropuertos (Nivel 2) requiere la gestión del carbono y el progreso hacia una huella de carbono reducida.
- El nivel de 'Optimización' de la Acreditación de Carbono de los Aeropuertos (Nivel 3) requiere la participación de terceros en la reducción de la huella de carbono. Los terceros incluyen aerolíneas y varios proveedores de servicios, por ejemplo,

operadores en tierra independientes, empresas de catering, control de tráfico aéreo y otros que trabajan en el sitio del aeropuerto. También implica la participación en los modos de acceso en superficie (carretera, ferrocarril) con las autoridades y los usuarios.

- El nivel de 'Neutralidad' de la Acreditación de Carbono de los Aeropuertos (Nivel 3+) requiere neutralizar las emisiones directas de carbono restantes mediante la compensación. El primer aeropuerto en lograr la neutralidad de carbono fue el aeropuerto de Estocolmo-Arlanda en Suecia.
- el Nivel 4 (Transformación) y 4+ (Transición) al programa de *Acreditación de Carbono Aeroportuario* para alinearlos con los objetivos del Acuerdo de París de limitar el aumento de la temperatura promedio global a 2 ° C por encima de los niveles preindustriales. y trate de no superar los 1,5 ° C. Los niveles 4 y 4+ se han introducido como un paso intermedio hacia el objetivo a largo plazo de ayudar a los aeropuertos a lograr emisiones netas de carbono cero. Por lo tanto, los niveles 4 y 4+ alentarán a los aeropuertos a reducir sus emisiones de acuerdo con los últimos avances científicos y políticos y a satisfacer las crecientes expectativas del público y las partes interesadas.

A partir de 2017, 192 aeropuertos en todo el mundo están certificados en uno de los 4 niveles de Acreditación de Carbono Aeroportuario. Estos aeropuertos manejan 2.700 millones de pasajeros al año, el 38,4% del tráfico aéreo mundial de pasajeros. 35 aeropuertos son neutros en carbono; el último en alcanzar este nivel fue el aeropuerto de Helsinki. Ahora hay 28 aeropuertos neutros en carbono en Europa, 5 en Asia, 1 en América del Norte y 1 en África. (ACI EUROPE, 2018).

### 2.2.7. Evaluación de diseño de aeropuerto verde (GrADE)

El método GrADE es una investigación hecha por Paolina Ferrulli (Ferrulli, 2016), que se centró en las cuestiones relativas a la gestión del diseño y la forma en que el proceso de diseño afecta la calidad del aeropuerto en los aspectos medioambiental, tipológico y tecnológico. La investigación sobre la ciencia del diseño y la evaluación de la sostenibilidad de la edificación tiene un impacto directo en los usuarios, el medio ambiente, la comunidad y la operación y gestión del aeropuerto.

El resultado de este estudio es la aplicación de criterios de sostenibilidad ambiental en el diseño de aeropuertos a través del apoyo de herramientas operativas. La investigación define métodos y herramientas específicos que permiten tanto el control del proyecto de diseño como la evaluación de la sostenibilidad. El método se basa en un proceso sistemático, vinculado a estudios de modelización y al desarrollo de indicadores de sostenibilidad que informarían un enfoque de ciclo de vida y de todo el sitio para el diseño de la infraestructura aeroportuaria.

Dicho sistema ayudaría a los aeropuertos a evaluar el desempeño continuo de la sostenibilidad; establecer metas y objetivos de sostenibilidad; mejorar las relaciones internas y externas; aumentar su ventaja competitiva; y ayudar a justificar la gestión de la sostenibilidad. El GrADE se basa en las siguientes especificaciones de diseño extraídas del proceso de alcance a las partes interesadas y de las etapas de investigación de estudio y análisis: Incorporar elementos de los sistemas de calificación existentes en la medida de lo posible;

- Incorporar elementos de los sistemas de calificación existentes en la medida de lo posible.
- Incluir un marco de puntuación basado en puntos.
- Reconocer el desempeño de sostenibilidad en todo el aeropuerto.
- Enfatizar la flexibilidad para adaptarse a todas las tipologías de intervención de los aeropuertos.

### 2.3. Propuesta metodológica

Al inicio de la investigación se realizó una revisión de las distintas literaturas científicas que desarrollan el tema de aeropuertos verdes y su contexto de implementación.

Luego del análisis global de la información se hará una descripción de los principales componentes que involucra el concepto de aeropuerto verde, para que, con esta descomposición de la teoría existente, crear una nueva definición que servirá de base para el desarrollo posterior. La aplicación de esta nueva definición se apoyará en el análisis y descripción de casos exitosos de aeropuertos verdes en el mundo. Luego de este paso metodológico se expondrán las prácticas y políticas de gestión necesarias para el cuidado ambiental en los aeropuertos.

Ya que este desarrollo innovador implica un proceso gradual se propone una metodología para medir los impactos de las políticas y prácticas de manera individual dentro de la transformación de un aeropuerto, que permitirá seleccionar estrategias de implantación de acuerdo con los criterios que se empleen de acuerdo con cada realidad y entorno.

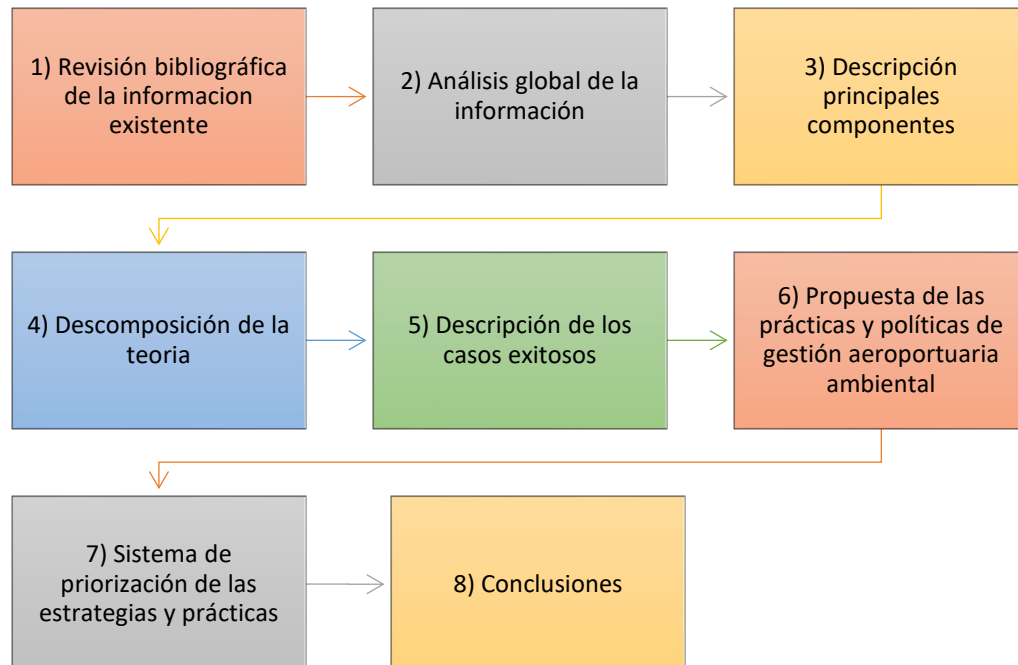


*Figura 2-6: Plan de trabajo de la investigación. Fuente: Elaboración propia.*

Por lo tanto, de manera concreta el desarrollo del proyecto contará con capítulos:

1. Descripción de aeropuerto verde y la base de su composición:

Donde se realizará la descripción teórica de que es un aeropuerto verde, por otro lado, se hará una descomposición los modelos de edificaciones verdes para así obtener los requisitos mínimos que debe tener un modelo de edificios verde. Se considerarán algunos casos que se consideran éxitos.

2. Políticas, estrategias, normas, protocolos y prácticas de gestión medio ambiental en los aeropuertos.

En esta parte, se realizarán y explicarán, usando de base lo de la primera parte, las políticas, prácticas y tecnologías, que debe tener el aeropuerto para poder considerarse uno verde.

3. Sistema de priorización de las estrategias y prácticas.

Se creará un sistema para que cualquier aeropuerto según su realidad, puede priorizar con cual o cuales estrategias comenzar su transformación.

### 3. Desarrollo

#### 3.1. Descripción de aeropuerto verde y la base de su composición.

##### 3.1.1. Definición y descripción que son los aeropuertos verdes:

Para este análisis se realiza una selección de cinco definiciones atendiendo a las perspectivas ambientales y la visión de instituciones y estudiosos del tema de tal modo que, a partir de ellas, se puede realizar una caracterización de sus componentes e intentar una descripción precisa y factible de aplicaciones en un amplio radio de actividades aeroportuarias.

Se seleccionaron las siguientes definiciones:

1. *“Por “aeropuerto verde” se entiende como aquel que incorpora en su infraestructura conceptos medioambientales con el objetivo de generar una mayor eficiencia en la utilización de recursos como la luz, el calor, los flujos de aire. Para ello incorpora tecnología de innovación en la construcción de los edificios terminales, potenciando la eficiencia tecnológica y la utilización de recursos naturales y energías renovables. A la mejor utilización de energías renovables se agrega la implementación de una gestión ambiental y una certificación adecuada cuyo propósito de apoyar la protección y desempeño ambiental, y la prevención de la contaminación en equilibrio con las necesidades socioeconómicas.” (mtz, 2010).*
2. *“...Un Enfoque holístico de la gestión de un aeropuerto a fin de garantizar la integridad de la viabilidad económica, la eficiencia operativa y la conservación de los recursos naturales. y responsabilidad social del aeropuerto...” (Ferrulli, 2016, pág. 3).*
3. *“...AENA define un ‘aeropuerto verde’ como aquel que hace un “uso responsable de los recursos naturales que necesita para su funcionamiento, reduciendo el consumo de energía y promoviendo la utilización de energías renovables para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, y gestiona adecuadamente sus residuos” para que, finalmente, obtenga la certificación de neutro en carbono o ‘aeropuerto verde’...” (Diana, 2012).*

4. *“...El "aeropuerto verde" es aquel que ha sido diseñado y es operado y administrado de tal manera que su impacto ambiental es el mínimo posible haciendo su gestión de carácter "sostenible"...”* (Olariaga, 2018, pág. 3).
5. *“...cada uno de ellos debe contar con un plan maestro del aeropuerto, o temas de seguridad aeroportuaria u otros relacionados a la actividad aeronáutica, pero todo debe ser sostenible en el tiempo y amigable con el medio que lo circunda, no solo en la etapa de diseño o en la de construcción, sino también en la etapa de operación del aeropuerto, donde es importante utilizar el concepto de sostenibilidad...”* (Orellana, 2019).

El impacto y/o alcance del concepto de aeropuerto verde es bastante amplio expresado en las definiciones estudiadas:



*Figura 3-1: Alcances e impactos del aeropuerto verde. Fuente: Elaboración propia. (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020) (Orellana, 2019) (Ferrulli, 2016).*

Encuadrar los términos y sus conexiones permite una reflexión sobre la cuestión en estudio, determinando y caracterizando aquellos puntos clave que delimiten su aplicación y las ideas, conceptos que se necesitan para abordar su implementación. Mostrados a continuación:



*Figura 3-2: Componentes esenciales que envuelven un aeropuerto. Fuente: Elaboración Propia. (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020) (Ferrulli, 2016) (Orellana, 2019).*

Un aeropuerto es un sistema complejo, no solo, en lo que se refiere a su estructura interna, sino también en sus relaciones con las actividades económicas, así como el territorio urbano en que se implantan.

Más aún, si el concepto, se replantea hacia un “aeropuerto verde” que asume responsabilidad con la problemática ambiental existente en la actualidad, sin olvidar su función de conexión de la red de transporte aéreo.

La implementación de un aeropuerto verde tiene repercusiones en diversos ámbitos (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020) (Ferrulli, 2016):

- Ordenación y diseño de la infraestructura, edificación, urbanismo tanto en su construcción como en el desarrollo operativo.
- Uso de la tecnología para preservar los recursos naturales que se utilizan.
- Impacto acústico que se provocan a raíz de las operaciones internas, así como los sectores urbanos a su alrededor.
- Producción de emisiones: motores, servicios auxiliares, mantenimiento, vehículos de acercamiento.
- Tratamiento y consumo de recursos como la energía, agua y el suelo.
- Tratamiento y reducción de los residuos que generan las operaciones diarias en el aeropuerto: basura, líquidos, vegetales, alimentos, derrames, etc.
- Atención al medioambiente y biodiversidad que afecta su accionar.
- Un sistema de gestión medioambiental

### 3.1.2. Descomposición de los modelos de edificaciones verde.

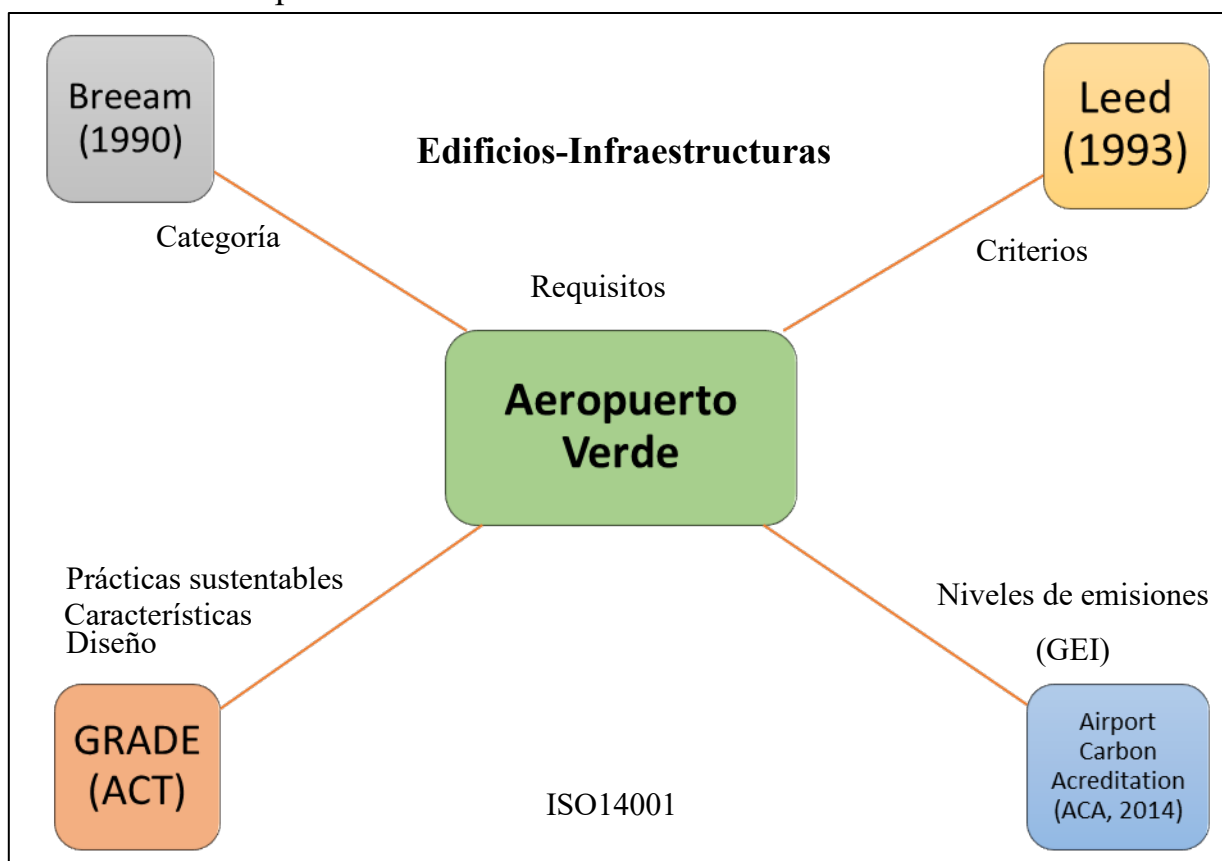


Figura 3-3: Modelos que participan dentro de la creación de un aeropuerto verde. Fuente elaboración propia.

| <i>BREEAM</i>     | <i>LEED</i>                   | <i>GRADE</i>                              |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|
| Gestión           | Ubicación y transporte        | Reducción del ruido                       |
| Salud y bienestar | Sitios sustentables           | Reducción de emisiones y calidad del aire |
| Energía           | Eficiencia del agua           | Uso de energía                            |
| Transporte        | Energía y atmosfera           | Uso del agua                              |
| Agua              | Materiales y residuos         | Gestión de residuos y materiales          |
| Materiales        | Calidad del ambiente interior | Reducción de la contaminación del agua    |

|                         |                    |                                                     |
|-------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|
| Residuos                | Innovación         | Preservación de la biodiversidad y uso de la tierra |
| Uso de suelo y ecología | Prioridad regional |                                                     |
| Contaminación           |                    |                                                     |
| Innovación              |                    |                                                     |

*Tabla 3-1: Categorías principales de los modelos de edificación verde. Elaboración propia (BREEAM ES, 2017) (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019)*

La tabla 3-1, se compone de métodos, donde cada uno tiene categorías y para cada una de ellas se determinan criterios para el cumplimiento de requisitos que asigna el número de puntos que se obtiene. Se establece en primera instancia categorías que tienen relación con el cuidado del medio ambiente, en el diseño de infraestructuras y prácticas sustentables y de gestión ambiental.

Para el cumplimiento de cada categoría se establecen **requisitos** que se deben poner en práctica. Estos requisitos son evaluados a través de **criterios** que al final van a determinar los valores de referencia para asignar el puntaje a cada práctica.

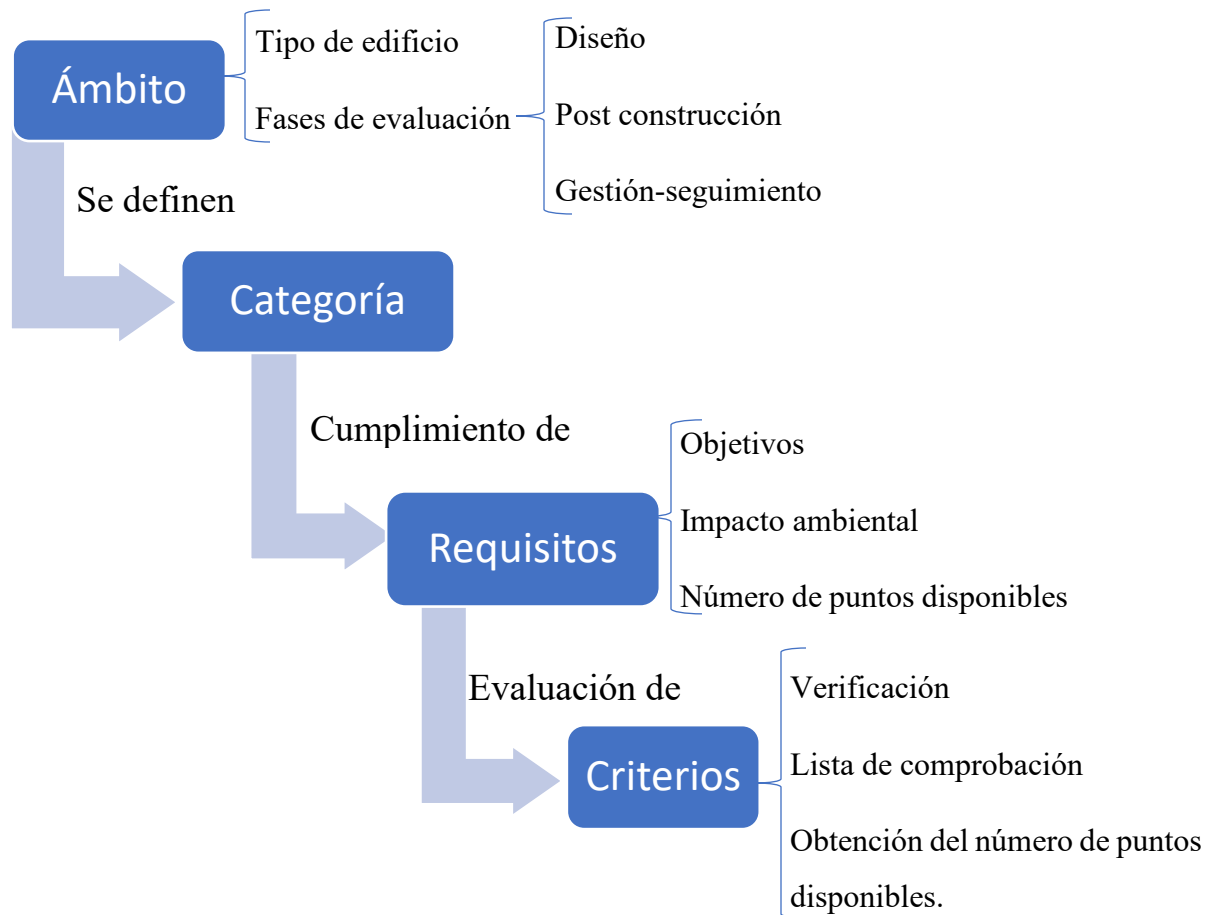


*Figura 3-4: Sistema de evaluación de las edificaciones para certificar como verde. Elaboración propia (BREEAM ES, 2017) (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019) (ISO14001, 2018)*

### **BREEAM:**

Cada una de las categorías posee una ponderación asociada con el fin de definir y/o clasificar el impacto relativo en la sostenibilidad.

La asignación de puntos a cada requisito varía cuanto mayor es el número de puntos disponibles, más importante será la contribución del requisito para la mitigación del impacto ambiental. Existe la concesión de puntos extraordinarios al reconocimiento de niveles de impacto sobresalientes en el ámbito de la sostenibilidad.

**LEED:**

Establece dos categorías de carácter obligatorio: innovación y prioridad regional.

El número total de puntos es de 110 en, Sitios sostenibles (SS), Ahorro de agua (WE), Energía y atmósfera (EA), Materiales y recursos (MR) y Calidad ambiental de los Interiores (IEQ). Una categoría adicional, Innovación en el diseño (ID): los primeros 100 son por cumplimiento adecuado de las categorías y los 10 son bonos por la innovación en la ejecución.

La evaluación se basa en un sistema de puntos otorgados por la eficiencia alcanzada en cada uno de los requisitos y el porcentaje atributo a cada categoría, priorizando por el impacto que provoca en la mejoría del medio ambiente.

**Sistema GRADE:**

Proporciona un marco metodológico para medir y supervisar el comportamiento medioambiental a través de un proceso sistemático.

Evalúa: el desempeño continuo en sostenibilidad, metas y objetivos sostenibles, mejoras de las relaciones internas y externas; y aumento de su ventaja comparativa.

Para esto:

- A. Incorpora elementos de los sistemas de calificación existentes.
- B. Incluye un marco de puntuación basado en puntos.
- C. Reconoce el desempeño de sostenibilidad en todo el aeropuerto.
- D. Enfatiza la flexibilidad para acomodar toda la tipología de intervención aeroportuaria.

Esta evaluación se realiza en los niveles de categorías y requisitos. Se asigna un punto al cumplimiento de cada requisito.

**Acreditación De Huella De Carbono en Aeropuerto (Airport Carbon Accreditation):**

La huella se define como la cantidad total de GEI (Gases de Efecto Invernadero) causado directa o indirectamente por edificio (ACI EUROPE, 2018).

Se definen los límites de las instalaciones donde se contabilizan las emisiones de los GEI.

Se identifican las siguientes emisiones:

- CO<sub>2</sub>: carbono producido por combustión.
- CH<sub>4</sub>: gas generado por procesos de descomposición de materia orgánica.
- N<sub>2</sub>O: gas generado por uso de fertilizantes en procesos de combustión.
- SF<sub>6</sub>: gas en aislantes en subestaciones eléctricas.

Se establece un **año base** que es el periodo específico para el propósito de comparar emisiones o remociones de GEI u otra información relacionada con el GEI en un periodo de tiempo.

Las huellas de carbono de cada aeropuerto se verifican de forma independiente de acuerdo con la norma ISO 14064 (contabilidad de gases de efecto invernadero sobre la base de pruebas de apoyo).

Al observar la composición de los modelos BREEAM-LEED-GRADE, se ve que han establecido distinciones o categorías similares para considerar un enfoque ambiental en la evaluación de las certificaciones; este enfoque se refiere a la utilización de recursos naturales como la energía, atmósfera, agua, suelo, biodiversidad; estableciendo requisitos de mitigación con acciones preventivas, control, atenuación, restauración y compensación dirigidas a reducir las condiciones de vulnerabilidad, o a la exposición a las amenazas de impactos ambientales negativos a las comunidades.

Por otro lado, exponen categorías que amerita la intervención humana en el diseño y ejecución de los proyectos aeroportuarios para elevar significativamente los estándares de eficiencia y optimización en el mejoramiento del medio ambiente, salud y bienestar humano: como, por ejemplo: ubicación y transporte, reducción de ruido, gestión de materiales y residuos, calidad del ambiente interior e innovación.

En el sistema de certificación BREEAM, se encuentra una categoría que se refiere a la gestión ambiental que pretende garantizar la participación de todos los involucrados en los proyectos para un buen proceso de toma de decisiones, determinaría las funciones y responsabilidades en cada estamento junto a un programa de formación para asegurar el compromiso de todos ellos. Se destaca además las acciones de seguimiento desde la puesta en servicio y el desarrollo de sus operaciones diarias.

El programa de Acreditación De Huella De Carbono En Aeropuertos (Airport Carbon Accreditation), mide la eficiencia y el compromiso progresivo del aeropuerto en disminuir la descarga a la atmósfera continua o discontinua de materias, sustancias, gases procedentes de cualquier fuente susceptible de producir contaminación atmosférica.

Para asegurar un proceso sistemático y permanente de transformación de un aeropuerto tradicional a uno con valor ecológico y sustentable, debe reforzarse la categoría de gestión, ya que no es solamente el manejo de los recursos naturales en forma eficiente por parte de los operadores aeroportuarios, sino que debe garantizarse la inclusión de todos los procesos (aunque estos procesos aumenten inicialmente los costos) necesarios para asegurar que la transformación se produzca de forma definitiva.

Este desafío, requiere involucrar una serie de procesos de forma relevante y equivalente:

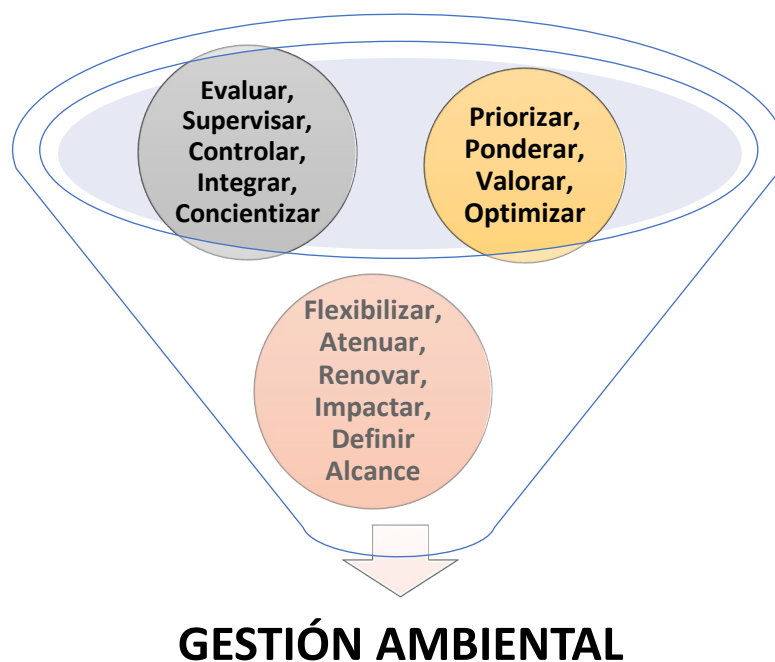


*Figura 3-5: Composición de la Gestión Verde. Fuente: Elaboración Propia (ISO14001, 2018).*

Para lograr la comprensión de este proceso de transformación y buena aplicación de las rutinas en la parte operacional de todos los involucrados, es necesario que exista un sistema de Gestión Ambiental que especifique claramente (ISO14001, 2018):

- Alcance.
- Campos de aplicación.
- Políticas-Normativas.
- Objetivos.
- Metas.
- Procesos.
- Responsabilidades.
- Prácticas.
- Procedimientos.
- Protocolos.
- Guías.
- Pautas de organización, supervisión, control.
- Informes.
- Retroalimentación.
- Recursos.

El proceso de transformación de un aeropuerto necesariamente deberá incluir categorías que integren procesos de:

| <i>Gestión Ambiental</i> | <i>Uso y/o Manejo De Recursos</i> | <i>Integración e Innovación</i> | <i>Manejo de contaminación por procesos no renovables</i> |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Normas                   | Energía                           | Formación                       | Transporte                                                |
| Políticas                | Agua                              | Capacitación                    | Infraestructura                                           |
| Manuales                 | Suelo                             | Uso de tecnologías              | Materiales                                                |
|                          | Aire                              | Investigación                   | Residuos                                                  |
|                          |                                   | Difusión                        |                                                           |

*Tabla 3-2: Cuadro Resumen de lo Básico que debe tener un Aeropuerto para transformarse. Fuente: Elaboración Propia (BREEAM ES, 2017) (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019)*

Las categorías que se seleccionen deberán recorrer procesos de diseño, construcción, evaluación y seguimiento adaptables a la realidad de cada aeropuerto que se pueden ilustrar con algunos ejemplos que ya han iniciado la transformación.

En el caso de la Gestión Ambiental se destaca el **Aeropuerto de Menorca**, que ha desarrollado herramientas de gestión interna, para impulsar proyectos de innovación y energías renovables, con permanentes actividades de sensibilización ambiental, manteniendo una estrecha colaboración con instituciones locales (Comision Europea, 2014).

***“...Los recursos naturales deben aprovecharse en forma sostenible, que consiste en la explotación eficiente de los mismos, bajo el principio de sustitución de valores o beneficios reales, evitando o mitigando el impacto negativo sobre otros recursos del entorno y del ambiente...”***, artículo 28 de la ley orgánica N° 26821 para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (Legislación Española, 1997). En el caso de la **Energía** hay aeropuertos que han desarrollado considerables acciones:

- Aeropuerto de Boston:
  - Uso de energía eólica en parte de sus operaciones.
  - Instalación de techos y ventanas reflectantes de calor.

- Aeropuerto de Menorca:
  - Implementación de 1800 placas fotovoltaicas que producen 500 KW de electricidad.
  - Utilización de grandes ventiladores en el edificio terminal que reducen en 4 grados la sensación térmica, disminuyendo el consumo eléctrico.
  - Utilización de baterías de recarga solar para las señales de tráfico.
- Aeropuerto de Oslo:
  - Optimización de la luz natural con unas claraboyas de 300 metros y ventanas panorámicas y curvas.
  - Calefacción invernal a través de energía térmica natural.
- Aeropuerto de Galápagos:
  - Utilización de 100% de energía renovable; 65% de energía eólica y un 35% de plantas fotovoltaicas.
  - Instalación de paneles solares sobre techos de edificios y de material reflectante.

En relación con el uso eficiente del agua, existen diferentes acciones, como:

- Recuperación del agua de mar.
- Recolección de aguas lluvias.
- Extracción de pozos subterráneos.
- Aguas residuales o grises.

Lo anterior se logra gracias a distintos tratamientos como, por ejemplo:

- A través de tecnologías como reactores biológicos de membranas (Aeropuerto de Menorca).
- Grifos de bajo flujo (Aeropuerto de Boston).
- Uso de sistema de aire para transporte del agua en las instalaciones y así controlar la temperatura ambiental (Aeropuerto de Estocolmo).
- Sistemas de bombas de calor, a través de una red de alcantarillas con tuberías (Aeropuerto de Oslo)

- Diseño de desagües fluviales e incorporación de colectores solares (Aeropuerto Galápagos).
- Desalinización (Aeropuerto de Galápagos).
- Construcción de cascada interiores (aeropuerto de Changi).

El agua se utiliza y reutiliza para: el control de temperatura, calefacción y refrigeración, riego de aéreas verdes, enfriar el entorno y los servicios básicos.

Para el aire y su contaminación, según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicado en el 2018 afirma que “...*alrededor del 93% de los menores de 15 años respiran aire toxico todos los días...*” (Organización Mundial de la Salud, 2018). La situación es preocupante para toda la población en general, por lo cual, se pueden destacar las estrategias desarrolladas por el **aeropuerto internacional de El Dorado**, de Bogotá Colombia, al establecer un Sistema de Vigilancia de Calidad del aire respaldado por el protocolo para el monitoreo de la calidad del aire del Ministerio del Medio Ambiente de Colombia en el año 2010 a través de las siguientes acciones (Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil de Colombia, 2018):

- Ubicación y localización de las estaciones de monitoreo.
- Establecer los componentes del aire en el estudio (Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil de Colombia, 2018, pág. 6):
  - PM10: Material particulado.
  - PM2,5: Material particulado.
  - CO: Monóxido de carbono.
  - SO<sub>2</sub>: Dióxido de azufre.
  - NO<sub>2</sub>: Dióxido de nitrógeno.
  - O<sub>3</sub>: Ozono.
- Evaluación inicial de series mensuales.
- Inventario de fuentes de emisiones (puntuales y móviles).
- Toma de muestras y análisis.
- Procesamiento de la información a través de un software central.
- Reporte de resultados.
- Definición de objetivos.

- Mantenimiento de equipos calibrados.

Los datos se procesan y reportan en referencia a la siguiente tabla:

| CONTAMINANTE      | NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | TIEMPO DE EXPOSICIÓN |
|-------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|
| PM <sub>10</sub>  | 50                                                      | Anual                |
|                   | 75                                                      | 24 horas             |
| PM <sub>2,5</sub> | 37                                                      | Anual                |
|                   | 50                                                      | 24 horas             |
| SO <sub>2</sub>   | 50                                                      | 24 horas             |
|                   | 100                                                     | 1 hora               |
| NO <sub>2</sub>   | 60                                                      | Anual                |
|                   | 200                                                     | 1 hora               |
| O <sub>3</sub>    | 100                                                     | 8 horas              |
| CO                | 5000                                                    | 8 horas              |
|                   | 35000                                                   | 1 hora               |

*Tabla 3-3: Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio. Fuente: (Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil de Colombia, 2018, pág. 8)*

Con la medición individual de cada contaminante se establece un índice de **calidad del aire (ICA)**. Sus valores se ubican en una escala adimensional de 0 a 500, agrupados en 6 rangos que guardan estrechas relaciones con la amenaza a la salud humana, representan dichos niveles de contaminación del aire.

| Rangos      | Colores  | Estado de la calidad del aire         |
|-------------|----------|---------------------------------------|
| 0<ICA<50    | Verde    | Buena                                 |
| 51<ICA<100  | Amarillo | Aceptable                             |
| 101<ICA<150 | Naranja  | Dañina a la salud de grupos sensibles |
| 151<ICA<200 | Rojo     | Dañina para la salud                  |
| 201<ICA<300 | Purpura  | Muy dañina para la salud              |
| 301<ICA<500 | Marrón   | Peligroso                             |

*Tabla 3-4: Rangos en los que han sido clasificados los valores del ICA de acuerdo con el color asignado para facilitar su interpretación. Fuente: (Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil de Colombia, 2018, pág. 9).*

En el aeropuerto de Estocolmo se utiliza biocombustibles para un sistema de calefacción y refrigeración para sus hangares, terminales y otros edificios.

Varias de las estrategias medioambientales implementadas tienen conexión con la ubicación del aeropuerto y características geográficas del sector para utilizar y reciclar materiales como: maderas, metales, piedras, nieve, agua, entre otros.

Es importante que todas las estrategias implementadas vayan acompañadas de gestión integradora; donde se contemple la formación, capacitación y difusión de todos los componentes en la operación diaria de un aeropuerto: operadores, trabajadores, concesionarios, usuarios, y comunidad cercana, para que el proceso de transformación sea sistemático y perdurable en el tiempo, y así lograr los objetivos medioambientales propuestos para nuestra humanidad.

### 3.2. Políticas, estrategias, normas, protocolos y prácticas de gestión medio ambiental en los aeropuertos.

Dado el intenso movimiento de aeronaves y del tráfico generado por el movimiento de personas que entran y salen del aeropuerto se originan una infinidad de actividades y prácticas que incluyen pistas, despegues, aterrizajes, rodajes, estacionamiento de aviones (air side) y los edificios terminales, zonas de comercios, aduanas, servicios a los pasajeros (land side). La diversidad de las acciones que implican operatividad diaria y las tendencias ambientales que pautan el desarrollo del mundo contemporáneo, determinan que los desafíos y retos hacia una transformación de un aeropuerto tradicional a uno sustentable requiera un alto nivel de compromiso, inversión y dedicación para lograr un cambio profundo, continuo y de gran alcance.

Para realizar la transformación es necesario entender qué elementos envuelve el proceso del cambio y adaptación:

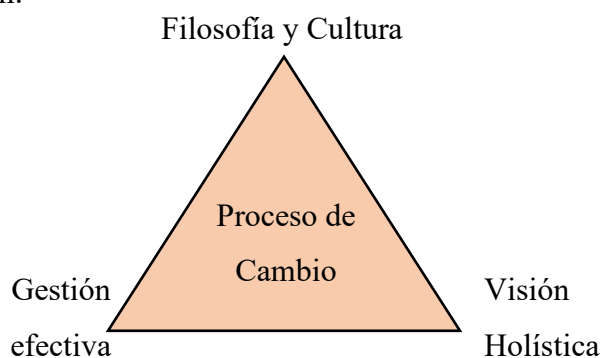


*Figura 3-6: Elementos claves del cambio. Fuente: Elaboración propia con información de (BREEAM ES, 2017) (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019) (ISO14001, 2018)*

**Filosofía y cultura:** todo proceso de transformación debe estar fundamentado en una filosofía clara y precisa que impregne a toda la cultura organizacional, que clarifique el sentido que tiene el proceso de cambio, a través de un conjunto de principios, creencias, valores y conductas de las personas hacia el cuidado del medio ambiente, utilizar los recursos naturales de forma responsable, así como su relación con los medios de vida como el agua, aire, tierra, el cuidado de la naturaleza y tal vez, aportar con estos cambios en la detención del deterioro del planeta y establecer las bases de un futuro diferente.

**Visión holística:** promueve la necesidad de involucrar íntegramente a todos los agentes que puedan tener influencia en el proceso de cambio a través de acciones organizacionales,

transformar las acciones cotidianas y obtener comprensión más cabal de la filosofía ambiental. Este tipo de visión considera que todos los procesos y sus componentes deben complementarse y actuar interrelacionados para provocar un cambio general y de gran alcance institucional.

**Gestión efectiva:** Contempla aspectos esenciales como el liderazgo y capacidad de innovación, maximizar el desempeño de las personas, ya que el cambio ocurre a través de ellas. Puede facilitar la asimilación e implementación de los cambios, mediante la comunicación, transmisión de valores, sensibilización constante, motivación y reconocimiento. Junto con lo anterior debe promover políticas y estándares claros, normas, procedimientos, prácticas identificadas, protocolos, manuales que aseguren, refuercen y evalúen las transformaciones hacia el mejoramiento continuo de la sustentabilidad.

Para realizar la transformación se necesita conocer antes las áreas ambientales las cuales se van a transformar en el aeropuerto:

| I. Aire y ruido                                                                | II. Recursos naturales                                                                                        | III. Residuos                                                                      | IV. Entorno                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| La calidad del aire y el ruido afecta directamente a la salud de las personas. | Importancia crítica para satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos. Supervivencia y bien estar. | El manejo adecuado permite mitigar los impactos negativos sobre el medio ambiente. | Patrimonio natural único. Permite el equilibrio en los ecosistemas. |
| Categorías                                                                     |                                                                                                               |                                                                                    |                                                                     |
| 1. Calidad del aire.<br>2. Manejo del ruido.<br>3. Transporte.                 | 1. Gestión del Agua.<br>2. Energía.<br>3. Manejo del suelo.                                                   | 1. Manejo de residuos.<br>2. Uso de materiales e infraestructura.                  | 1. Biodiversidad.<br>2. Relación con la comunidad.                  |

*Tabla 3-5: Áreas ambientales y sus categorías de intervención en el aeropuerto. Fuente: Elaboración propia con información de (BREEAM ES, 2017) (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019) (ISO14001, 2018)*

En conjunto con lo anterior y lo que se mostró en el capítulo 3.1, donde se expresó lo que es y lo que debe tener un aeropuerto verde, a continuación, se mostrarán las estrategias según las distintas categorías, donde, los modelos BREEAM, LEED y GRADE se utilizaron para llegar a éstas, y las ISO14001 se utilizó para crear los índices que se utilizarán para llevar la gestión de los distintos tópicos.

## I. Aire y ruido:

### 1. Calidad del aire

La supervisión de la calidad en los aeropuertos permite proporcionar a las personas congregadas en estos espacios mejores condiciones ambientales.

Por esto, la supervisión se realiza para cumplir los siguientes objetivos: determinar las emisiones para hacer una evaluación de la calidad del aire, e implementar medidas de mitigación dirigidas a reducir emisiones contaminantes.

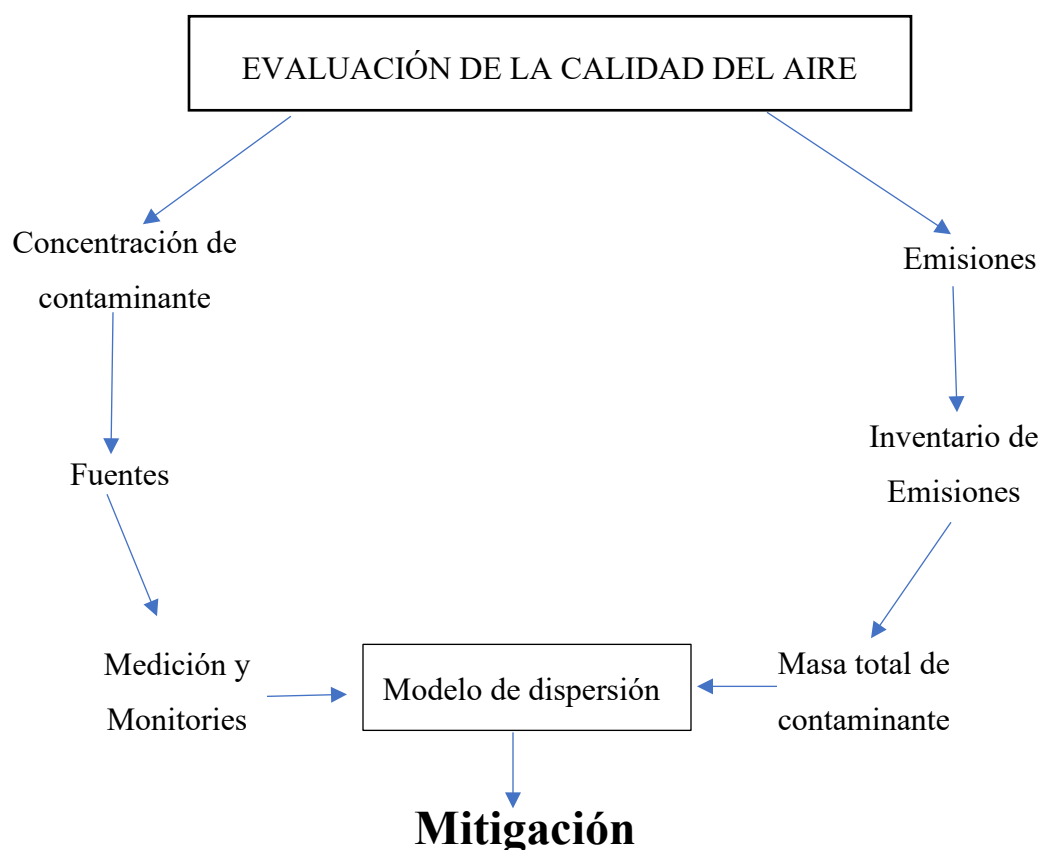


*Figura 3-7: Resumen de la evaluación de la calidad del aire y sus indicadores. Fuente: elaboración propia (BREEAM ES, 2017) (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019) (ISO14001, 2018)*

Para realizar la evaluación y supervisión de la calidad del aire se necesitan indicadores los cuales serán utilizados para la toma de decisiones, los indicadores son los siguiente:

**A. Concentración de contaminantes:**

Es la acumulación en el aire de pequeñas partículas o productos secundarios gaseosos que pueden implicar un riesgo o daño para las persona, plantas y animales que se encuentran expuestos a dicho ambiente. Este indicador este compuesto de los siguientes subindicadores:

- a) Determinar las características de la mezcla de partículas sólidas y de gases:

Cantidad de contaminantes emitida por unidad de tiempo, posición y altura.

- b) Medir la velocidad de acumulación del contaminante:

Cantidad de contaminante acumulado medido en gramos por metro cúbico por segundo  $\left(\frac{gr*m^3}{s}\right)$  .

- c) Medir la estabilidad atmosférica para ver cómo influye en la dispersión de los contaminantes:

Velocidad del viento  $\left(\frac{m}{s}\right)$  y dirección de este.

**B. Fuentes:**

Corresponde al origen de los contaminantes que pueden ser por fenómeno natural o por intervenciones que realizan las persona contra el medio ambiente. Sus subindicadores son:

- a) Clasificar el tipo de emisión:

Número de emisión es por fenómenos naturales, y el número de emisiones provocadas por el hombre.

- b) Estimar las variaciones de emisiones en distintos periodos de tiempo:

Masas de contaminante emitidos por masa de combustible quemado en una hora.

- c) Determinar las tendencias de las emisiones:

Número de fuentes de emisiones individuales que están provocando la contaminación.

### **C. Medición y monitoreo.**

Es la medición de los atributos del aire ambiente y observar su calidad para detectar cambios que ocurren en el tiempo. Los subindicadores son los siguientes:

- a) Tomar muestras de forma discontinua:

Porcentaje de concentración de partículas en el ambiente.

- b) Recolectar contaminantes especificados por medio de observación en un sustrato químico:

Promedio de mediciones diarias.

- c) Análisis de muestras para ver concentración y cualidad de cada contaminante:

Volumen del contaminante en la solución estudiada.

- d) Determinar la masa componente de cada contaminante:

Peso del filtro a temperatura ambiente y humedad relativa antes y después del muestreo.

- e) Instalar una red de medición y monitoreo:

- Número de sitios o lugares seleccionados para el monitoreo.
- Número de estaciones para determinar la calidad del aire.
- Frecuencia en la medición de las muestras.
- Número de criterios para la recolección de datos.

### **D. Emisiones:**

Fluidos gaseosos puros o con sustancias en suspensiones; energía radiactiva que emana de la actividad humana y/o natural vertida a la atmósfera.

- a) Determinar las especies contaminantes primarios para la evaluación de la calidad del aire:

Porcentaje de NO<sub>2</sub>, de VOC, de CO, de PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, de PM<sub>2,5</sub> y O<sub>3</sub> por unidad de tiempo seleccionada.

- b) Establecer revisiones periódicas para el monitoreo de la situación:

Número de revisiones diarias o mensuales.

#### **E. Inventario de emisiones:**

Esta metodología permite recoger información de las emisiones, evaluar su comportamiento, crear datos de entradas para los modelos de dispersión y establecer las bases para un programa de mitigación.

- a) Calcular la masa de las emisiones por fuente por periodo de tiempo y contaminante:

- Kg de masa del contaminante en una hora.
- Gramos por hora de operación.
- Gramos por kilowatts de potencia.

- b) Definir parámetros generales del inventario:

Período, finalidad, perímetro espacial y funcional, frecuencia de la actualización.

- c) Relacionar las especies de las emisiones y las fuentes existente:

Tipos de emisiones y fuente que la produce.

- d) Cuantificar y comparar las emisiones de las fuentes seleccionadas:

Revisar diariamente la cantidad de las emisiones con relación al aumento de otras

- e) Implementar medidas de garantee la calidad y control:

Revisión diaria de los equipos receptores de las muestras.

- f) Determinar la masa total contaminante:

Sumar la totalidad de la masa de los diferentes contaminantes, en kilogramos o toneladas.

Todo lo anterior converge en el modelo de dispersión, el cual es, una herramienta indispensable para disponer de datos anticipados de los efectos de la dispersión de contaminantes atmosféricos (Envira, 2021), mostrando la interacción compleja de las partículas según sus características físicas de la emisión, las cualidades físicas y químicas de la emisión, las condiciones meteorológicas del lugar, tiempo de traslado de la emisión, condiciones topográficas y la naturaleza del receptor.

Los módulos de dispersión de contaminantes simulan las condiciones físicas y químicas que pueden afectar a la dispersión atmosférica, lo que permite evitar la concentración en diferentes puntos en el entorno de una concentración de contaminantes:

- Recolección de información diversa: inventario de emisiones.
- Ubicación del punto de emisión: inventario de emisiones.
- Cantidad y tipo de contaminante emitido: inventario de emisiones.
- Condición y altura del emisor: inventario de emisiones
- Medición de la velocidad del viento: anemómetro (metros por segundo)
- Temperatura ambiental: termómetro de mercurio de la estación meteorológica.
- Presión atmosférica: barómetro.
- Identificar focos de emisión: inventario de emisiones
- Medir la dirección del viento: veleta a 10 metros de altura en la estación de monitoreo.

Continuando con lo anterior se llega a la última parte que es la mitigación, la cual es el conjunto de acciones y medidas estructurales o no estructurales dirigidas a reducir las condiciones vulnerables de la calidad del aire y la exposición de la comunidad a sus condiciones negativas ambientales. Estas acciones pueden ser de prevención-control-atenuación-restauración-compensación.

Es necesario la instalación de un sistema de medición de calidad para determinar la masa total de contaminante e identificar las fuentes de mayor contaminación en el inventario de emisiones:

- Establecer una red de medición del aire.
- Instalar equipos de medición de parámetros meteorológicos y fuentes de contaminantes.

De acuerdo con el resultado de las mediciones, o sea, la masa total de contaminantes y sus fuentes se debe establecer una **línea base** para iniciar las acciones de mitigación o prevención y poder monitorear el avance en el mejoramiento de la calidad del aire.

Con respecto a la fuente de las emisiones podemos distinguir:

a) Emisiones de las aeronaves:

- Emisiones del motor de las aeronaves:
  - o Tiempo medido en minutos que los motores consumen combustible.

- Índice de emisiones del motor principal.
    - Masa de contaminante emitida por unidad de combustible consumido.
    - Flujo de combustible del motor principal en unidades de kilogramo por segundo.
  - Estimar la potencia necesaria en tierra en las fases de despegue, ascenso, rodaje en tierra por tipo de aeronave.
- b) Equipo auxiliar en tierra:
- Disminuir la distancia de tránsito hacia la aeronave:
    - Perímetro cercano a la aeronave.
    - Utilización de escaleras mecánicas.
    - Disminuir la distancia de las estaciones para reabastecimiento de combustible.
  - Utilizar energía eléctrica en los vehículos de abastecimiento y carga y descarga.
  - Sistemas de deshielo con energía renovable.
  - Sistema de acercamiento de la aeronave con motores apagado:
    - Tractado de la aeronave completo, desde que el avión toca el suelo apagar el motor, siendo tractado hacia la terminal; de igual medida siendo tractado desde la terminal al punto de despegue en el extremo de la pista donde encienden los motores, para el uso totalmente necesario de los motores de la aeronave.
- c) Tránsito vehicular:
- Disminuir el acercamiento de los vehículos particulares al aeropuerto:
    - Fomentar el transporte público
  - Modernizar la planta de generación de energía eléctrica con fuente renovables:
    - Fomentar el uso de vehículos eléctricos fuera y dentro del aeropuerto energizados con fuente renovables.
- d) Diseño e inclusión de edificios inteligentes y eficientes energéticamente:
- Modernizar la flota de vehículos.

- Mejorar la configuración de calles de rodaje, terminales y pistas para reducir distancias de rodaje.
- Reemplazar la flota de vehículos de tierra por vehículos híbridos y eléctricos.
- Proporcionar energía eléctrica y aire acondicionado a las aeronaves ubicados en las terminales, permite que el motor permanezca apagado.

## 2. Manejo del ruido:

El impacto del ruido tiene una gran repercusión pública, manifestándose en la cantidad de quejas de las comunidades residentes en las cercanías de los aeropuertos.

Muchos estudios han demostrado que la presión sonora por encima de determinados umbrales genera efectos muy negativos sobre el organismo humano, causando alteraciones del sistema auditivo y el sistema nervioso.

### Objetivo:

- Implementar un sistema de medición del nivel de ruido en el aeropuerto.
- Desarrollar un plan de manejo de ruido para disminuir su impacto ambiental.

Para el desarrollo de acciones de mitigación, es necesario instalar un sistema de control y monitoreo en el aeropuerto, ya que, la rigurosidad y confiabilidad de la información obtenida influirá en el cumplimiento de los objetivos del plan de manejo implementado.

Se grafican los pasos a continuación:

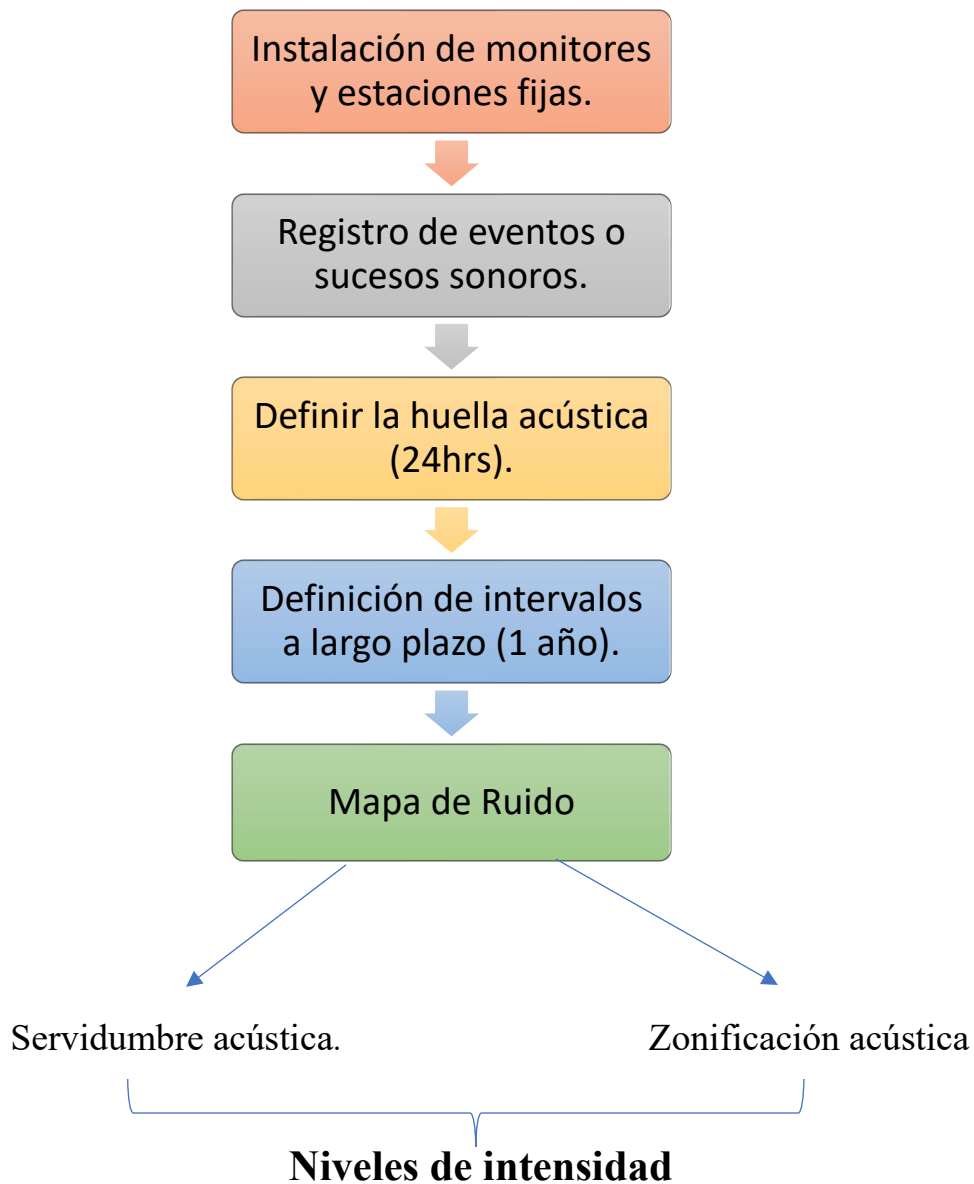


*Figura 3-8: Pasos generales sobre el manejo del ruido. Fuente: Elaboración propio con información de (BREEAM ES, 2017) (ISO14001, 2018) (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019)*

Con esta información recogida en los plazos determinados y debidamente registrada para su análisis, en conjunto con la comunidad y operadores aeroportuarios se define el **Plan de Manejo del Ruido.**

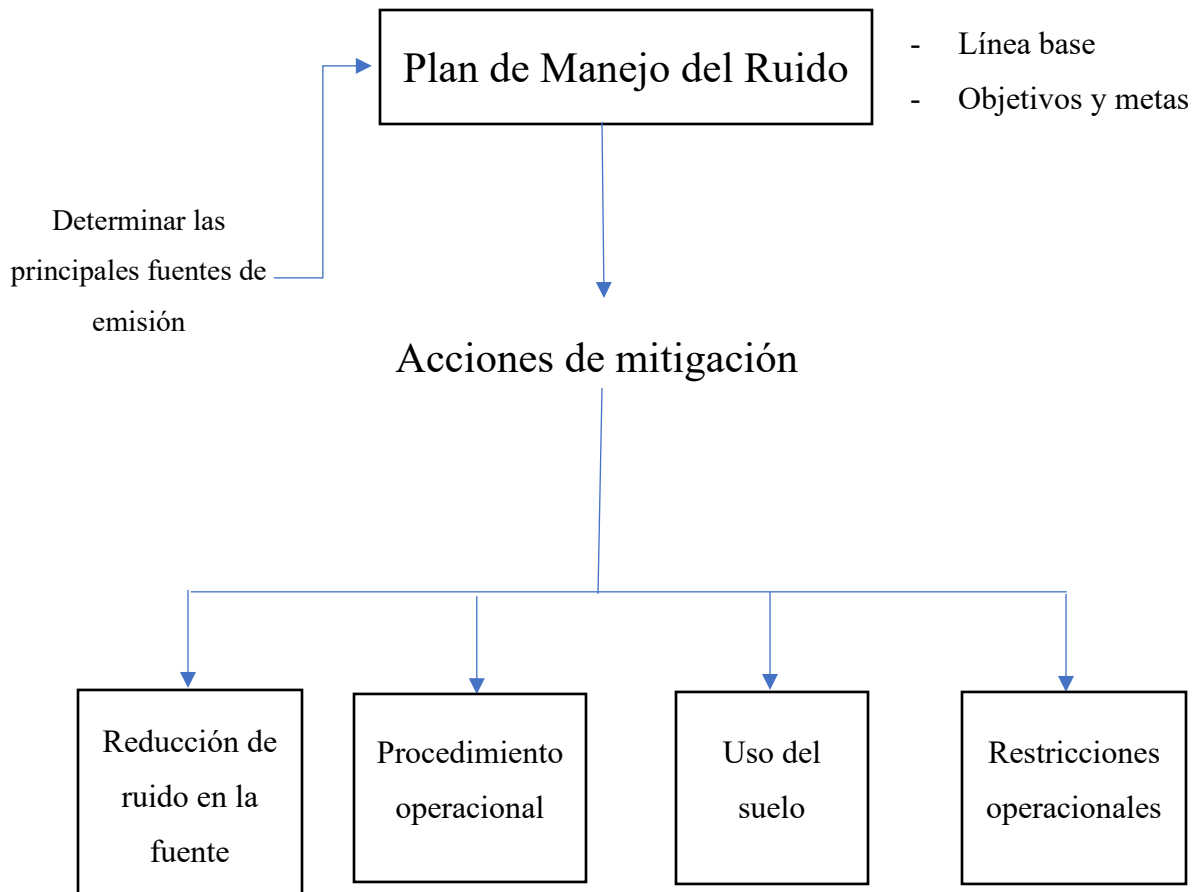


*Figura 3-9: Ejecución del plan de manejo. Elaboración propia de (BREEAM ES, 2017) (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020) (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019)*

Evaluación:

- Mensual: verificar el desarrollo de las acciones de mitigación establecidas.
- Anual: análisis de la configuración de los mapas acústicos del aeropuerto según las metas y objetivos expuestos al inicio de la implementación del plan.

En relación con lo anterior se tiene que saber cómo realizar un monitoreo, para esto, es necesario llevar a cabo reuniones periódicas con equipos de trabajo y agentes comunitarios para evaluar y establecer remediales según sea el estado de avance del plan de manejo. A su vez, se tiene que establecer algún medio de comunicación digital, puede ser página web, red social, email, etc., donde se puedan recibir sugerencias, recomendaciones y quejas sobre el manejo del ruido en el aeropuerto.

Para una mejor comprensión del sistema de monitoreo se necesita definir algunos conceptos básicos

| Monitores de ruido:                                                                                               | Eventos o sucesos sonoros:                                                                                                                                                                       | Huella acústica:                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Instrumento encargado de medir el ruido y avaluar.                                                                | Acción que provoca que los niveles de ruido se eleven por encima del umbral permitido durante un tiempo definido(segundos).                                                                      | Grabación del ruido de aproximaciones y despegues rutinarios para distintas aeronaves, número de operaciones que se efectúen. |
| Intervalos a largo plazo:                                                                                         | Mapas de ruido:                                                                                                                                                                                  | Servidumbre acústica:                                                                                                         |
| Promedio de la evaluación del ruido en un intervalo de tiempo determinado (1 año mínimo).                         | Mapa diseñado para evaluar globalmente la exposición al ruido de una zona y de diferentes fuentes.                                                                                               | Sectores en los mapas de ruido en que las emisiones superan los límites de calidad acústica.                                  |
| Zonificación acústica:                                                                                            | Niveles de intensidad                                                                                                                                                                            |                                                                                                                               |
| Proceso en el que se delimitan y aprueban en un territorio las aéreas acústicas que presentan niveles aceptables. | <p>Energía transmitida al oído por las vibraciones aéreas:</p> $I = \frac{P}{A}$ <p>P=potencia de la onda en Watts</p> <p>A=área transversal a la propagación de la onda en metros cuadrados</p> |                                                                                                                               |

*Tabla 3-6: Definiciones básicas para hacer un Plan de Manejo. Fuente elaboración propia con información (ISO14001, 2018) (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020) (Coppa, D'Iorio, Monteagudo, & Tomassini, 2015)*

Para iniciar el plan de manejo se deben identificar las fuentes de emisiones de sonido que pueden ser:

- **Aeronaves**: operaciones de despegue, aterrizaje y tractado.
- **Vehículos de apoyo a aeronaves**: tractores movilizados, vehículos de carga y descarga, vehículos de mantenimiento, proveedores, servicios de catering, buses de abordaje.

- **Vehículos de servicios ocasionales en plataforma:** transporte de carga aduanera, mercancías, prensa, camiones de valores, vehículos de construcción.
- **Servicios de comunicación:** servicios de comunicación de la terminal de pasajeros, salas de esperas, servicios y oficinas.
- **Plantas eléctricas:** funcionamiento de las plantas eléctricas de emergencia.
- **Otros equipos:** incinerador, sistemas de aire acondicionado, sistemas de bombeo.

De acuerdo con las políticas de mitigación adoptadas por la OACI, denominada “Aproximación Equilibrada” se pueden sugerir las siguientes acciones con relación a:

- Reducción del ruido en la fuente:
  - Exigir certificaciones acústicas demostrando que los niveles emitidos no superan los máximos establecidos (convenio de Chicago).
  - Determinar la huella acústica por tipo de aeronave, aerolínea, fechas y hora.
  - Ordenar el uso de pistas preferentes y procedimientos especiales; no sobrevolar núcleos de población.
- Procedimientos operacionales:
  - Uso de navegación aérea de precisión (P-RNAV) mediante la implementación de rutas basadas en esta navegación, con el fin de que las aeronaves no se desvíen de la trayectoria establecida sin sobrevolar donde no se quiere aumentar el ruido.
  - Aplicación de la aproximación en descenso continuo (C.D.A.). El avión inicia el descenso en configuración de régimen mínimo de motor desde mucho antes que la aproximación regular.
  - Seguimiento por radar de las trayectorias para controlar si cada operación se ajusta con precisión a las sendas de impacto acústica mínimo diseñado para cada modelo de avión.
  - Penalización económica de las aeronaves más ruidosas.
  - Diseñar trayectorias y procedimientos operativos que disminuyan el número de personas expuestas al ruido de los aviones.

- Instalar barreras de protección contra el ruido: pantallas acústicas, barreras verdes, paredes acústicas, terraplenes, etc. Estas barreras tienen **que siempre estar ubicadas entre la fuente del ruido y el receptor.**
- Uso del suelo:
  - Coordinar fuera del aeropuerto, con municipios vecinos, ordenanzas que puedan limitar el uso de terrenos sometidas a niveles acumulativos de ruido (servidumbre acústica).
  - La priorización del uso del suelo se establece con relación a la cercanía entorno del aeropuerto, desde las zonas más cercanas a las más lejanas:
    - Zonas sin uso permitido (áreas verdes).
    - Zonas aceptables para uso agrícola, ganadero, deportivas. Etc.
    - Zonas para instalación industrial y empresas de servicios.
    - Zonas aceptables para viviendas
    - Zonas de todo uso.
- Restricciones operacionales:
  - Prohibir el uso de inversores de empuje para ayudar a frenar el avión en periodos nocturnos.
  - Restringir el uso de las unidades de potencia auxiliar (A.P.U.).
  - Restringir las pruebas de motores en ciertas zonas u horas.
  - Establecer un sistema de cuotas de ruido por temporadas programadas para cada línea aérea.
  - Delimitación de las aéreas alrededor del aeropuerto en función del impacto sonoro producido.
  - Prohibir de acuerdo con las autoridades municipales el crecimiento urbano en las zonas de servidumbre acústica.
  - Restringir el uso del Reverso (Empuje inverso), para frenado en determinadas pistas, zonas u horarios.
  - Establecer medidas basadas en incrementar la distancia entre la fuente del ruido y la población circulante.
  - Prohibir vuelos de prueba en el aeropuerto.

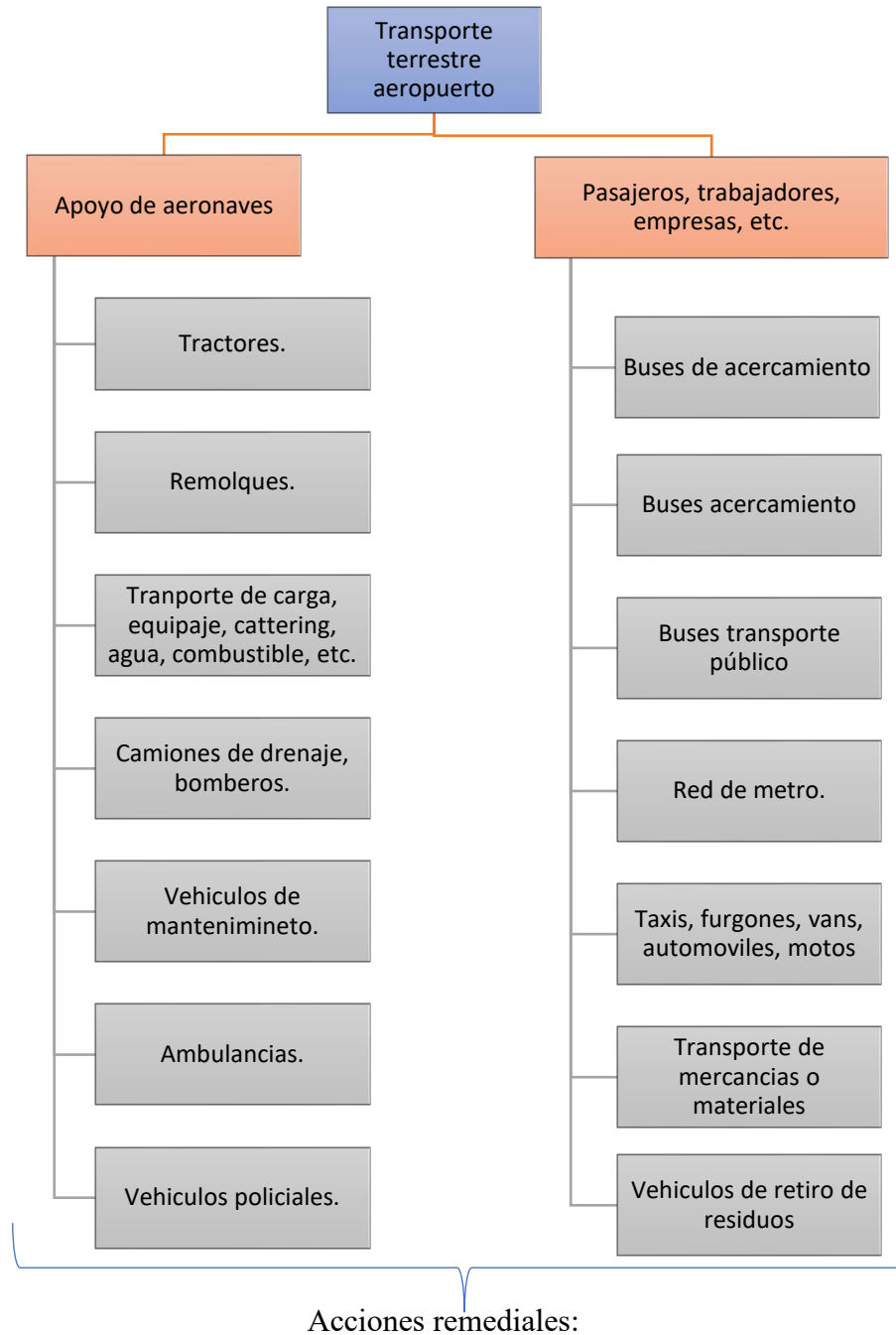
- Incentivar la renovación de las flotas con concesiones especiales en el aeropuerto.
- Restricción de circulación de vehículos de transporte y servicios secundarios.

### 3. Transporte.

El transporte tiene una función básica en la sociedad que es la movilidad y es primordial en la eficiencia competitiva de la economía. Por otro lado, su accionar en un aeropuerto provoca emisiones contaminantes, ruido, congestionamiento, accidentes y residuos (aceite, lubricantes, etc.). Este panorama hace necesario gestionar de mejor manera su operatividad en este recinto.

#### Objetivo:

Establecer acciones de mejora del transporte terrestre en el aeropuerto en relación con las conexiones, accesibilidad y sustentabilidad.



- Energía sustentable como fuente energética
  - Accesibilidad
  - Conectividad
- Control y monitoreo

*Figura 3-10: Tipos de Transportes hacia, desde y dentro del aeropuerto. Fuente: Elaboración propia usando (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019) (BREEAM ES, 2017)*

Las acciones que puede llevar a cabo el aeropuerto son:

- Energía sustentable como fuente energética:
  - Promover la electromovilidad del transporte público y privado.
  - Promover la utilización de los vehículos no motorizados.
  - Exigir a las empresas asociadas para invertir en vehículos de bajas o nulas emisiones.
  - Influir infraestructuras de transportes alternativas, portabicicletas, estacionamiento de recarga eléctrica generada por alguna fuente no contaminante (solar, eólica, etc.).
- Accesibilidad:
  - Construir carriles dedicados al transporte público eléctrico.
  - Señalizar los aparcamientos de buses y minibuses autorizados
  - Visualizar planos y esquemas del recorrido y detenciones autorizadas
  - Determinar la plaza de estacionamiento con preferencia a vehículos de alta ocupación.
  - Promover el uso del servicio público destacando: frecuencia, calidad, infraestructura y horarios.
  - Construir diversidad de accesos a las zonas de estacionamientos.
  - Fomentar el uso de coches compartidos.
- Conexión:
  - Establecer señalética y guías de apoyo para conectarse con distintas áreas, espacios abiertos, instalaciones en el aeropuerto.
  - Construir aparcamientos detrás de los edificios terminados, separados mediante áreas verdes y vallas.
  - Asegurar la conexión con ferrocarriles o metro cercano al aeropuerto.
  - Disminuir los tiempos de rodaje en las pistas.
  - Disminuir la velocidad al interior del aeropuerto.

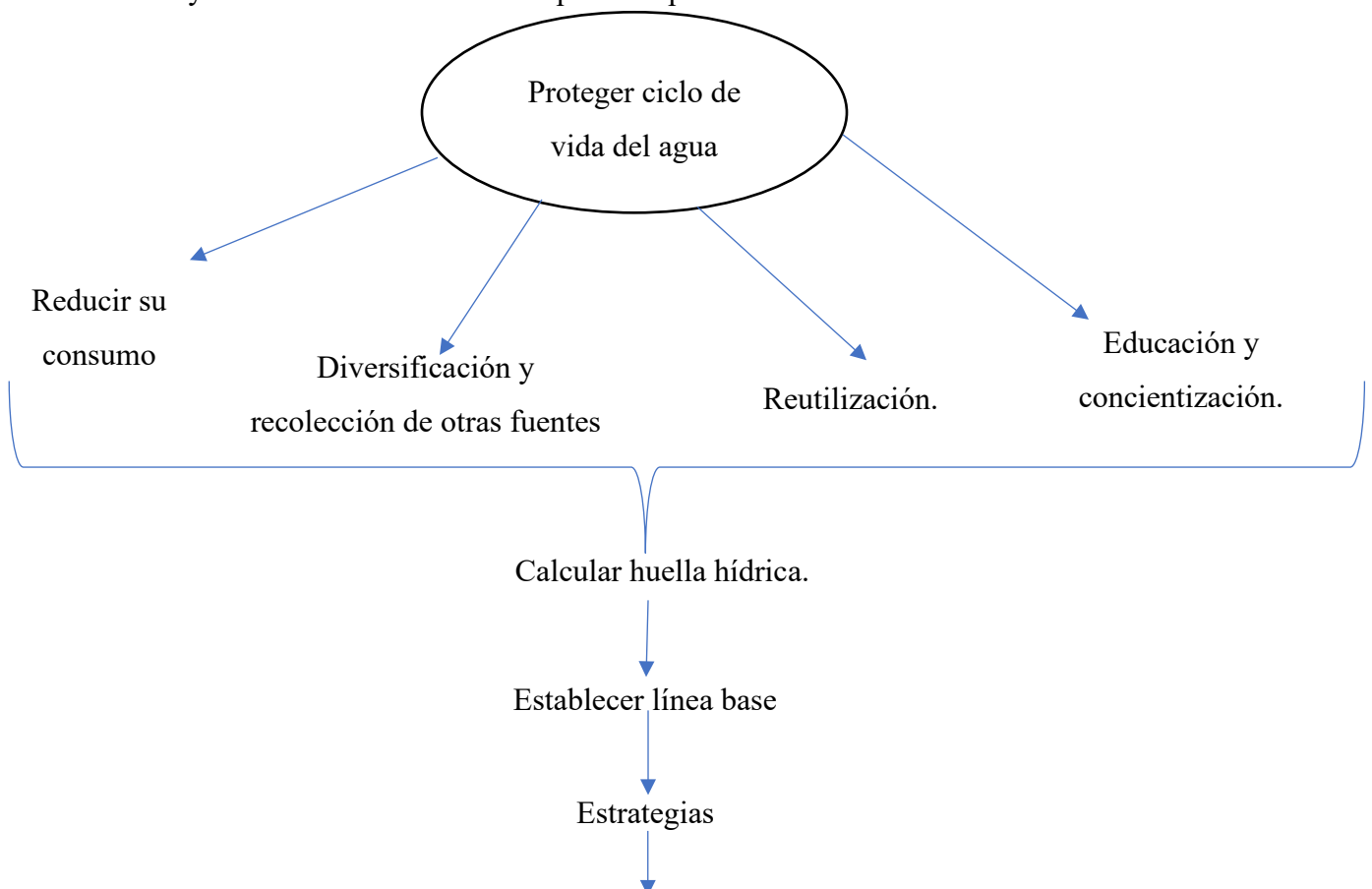
- Control y monitoreo:
    - Establecer líneas base con las emisiones emitidas por los dos tipos de transporte.
    - Realizar reuniones de evaluación semestrales con todos los estamentos del aeropuerto.
    - Realizar encuestas de satisfacción a los pasajeros anualmente.
- Con respecto a la conectividad y acceso al aeropuerto

## II. Recursos naturales

### 1. Gestión del Agua.

Debido a la situación actual de escasez de agua en el planeta por el cambio climático, es imprescindible realizar todos los esfuerzos para el uso correcto de este recurso.

Objetivo: establecer un plan estratégico para la gestión del agua en un aeropuerto con el fin de proteger su ciclo de vida y sensibilizar a la comunidad para que tomen conciencia del consumo y valorar nuevas alternativas para su aprovechamiento.



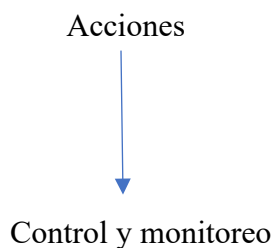


*Figura 3-11: pasos generales del plan de gestión. Elaboración propia con información de (BREEAM ES, 2017) (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020) (Ferrulli, 2016) (LEED, 2019) (ELKAY, 2020)*

Para iniciar cualquier plan de acción es necesario calcular las **huellas hídricas** que generan las prácticas operativas en un aeropuerto y así poder establecer las líneas base para iniciar el plan.

La huella hídrica se calcula midiendo el volumen de agua con los siguientes indicadores:

| Volumen de Agua (m <sup>3</sup> )                                        |                                                                 |                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Azul                                                                     | Verde                                                           | Gris                                                                 |
| Agua extraída de fuentes superficiales o aguas subterráneas consumibles. | Aguas del suelo como humedad proveniente de las precipitaciones | Agua contaminada que se asocia a la producción de bienes y servicios |
| Contadores de caudal                                                     | Estado del clima diario.<br>Niveles de precipitaciones          | Monitoreo de la calidad del agua.                                    |

*Tabla 3-7: medición de huella hídrica. Elaboración propia con información de (ELKAY, 2020) (ISO14001, 2018).*

Este cálculo de las huellas hídricas se somete a tres fases:

- Estimación: búsqueda de datos y fuentes de información secundarias, para aproximar el valor real.
- Medición: procesos de medición técnicos, medición de los metros cúbicos de aguas que se utilizan en los distintos procesos.
- Evaluación: cuantificación de las huellas

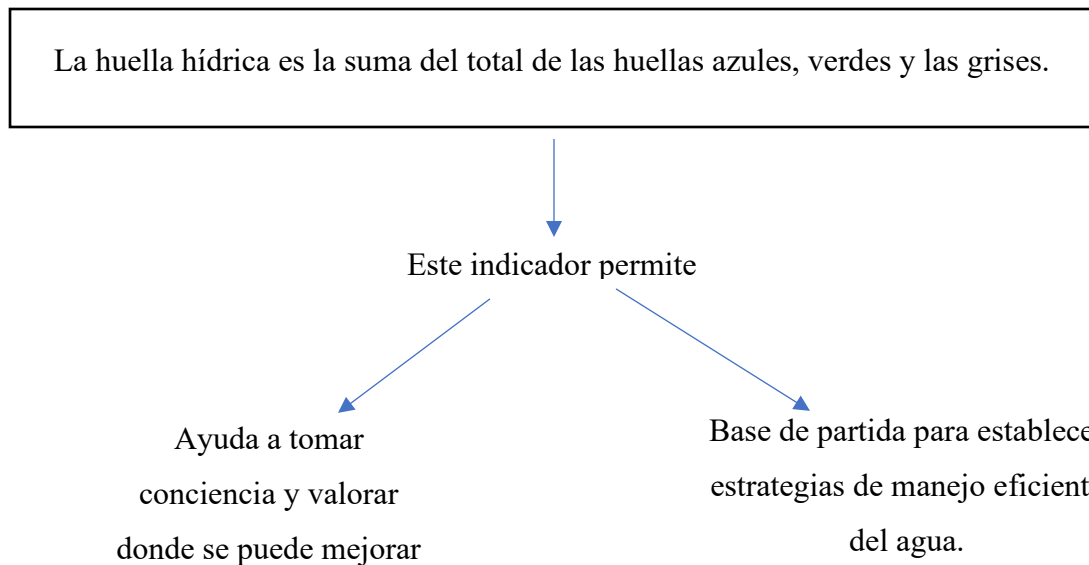


*Figura 3-12: Huella Hídrica. Fuente Elaboración propia con información de (LEED, 2019) (ELKAY, 2020)*

Iniciando la primera fase del cuidado del agua, que es reducir consumo, se determinan dos tipos de estrategias:

a) Cambio de equipos e instalaciones:

- Instalar inodoros y lavamanos con corte automático de alta eficiencia.
- Equipos con dispositivos que conserven el agua no utilizada.
- Detectar y reparar todas las fugas existentes.
- Cerrar todos los flujos cuando se interrumpe algún proceso que utilice agua.
- Ajustar el flujo de rociadores y otras líneas con los requisitos mínimos de agua.
- Instalar fluxómetros a orinales y sanitarios.
- Instalar grifos de única dosis.
- Instalar llaves push en lavamanos.
- Reemplazar las mangueras de flujo de alto volumen.
- No instalar accesorios ornamentales de agua.

b) Procedimientos:

- Mantener un listado al día de todas las actividades y procesos que involucren consumo de aguas.
- Medir y registrar mensualmente todos los sectores.
- Establecer reuniones de análisis de los datos con todos los involucrados.
- Señalar un mapa con las fuentes o lugares de generación de consumos y fugas.

- Mantener un protocolo de mantenimiento de las superficies: pistas, calles entre otros para mejorar el drenaje del agua y redireccionar esta hacia lugares que pueden ocuparla.
- Revisar y mejorar periódicamente las instalaciones que corresponden a las redes hídricas.
- En el diseño mantener un equilibrio de superficies impermeables (alquitrán-hormigón) y las permeables (tierra y hierba).
- Comunicar y difundir protocolos en caso de inundación.
- Instalar medidores a cada uno de los locales comerciales y ccesionarios.

En cuanto a la recolección de agua desde otras fuentes para aumentar la disponibilidad de este recurso en el planeta, es importante la diversificación de sus orígenes, para ello es necesario, realizar un estudio de viabilidad de fuentes alternativas de acuerdo con la realidad geográfica en que se ubica el aeropuerto, a través de los siguientes sistemas:

- **Infiltración artificial de acuíferos:** recarga forzada de aguas superficiales a las napas subterráneas, necesitan lugares propicios para la infiltración.
- **Desalinización:** tratamiento de aguas de mar a través de un proceso que permite extraer la sal y los demás elementos contaminantes.
- **Captación del agua pluvial.**
  - Instalar techos impermeables, para la recolección.
  - Establecer una red de drenaje.
  - Reforzar los colectores de estas aguas.
  - Colocar un sistema de filtración para contaminantes.
  - Determinar el volumen de estanques y depósitos de almacenamiento.
  - Instalar cámaras separadoras de hidrocarburos en el agua pluvial para separar aceites y grasas que se pueden arrastrar en ellas.

En cuanto al proceso de reutilización de las aguas en un aeropuerto existen múltiples alternativas para uso tales como:

- Paisajismo y riego de áreas verdes.
- Limpieza interna de los edificios y dependencia aeroportuarias.
- Enjuagues finales de limpieza de contenedores, tanques, etc.
- Lavado de vehículos y transportes de apoyo de las aeronaves.
- Lavado de pistas y calles internas de circulación de las aeronaves.
- Almacenamiento para contención de incendios.
- Agua de alimentación de calderas y sistemas de refrigeración.
- Recarga de cisternas de los W.C.

Las acciones que se diseñan para un plan de mejora de gestión del agua en un aeropuerto necesariamente deben ir acompañadas por campañas de **educación y concientización** a todos los encargados de su operatividad, concesionarios, empleados, usuarios y comunidad en general, donde se comunique las acciones implementadas, sus resultados y mejoras necesarias, esto implica:

- Reuniones periódicas con los diferentes estamentos para analizar estos de avances.
- Consensuar acciones remediales para mejorar indicadores.
- Informar a cada sector, concesionario y otros, los consumos realizados.
- Confeccionar folletos informativos de los objetivos de consumo de agua a los pasajeros y comunidad en general.
- Ilustrar en partes relevantes del aeropuerto buenos hábitos de uso de aguas.
- Crear señaléticas en lugares públicos con el objetivo de ahorrar agua potable.

Para el caso del control y el monitoreo, es necesario realizar una revisión semanal, mensual y anual de los indicadores que evidencian el avance en el desarrollo de las estrategias y acciones, como los siguientes (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020) (Ferrulli, 2016) (ISO14001, 2018):

- Metros cúbicos de agua consumidos en el periodo de tiempo.
- Índice de litros consumidos por pasajero.
- Metros cúbicos de las aguas azules consumidas.
- Metros cúbicos de las aguas verdes reutilizadas.
- Metros cúbicos de aguas grises recicladas.
- Volumen de la huella hídrica que genera el aeropuerto.
- Número de fugas detectadas y reparadas.
- Número de personas capacitadas para el manejo de fuga y aminoración del impacto de estas.
- Número de proyectos de mejoras para redes acuíferas, drenajes, depósitos y almacenamiento de aguas.
- Metros cúbicos de aguas provenientes de fuentes alternativas.
- Metros cúbicos de aguas lluvias recolectadas.
- Números de accesorios instalados y/o renovados para un mejor control del agua.
- Metros cúbicos de aguas saneadas y descontaminadas.
- Número de cámaras y filtros instalados para el saneamiento.
- Número de acciones de formación, sensibilización y comunicación para disminuir el consumo de agua potable.
- Número de personal y estamentos participando en el proceso de educación y sensibilización.
- Número de folletos, avisos y señalización distribuida en la zona.

## 2. Energía

Las operaciones aeroportuarias experimentan una expansión en numerosos sistemas de apoyo aeroportuarios que utilizan una fuente común: Energía.

Sin energía las interacciones diarias entre empleados, viajes, proveedores, visitantes no se podrían realizar. El uso sostenible de la energía tiene directa relación con la eficiencia energética.

Objetivo:

Lograr disminuir las tasas de consumo eléctrico incentivando un uso responsable e iniciar el traspaso a un sistema de energía renovable.

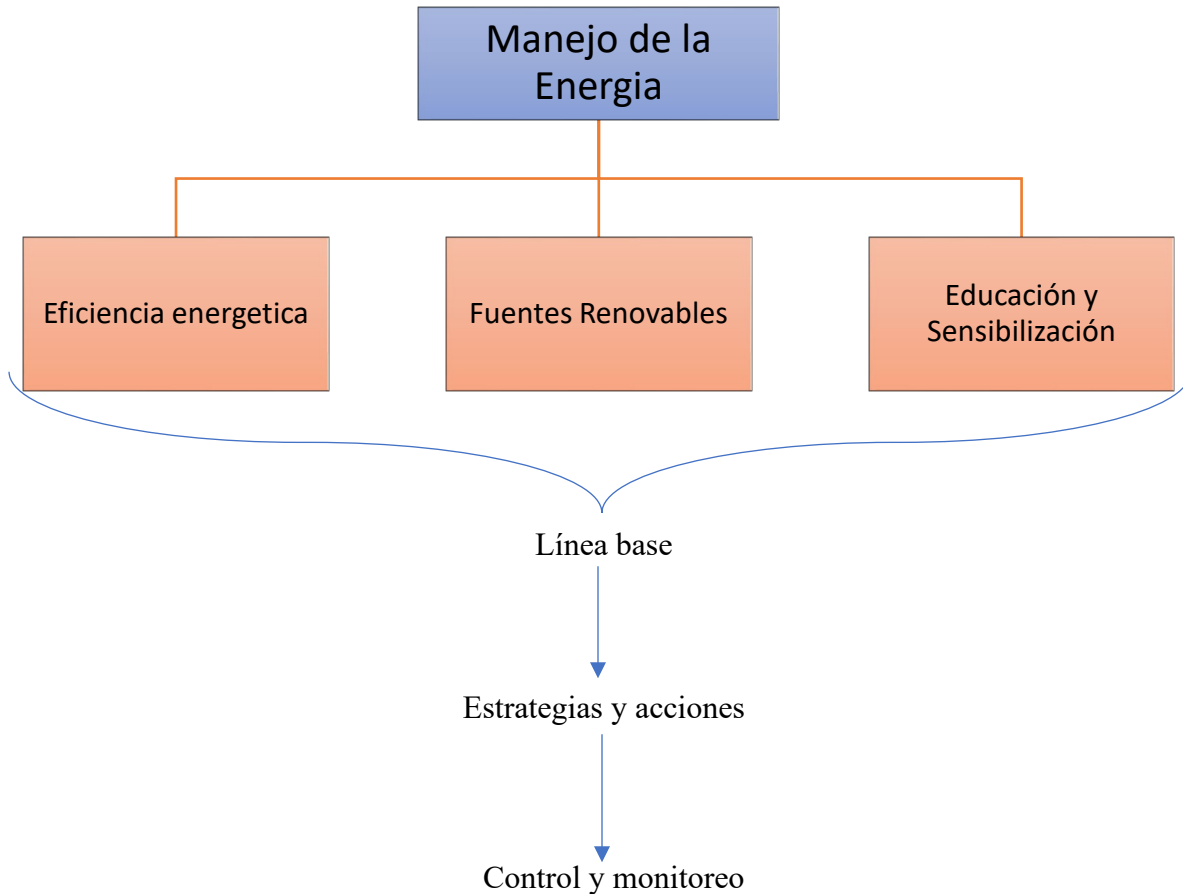


*Figura 3-13: Manejo de la energía y sus pasos. Fuente: elaboración propia usando información de (BREEAM ES, 2017) (ISO14001, 2018) (LEED, 2019) (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020).*

Para iniciar el plan de acción, aparte de definir su objetivo, es necesario establecer una línea base, que servirá de guía para evaluar los avances. Por lo tanto, deben comenzar con las siguientes acciones:

- Realizar una auditoria energética que implica:
  - Medir el consumo energético.
  - Detectar las oportunidades de ahorro.
  - Revisar el estado de las instalaciones, red eléctrica.
  - Revisión de fuga eléctricas.
  - Estado de las iluminaciones y equipos de generación.

Una vez establecidas las líneas base se definirá las acciones en el desarrollo de tres estrategias:

A) Eficiencia energética:

1. Utilizar equipos y sistemas inteligentes de control de energía para iluminación, calefacción, pasillos y escaleras mecánicas.
2. Prioriza la iluminación de baja energía (luces LED).
3. Usar luz y ventilación natural.
4. Reducir las potencias en portales o alumbrados exteriores.
5. Mejorar los envolventes térmicos.
6. Seleccionar equipos de alto rendimiento energético.
7. Monitorear y controlar instalaciones de climatización.
8. Instalar un sistema de mantenimiento de las instalaciones eléctrica.
9. Verificar los sistemas de aislamiento para tuberías y mejoras mejorar el sistema anti-nieves.
10. Optimizar la radiación solar.
11. Limitar las pérdidas de los puentes térmicos.
12. Controlar las infiltraciones.
13. Emplear vidrios de ala transmisión y baja emisión.
14. Evitará iluminación más de lo necesario para evitar la contaminación lumínica.
15. Restringir el acceso a la luz artificial.

16. Restringir las instalaciones de luces decorativas.
17. Implementar el concepto de horas límites.
18. Prescindir de instalaciones fijas.
19. Emplear sistemas de iluminación indirectas para disminuir reflejos y destellos.
20. Utilizar sensores de ocupación y detectar las presencias apagando la luz cuando este un área totalmente desocupada.
21. Instalar interruptores automáticos que detectan la luz solar y que ajustan las lámparas para reducir o aumentar el nivel de luminosidad artificial según la luz natural.
22. Instalar interruptores manuales para utilizar la luz artificial solo cuando se expresamente necesario.
23. Instalar ventanas de alto rendimiento con resistencia de un material en la condición del calor, mejorando su aislamiento.
24. Usar cubiertas de baja emisividad que permite el paso de luz visible filtrando la infrarroja.
25. Minimizar las distancias entre las pistas y las calles de rodaje.
26. Minimizar las distancias y movimientos que los pasajeros puedan realizar en las terminales

En relación con las fuentes renovables de energía existen varias posibilidades que tiene que ver con las condiciones geográficas y climáticas en que se ubica el aeropuerto.

**B) Fuentes renovables:**

**1. Energía solar:**

Se obtiene energía a través de la radiación solar usando dispositivos ópticos para calentar directamente un generador para ser convertida en útiles formas de electricidad y calor. La radiación depende del momento del día y condiciones atmosféricas. Para esto es necesario la instalación de paneles fotovoltaicos con materiales anti reflectivos.

2. Energía hidráulica:

Es la utilización de corrientes de agua para para obtener energía. El agua mueve unas turbinas que lleva acoplado un generador eléctrico. Se necesita instalar una presa-rotos de palas-turbinas hidráulicas-generadores.

3. Energía mareomotriz:

Desnivel de agua que se produce como consecuencia de las mareas, el agua mueve turbinas que generan electricidad. Instalación de turbina con generadores en el mar.

4. Energía undimotriz:

Aprovecha el movimiento de las olas. Se necesita instalar boyas que transmiten el movimiento de las olas a las turbinas que generan la electricidad.

5. Energía eólica:

Es la energía que es captada a través de la potencia del viento en un área grande no ocupada, como los desiertos o el mar. Necesito la instalación de un aerogenerador de palas que mueve la turbina construida con materiales livianos.

6. Energía geotérmica:

Energía que se obtiene aprovechando el calor interno de la tierra (fluidos calientes), como las termas, geiseres, volcanes, etc. Necesita instalar centrales con pozos productores que extraen el fluido, los cuales mueven la turbina que generan la electricidad.

7. Biomasa:

Conjunto de residuos orgánicos que por medio de un proceso de fermentación aeróbica en sistemas cerrados desprenden gases (metano) que pueden ser usados para generar energía. Se requiere de calderas de combustión interna y contenedores para crear atmosfera aeróbica para producir la descomposición de las materias orgánicas.

C) Educación y sensibilización:

- Se requiere realizar campañas audiovisuales y presenciales para sensibilizar sobre el ahorro de energía en todas las secciones y actividades del aeropuerto.

D) Control y monitoreo:

- Se necesita saber el porcentaje de reducción de consumo de energía.
- Número de reparaciones o modificaciones realizadas.
- Número de estudios de viabilidad hechos para instalar las distintas fuentes de energías renovables.
- Instalación de sistemas de energías sustentables.

3. Manejo del suelo.

El suelo es un recurso natural esencial para sostener la vida en la tierra por lo cual es muy importante en un aeropuerto desarrollar un plan de gestión del suelo para articular estrategias de uso y cuidado, prevención y mitigación de los impactos ambientales negativos.

Objetivo:

Implementar acciones en un aeropuerto para realizar un buen uso del suelo, cuidar y mitigar los impactos ambientales negativos.



*Figura 3-14: Ingredientes la estrategia del Cuidado del suelo. Fuente, elaboración propia con información de (BREEAM ES, 2017) (ISO14001, 2018) (LEED, 2019) (Matamala, 2017).*

A continuación, detallan algunas de las acciones que se pueden realizar en relación con la estrategia anterior:

1. Protección de los elementos con valor ecológico (bosques, cursos de agua, humedales, pastos, hábitats de animales y vegetales:
  - Repoblar cubiertas vegetales.
  - Plantar matorrales.
  - Construir muros con materiales inertes y vegetales.
  - Instalar mallas tridimensionales y volumétricas.
  - Instalar mantas orgánicas.
  - Realizar hidrosiembras.
  - Adicionar residuos sólidos orgánicos.
  - Construir jardines verticales.
  - Construir diques para controlar caudales.
  - Aplicar la diversidad vegetal
  - Instalar señaléticas y difundir información sobre la protección y cuidados.

2. Uso adecuado del terreno cercano al aeropuerto:

Con respecto el uso de suelo se recomienda que:

|            | 4 km                                                                                                                                  | 8 km                                                                                                                          | 13 km                                                                                                                                                                       |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aeropuerto | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas de camping.</li> <li>- Edificaciones con techos planos y drenaje para aguas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reservas forestales y pesqueras.</li> <li>- Cultivos de frutas y verduras</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Santuarios.</li> <li>- Humedales.</li> <li>- Reservas.</li> <li>- Ferias.</li> <li>- Residencias.</li> <li>- Servicios.</li> </ul> |

*Tabla 3-8: sugerencia del uso de suelo cercano a un aeropuerto. Elaboración propia con información de (ISO14001, 2018) (Olariaga, 2018) (Ferrulli, 2016) (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020).*

### 3. Descontaminación:

Para descontaminar el suelo es necesario realizar las siguientes acciones:

- Analizar los riesgos asociados a la potencial contaminación del suelo.
- Recopilar la información disponible sobre los suelos para detectar sus evoluciones cronológica de uso y alteraciones en su calidad.
- Analizar el medio físico de los emplazamientos y su entorno.
- Inspección visual del medio circundante.
- Determinar los puntos donde tomar las muestras:
  - o Aguas y suelos: ejecución de sondas.
  - o Áreas de posibles vertientes: toma de muestras superficiales.
  - o Compuestos volátiles: muestras de calidad del aire.
- Analizar las muestras y determinación de contaminantes del suelo:

| - Contaminado                                                             | - No contaminado                                      |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Concentración detectada con valores por sobre los estándares establecidos | No hay riesgo para rectores y las vías de exposición. |
| Existen riesgos por contacto epidérmico u oral                            |                                                       |

- Identificar los focos contaminantes, vías de exposición y su mecanismo de transporte, estos pueden ser:
  - a. Contaminados por compuestos orgánicos, medidas de mitigación son:
    - i. Estabilizar.
    - ii. Lavado y aspirado del suelo.
    - iii. Aislamiento.
  - b. Contaminado con hidrocarburos, siendo el contaminante más común en un aeropuerto, las acciones serian:
    - i. Extracción de vapor del suelo.
    - ii. Aireación del suelo.
    - iii. Movilizar los elementos químicos mediante su calentamiento (tratamiento térmico).

- iv. Descomponer los contaminantes mediante la oxidación.
- v. Colocación de filtros en las corrientes de agua subterráneas.
- vi. Excavación de tierras contaminadas.
- vii. Incineración
- viii. Volatilización de los contaminantes.
- c. Elementos y residuos biológicos:
  - i. Aplicación de tratamiento biológico aeróbico.
  - ii. Mezclar con materiales inocuos para el ambiente

#### 4. Control de erosión:

Es muy importante minimizar la erosión procedente de la alteración de la superficie terrestre que puede ser por varias causas:

- Impacto de la lluvia y escurrimientos.
- Saturación de agua en el suelo.
- Pérdida de la biodiversidad del suelo.
- Pérdida de materia orgánica.
- Transporte de las partículas del suelo por la acción del viento.

Las acciones para mitigar la erosión del suelo son:

- Mantener y cuidar las áreas verdes, cobertura vegetal.
- Plantar árboles y plantas en el entorno, recomposición del paisajismo.
- Instalar mallas orgánicas de protección.
- Mantener operativo un sistema de control de inundaciones.

### III. Residuos

#### 1. Manejo de residuos.

Objetivo: implementar un plan de manejo residual para reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente.

Disminuir el impacto ambiental de los residuos originados en un aeropuerto a través de su operatividad diaria y con el compromiso de todos sus integrantes.

A continuación, se grafica los procesos básicos que se deben realizar en un plan de manejo de residuos en un aeropuerto.

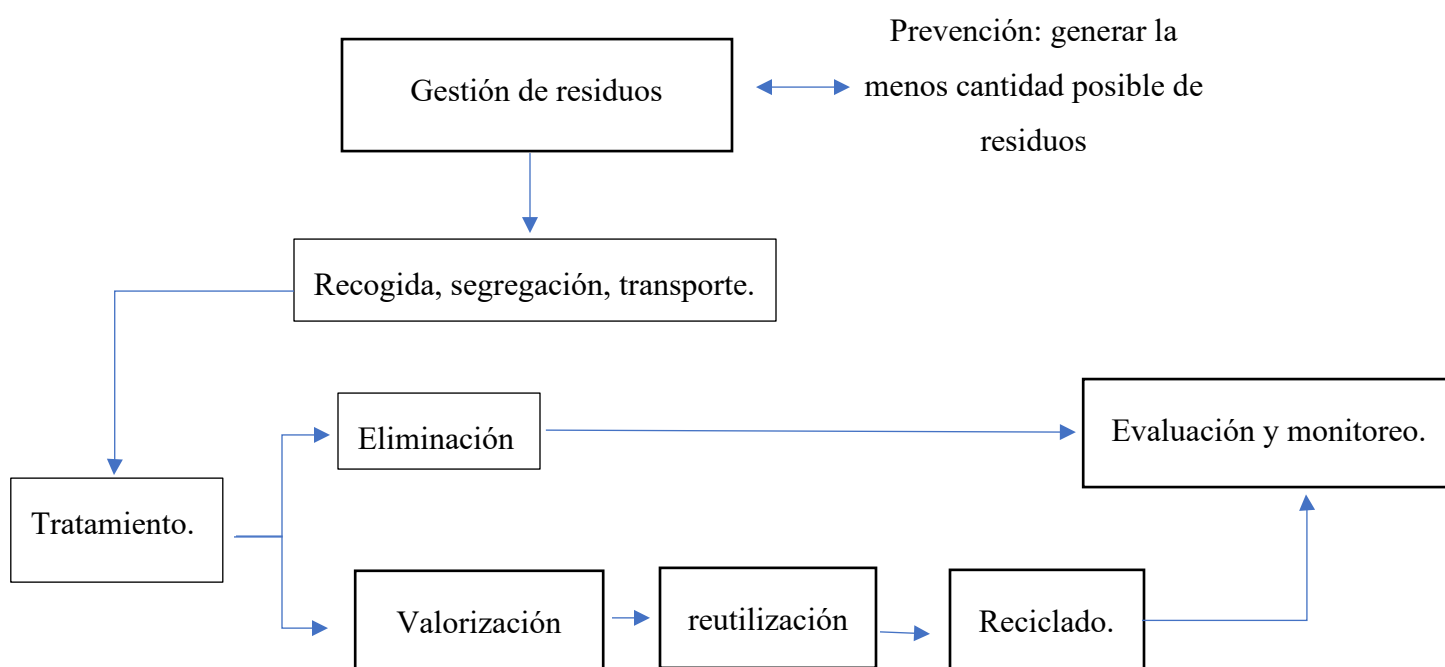


*Figura 3-15: Procesos básicos para la gestión de residuos, Fuente: elaboración propia con información de informe de Jose Maria Guillamon Viamonte (Viamonte, 2016).*

El proceso fundamental para iniciar esta gestión de los residuos es, identificación y clasificación de residuos, que debe ser realizado en forma rigurosa y sistemática a través de un periodo de tiempo para observar y categorizar los residuos generados en diferentes zonas del aeropuerto. Es necesario definir equipos de trabajo que diariamente deben registrar y almacenar en lugares de acopio inicial.

Las fuentes de generación de residuos en un aeropuerto pueden distribuirse de la siguiente manera:

| Operación diaria:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Gestión de la aviación:                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Actividad comercial:                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento, instalación y caminos.</li> <li>• Operación y mantenimiento de la terminal.</li> <li>• Operación y mantenimiento de las oficinas.</li> <li>• Tránsito de pasajeros.</li> <li>• Acopio de sustancias químicas e inflamables.</li> <li>• Abastecimiento de combustible</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación de aeronaves.</li> <li>• Reposición de combustible.</li> <li>• Mantenimiento de las aeronaves.</li> <li>• Control aéreo.</li> <li>• Cattering</li> <li>• Aguas azules.</li> <li>• Desechos de inodoros.</li> <li>• Residuos de otros países.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficinas.</li> <li>• Patios de comida.</li> <li>• Concesionarios de ventas y turismo.</li> <li>• Alquileres de autos.</li> <li>• Estacionamientos.</li> </ul> |

En relación con los tipos de residuos se pueden clasificar de acuerdo con sus posibilidades de manejo y su índice de peligrosidad para los seres humanos.

Residuos no peligrosos:

- **Residuos sólidos:** latas de metal y aluminio, botellas plásticas o de vidrio, envases, bolsas de papel, plásticos, productos de papel, cartón u plástico.
- **Materiales de construcción o demolición:** concreto, madera, metal, ladrillos, carpintería, asfalto, rocas, piedras, arena, alfombras, tuberías de metal y plásticas.
- **Provisiones de aeronaves:** residuos de cocina y alimentos, bolsas de basura, residuos del carrito de distribución y venta de productos.

Residuos compostables y biodegradables:

- **Residuos alimenticios:** comida servida, parcialmente consumida o no consumida.
- **Actividad de paisajismo y áreas verdes:** restos de podas, césped, barridos de hojas, etc.

Residuos peligrosos e industriales:

- Aceites usados, solventes, disolventes orgánicos.
- Restos de pintura, tintas, emulsiones de hidrocarburos.
- Restos de adhesivos, látex.
- Restos de combustibles.

Residuos patológicos:

- Desechos o materiales en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso con características de toxicidad y/o actividades biológicas perjudiciales.

Acciones:

- Definir responsables o equipos de trabajo en diferentes zonas del aeropuerto
- Mapeo de las ubicaciones de las fuentes generadoras.
- Establecer las formas y tiempos de registros.
- Rotular con el tipo de residuo a depositar.
- Señalar y destacar las fuentes de emisiones.

Indicadores:

- Número de equipos.
- Número de zonas de mapeo.
- Número de planillas de registros.
- Tiempo de observación.
- Número de tipos de elementos.
- Mapeo de las fuentes.

- Precisar y clasificar los residuos característicos.
- Señalar y delimitar las ubicaciones de los depósitos temporales.
- Relacionar las fuentes generadoras con el tipo de residuo que produce.
- Pesar la cantidad de residuo por tipo y fuente de generación.
- Tipos de residuos generados.
- Números de ubicaciones dentro y fuera del aeropuerto.
- Número de fuentes de emisiones y tipos de residuos.
- Kilogramos de residuos por cada fuente.

Con el resultado del proceso anterior, de clasificación e identificación se debe establecer **la línea base** para inicial con la gestión y el plan de manejo que debe centrarse en:

- La cantidad de residuos generados en cada fuente.
- Caracterizar el contexto y factores que influyen en la generación del residuo.
- Determinar la situación de partida de cada indicador.
- Definir los registros e insumos de para la evaluación del estado de avance del plan.
- Identificar y operacionalizar indicadores objetivamente verificables.
- Organizar las bases de datos conforme a los tipos de residuos en seguimiento.
- Definir la información de resultado.

Una vez realizados los dos procesos anteriores, se puede iniciar la gestión de residuos, un proceso que engloba todas las acciones necesarias para hacerse cargo de un residuo a través de diferentes tratamientos para su aprovechamiento o eliminación. Para esto es necesario realizar las siguientes acciones:

- Establecer objetivos y metas a mediano y largo plazo.
- Determinar un cronograma de trabajo para los diferentes equipos.
- Definir las capacitaciones necesarias para los involucrados en esta etapa.

- Confeccionar una estrategia de comunicación con el fin de sensibilizar a todos los estamentos del aeropuerto y comunidad en general.

Luego de lo anterior, prosiguen las acciones prácticas dentro del plan:

1. Segregación por categoría en su origen: separar eficientemente los distintos residuos.
2. Establecer una corriente de cada residuo:
  - a. Establecer su destino e informando su origen.
  - b. Definir su trazabilidad por el aeropuerto.
  - c. Definir pautas y cuidados para el traslado.
  - d. Señalizar su lugar de acopio definir una pauta para el relevo.
3. Valoración del residuo: preparar al residuo para evaluar si sirve como materia prima para otro proceso en el aeropuerto antes de ser desechado.

Una vez desarrollada estas acciones se presentan varias alternativas para el tratamiento de los residuos:



*Figura 3-16: Alternativas para los residuos. Fuente, elaboración propia con información de (ISO14001, 2018) (LEED, 2019) (R.M. Sebastian, 2020)*

4. Establecer centros de recolección definitivos de acuerdo con la alternativa seleccionada.
5. Registrar datos del residuo en una plantilla como la siguiente:

| Tipo de residuo | Valorización | Cantidad | % Alternativa desarrollada |
|-----------------|--------------|----------|----------------------------|
|                 |              |          |                            |

*Tabla 3-9: Ejemplo de plantilla para registrar los datos del residuo. Fuente elaboración propia.*

En el caso de residuos peligrosos deben establecer acciones obligatorias como:

- Mantener el suelo con una base impermeable.
- Definir un sistema de contención en caso de pérdida.
- Ventilación e iluminación adecuada.
- Colocación de rótulos de peligro donde se almacene el residuo peligroso.
- Definir un sistema de contención en caso de incendio.

Tal como se expresa en el marco teórico la economía circular propone un nuevo modelo de manejo eficiente del uso de los recursos y considera que un buen manejo de los residuos convierte éstos en recursos o materias primas para otros procesos.

Reintroduce en el circuito económico a aquellos residuos de productos que ya no corresponden a las necesidades de los consumidores a través de los procesos que se mencionaron anteriormente.

El proceso que continua es **la evaluación y monitoreo** cuya importancia reside en el seguimiento de los resultados obtenidos con las acciones anteriores para medir su nivel de avance en relación con las metas planteadas en el proceso de gestión.

Para desarrollar la evaluación y monitoreo es necesario definir algunas acciones (Ferrulli, 2016) (Boca Santa, Pereira Ribeiro, & Mazon, 2020) (ISO14001, 2018):

- Definir los registros para recopilar información.
- Determinar el tiempo de observación. (mensual, bimensual, semestral, anual, etc.).
- Pesar los residuos para verificar la cantidad y calidad producida.
- Registrar características generales de cada corriente de residuo.
- Anotar los factores externos que provocan su generación.
- Registrar periódicamente las observaciones y pasajes realizados.
- Elaborar un informe semestral para la comunidad, con la toma de decisiones y con los indicadores que evalúan el desarrollo del plan:
  - Cantidad de kg de residuos producidos por fuente de generación.
  - Kg de residuos producido por corriente.

- Porcentaje de residuos disminuidos en su fuente de origen.
- Porcentaje de residuos reciclados.
- Porcentaje de residuos reutilizados.
- Porcentaje de residuos compostados.
- Porcentaje de residuos destinados a la producción de energía.
- Porcentaje de residuos destinados a la eliminación en vertederos.
- Cantidad de litros de agua reutilizada para riego.
- Número de centros de recolección establecidos.
- Número de centros de acopio establecidos.
- Kg de residuos producidos según tipo: orgánico-no orgánico; peligroso-no peligroso; sólido-líquido; biodegradable-no biodegradable.
- Kg de residuos producidos por la: gestión del aeropuerto, gestión de las aeronaves y la gestión comercial.
- Número de personas capacitadas para el plan de manejo.
- Porcentaje de cumplimiento del cronograma establecido.
- Número de contactos o reuniones externos realizados con: plantas de clasificación, centros de recolección, mercados para materiales reciclados o recuperables.
- Cantidad de residuos no peligrosos totales y reciclados.
- Cantidad de residuos no peligrosos (R.N.P.) son generados por pasajero de manera anual.
- Cantidad de residuos peligrosos en total y reciclados.
- Cantidad de residuos peligrosos generados por pasajero.
- Generación de residuos sólidos por pasajero.
- Establecer que acciones se harán para mejorar los indicadores deficientes en comparación a la línea base y las metas y objetivos planteados.

## 2. Uso de materiales e infraestructura

En este aspecto se realizan consideraciones generales, ya que, el diseño de la infraestructura y el uso de los materiales dependerá de los estudios de viabilidad de construcción del aeropuerto y de la ubicación geográfica y entorno donde pretenda desarrollarse:

- Infraestructuras (BREEAM España, 2021) (LEED, 2019):
  - Diseñar e implementar una infraestructura que facilite el crecimiento a largo plazo.
  - Determinar espacios para áreas verdes, recreación y medios de transporte alternativo.
  - Gestionar y resguardar la vida silvestre dentro del área de cobertura del aeropuerto.
  - Adecuar sus espacios y dependencias para reducir el consumo de Energía.
  - Utilizar materiales de construcción de bajo impacto ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida de las edificaciones.
  - Utilizar materiales característicos de la región para evitar largos trayectos de transporte.
  - Seleccionar materiales de alta vida útil para minimizar el mantenimiento y reemplazo.
  - Utilizar para la construcción de vallas y muros, materiales como: madera, piedras, ladrillos y otros materiales perdurables e integrados del entorno.
  - Establecer un manejo del flujo del material como:
    - Reducción de consumo.
    - Capacidad de reciclaje.
    - Poca dispersión de sustancias tóxicas.
    - Maximizar uso sostenible.
    - Extender su durabilidad.
  - Reutilizar los materiales extendiendo su ciclo de vida.

- Seleccionar materiales que no sean perjudiciales para la salud y sean de origen local.
- Evitar la utilización de PVC.
- Privilegiar el uso de madera, piedra, polietileno, linóleo, silicona, etc.
- Destacar propiedades en el uso de la madera:
  - Evita la producción de aire contaminado.
  - Regular de manera natural la humedad.
  - Proporciona superficie cálida y agradables.
  - Proporciona una temperatura confortable.

#### IV. Entorno

##### 1. Biodiversidad.

Se ha definido biodiversidad como múltiples formas de vida en la tierra: animales, plantas, hongos, algas, bacterias, etc. y sus respectivos hábitats.

Las actividades aeroportuarias tienen un gran impacto en la flora y fauna que estén en el emplazamiento y zonas circundantes a él. Para minimizar sus impactos es necesario desarrollar un plan de gestión de la biodiversidad:

Objetivo:

Implementar medidas de mitigación y cuidado encaminado a la restauración ecológica y reforestación de la zona.

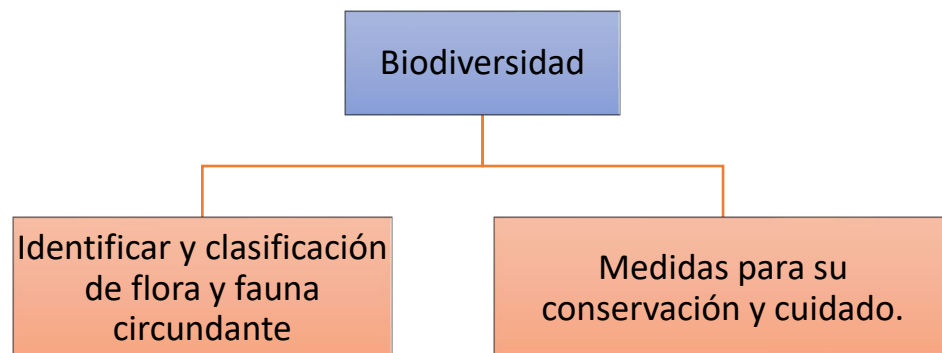


*Figura 3-17: Partes de la Biodiversidad. Elaboración Propia con información de (Mayra E. Gavito, 2017).*

Las acciones sugeridas son (ISO14001, 2018) (BREEAM ES, 2017) (Ferrulli, 2016):

- Determinar espacios y zonas en el entorno Aeroportuario.
- Contactar con organismos pertinentes para la identificación y clasificación de espacios.
- Investigación sus características y hábitat correspondiente.
- Definir períodos de inmigración y reproducción.
- Determinar necesidades de cuidado del suelo para su mantenimiento.
- Definir prioridades de conservación.
- Informar a las empleados y usuarios sobre la importancia de la conservación y protección.
- Establecer metas a mediano plazo para su restauración y reforestación.
- Asentar vegetación locales y especie nativas para proporcionar mayor resistencia a las especies.
- Colaborar con organismos externos y gubernamentales para la protección y recuperación de estas áreas.
- Evitar la fragmentación de los hábitats existentes.
- Incorporar en la comunidad la protección y el cuidado de la biodiversidad como valor cultural de la zona.

## 2. Relación con la comunidad

El aeropuerto se relaciona con la estructura de su entorno inmediato, cumpliendo funciones importantes en concordancia con las actividades que realiza que destaca a continuación (Mayra E. Gavito, 2017) (Orellana, 2019):

- Garantizar la movilidad de los ciudadanos ya sea por motivos económicos o sociales.
- Asegurar la creación de una variedad de empleos, especialmente en el área de administración y de servicios.
- Aumentar el desarrollo económico de la región donde está inserto a través de la movilidad de productos y mercancías.
- Asegurar la accesibilidad suficiente e idoneidad de la capacidad de su infraestructura.

- Prestación de servicios al pasajero en un ambiente agradable y facilitadas.
- Accesibilidad a personas mayores, personas de movilidad reducida y los pasajeros discapacitados.
- Fomentar el transporte público económicamente eficiente y alta calidad.
- Fomentar un ambiente laboral que contribuya a mejorar la calidad de vida de sus empleados.
- Contribuir a la comunidad con actividades caritativas y culturales.
- Promover políticas dirigidas al respeto y promoción de la cultura local.
- Atender en forma eficiente a una gran mezcla social: diferentes culturas, idiomas, expectativas y generacionales.
- Educar y sensibilizar a la comunidad en el fortalecimiento y cuidado de áreas protegidas.
- Educar y sensibilizar a las comunidades en el manejo de residuos y materiales del alto impacto ambiental.
- Educar y sensibilizar a las comunidades en el uso y consumo de recursos tan importante como el agua y la energía.

### 3.3. Sistema de priorización de las estrategias y prácticas.

Teniendo claridad que un proceso de transformación es lento y que es influenciado por condicionantes económicas y políticas, se debe ser consciente de que es difícil alcanzar el 100% de implementación. Por esta razón es necesario establecer un sistema de toma de decisiones a través de una matriz que se muestra continuación:

|              | Calidad del aire | Manejo del ruido | Transporte | Gestión del agua | Uso de energía | Cuidado del suelo | Manejo de residuos | Uso de materiales | Biodiversidad | Cuidado con la comunidad |
|--------------|------------------|------------------|------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------|--------------------------|
| Impacto      |                  |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Adaptación   |                  |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Costo        |                  |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Reputación   |                  |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Operatividad |                  |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Total        |                  |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |

Tabla 3-10: Matriz de evaluación de las estrategias. Elaboración propia

En la primera fila se especifican las categorías con las cuales, se ha trabajado en el diseño del plan de manejo de cada una de ellas, basados en la descomposición de edificación y aeropuertos sostenibles.

En la primera columna, se establecen los siguientes criterios:

- Impacto: las transformaciones secundarias que provoca la implementación de la estrategia en el funcionamiento general del aeropuerto.
- Adaptación: nivel de modificaciones o cambios con respecto al plan inicial del plan.
- Costo: valor a invertir de el plan.
- Reputación: cambio de imagen y calidad del aeropuerto a nivel de la sociedad.

- Operatividad: nivel de la interferencia de la aplicación de la estrategia con las operaciones del aeropuerto y sectores cercanos.

Las metas y objetivos para cada categoría se definen según cada realidad del aeropuerto evaluado y posterior a la designación de cuál categoría iniciará el proceso

A cada criterio se le ha dado una valoración se transformará en puntaje luego del análisis realizado. Los valores van de 0 a 5, donde:

- Impacto:
  - 0: Sin efecto ni dentro ni fuera del aeropuerto.
  - 1: Impacto en todo parcial en terminal.
  - 2: Impacto completo de la terminal.
  - 3: Impacto en todo el aeropuerto.
  - 4: Impacto en las zonas cercanas al aeropuerto
  - 5: Impacto en toda la comuna/cuidad
- Adaptación:
  - 0: Imposible de modificar el plan o los productos a instalar.
  - 1: Acepta algunas pequeñas modificaciones.
  - 2: Acepta modificaciones o cambios de los tipos o características a los artículos a instalar.
  - 3: Acepto cambios específicos del plan.
  - 4: Acepta realizar cambios de ubicaciones y de productos.
  - 5: Se aceptan cambios libremente del plan de acciones.
- Costo:
  - 0: Muy alta inversión.
  - 1: Alta inversión.
  - 2: Mediana inversión.
  - 3: Baja inversión.
  - 4: Muy baja inversión
  - 5: Sin costo

- Reputación:
  - 0: Sin efecto en la imagen del aeropuerto.
  - 1: Muy pequeño efecto positivo en la imagen del aeropuerto por los sectores aledaño
  - 2: Cambio pequeño y reconocimiento del aeropuerto por la gente del sector.
  - 3: Reconocimiento mediano por la población de la ciudad.
  - 4: Reconocimiento del país.
  - 5: Reconocimiento mundial.
- Operatividad:
  - 0: Interrumpe completamente las operaciones o la llegada y salida de los pasajeros.
  - 1: Alta interferencia de las operaciones.
  - 2: Media interferencia de las operaciones.
  - 3: Baja interferencia en las operaciones
  - 4: Muy baja interferencia o irrelevante.
  - 5: 100% de operatividad sin ninguna interferencia.

El uso de esta matriz es una herramienta que facilita la toma de decisiones en concordancia con la realidad de cada uno de los aeropuertos, frente a la necesidad de saber con cuál de éstas iniciar, el proceso de cambio estructurado y sostenible.

Para ejemplificar el uso de esta matriz, se usará como ejemplo un aeropuerto estándar, ubicado en una ciudad grande de más de un 1 millón de habitantes, con más de 20 millones pasajeros y 200 operaciones diarias entre carga y pasajeros.

|              | Calidad del aire | Manejo del ruido | Transporte | Gestión del agua | Uso de energía | Cuidado del suelo | Manejo de residuos | Uso de materiales | Biodiversidad | Cuidado con la comunidad |
|--------------|------------------|------------------|------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------|--------------------------|
| Impacto      | 5                |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Adaptación   | 4                |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Costo        | 3                |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Reputación   | 5                |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Operatividad | 5                |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Total        | 22               |                  |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |

Tabla 3-11: Matriz de evaluación de las estrategias de ejemplo. Elaboración propia

En el caso de la calidad:

- Impacto: Muy alto (5 puntos), ya que el impacto de mejorar la calidad del aire afecta directamente a la salud de la población de toda la comuna/ciudad, a través de la disminución de las emisiones.
- Adaptación: obtiene 4 puntos debido al que se pueden permitir de realizar cambios del plan en caso que sea necesario, o de prácticas, debido que la mayoría de las acciones se realizan fuera del edificio lo que permite ser más flexible.
- Costo: obtiene un 3 ya que la inversión sería mediana debido que sería la actualización de la flota de vehículos de servicios, lo demás serían políticas que las aerolíneas tendrían que acatar.
- Reputación: Si logra convertirse en cero emisiones traerá una mejora considerable a nivel mundial de la imagen del aeropuerto (5 puntos).
- Operatividad: Sería un 5, porque no tiene problemas las operaciones ya que se mejoraron los vehículos de tractado, generando una operación fluida.

|              | Calidad del aire | Manejo del ruido | Transporte | Gestión del agua | Uso de energía | Cuidado del suelo | Manejo de residuos | Uso de materiales | Biodiversidad | Cuidado con la comunidad |
|--------------|------------------|------------------|------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------|--------------------------|
| Impacto      | 5                | 5                |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Adaptación   | 4                | 5                |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Costo        | 3                | 3                |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Reputación   | 5                | 2                |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Operatividad | 5                | 5                |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Total        | 22               | 21               |            |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |

Tabla 3-12: Matriz de evaluación de las estrategias de ejemplo 2. Elaboración propia

En el manejo del ruido:

- Impacto: Es muy alto (5 puntos), ya que incide en la salud de las personas, y se cumplen las normativas evitando multas.
- Adaptación: Muy alta (5 puntos), ya que solo importa la recopilación de los datos para posteriormente estudiarlos, como lo hagan es mayoritariamente libre.
- Costos: Medianos (3 puntos), debido a la instalación de las barreras y los artículos para registrar las mediciones.
- Reputación: es de 2, ya que solo hay un cambio de imagen en las cercanías del aeropuerto.
- Operatividad: muy alta (5 puntos), no se ve afectada con la aplicación de este plan.

|              | Calidad del aire | Manejo del ruido | Transporte | Gestión del agua | Uso de energía | Cuidado del suelo | Manejo de residuos | Uso de materiales | Biodiversidad | Cuidado con la comunidad |
|--------------|------------------|------------------|------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------|--------------------------|
| Impacto      | 5                | 5                | 4          |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Adaptación   | 4                | 5                | 5          |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Costo        | 3                | 3                | 3          |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Reputación   | 5                | 2                | 4          |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Operatividad | 5                | 5                | 4          |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |
| Total        | 22               | 21               | 20         |                  |                |                   |                    |                   |               |                          |

Tabla 3-13: Matriz de evaluación de las estrategias de ejemplo 3. Elaboración propia

Para el transporte:

- Impacto: Es alto (4 puntos), porque afecta solo dentro del mismo aeropuerto.
- Adaptación: Es muy alta (5 puntos), ya que, el aeropuerto es 100% libre de ejecutar el plan como quiera hacerlo.
- Costos: Son medianos (3 puntos), ya que se hacen contratos y acuerdo con distintos entes, además de señalización que son de bajos costos.
- Reputación: Es alta (4 puntos), mejora su reputación a nivel nacional, si es el único aeropuerto que se tiene en el país por la eficiencia y rapidez.
- Operatividad: se afecta un poco la operatividad (4 puntos), debido que, una vez aplicado el plan, se pueden provocar pequeños embotellamientos en sus inicios mientras se aplican los cambios.

|              | Calidad del aire | Manejo del ruido | Transporte | Gestión del agua | Uso de energía | Cuidado del suelo | Manejo de residuos | Uso de materiales | Biodiversidad | Cuidado con la comunidad |
|--------------|------------------|------------------|------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------|--------------------------|
| Impacto      | 5                | 5                | 4          | 5                | 5              | 3                 | 5                  | 2                 | 4             | 5                        |
| Adaptación   | 4                | 5                | 5          | 3                | 2              | 4                 | 3                  | 5                 | 5             | 4                        |
| Costo        | 3                | 3                | 3          | 1                | 1              | 2                 | 3                  | 4                 | 3             | 3                        |
| Reputación   | 5                | 2                | 4          | 5                | 5              | 4                 | 4                  | 1                 | 4             | 3                        |
| Operatividad | 5                | 5                | 4          | 3                | 3              | 5                 | 5                  | 5                 | 3             | 5                        |
| Total        | 22               | 21               | 20         | 17               | 16             | 18                | 20                 | 17                | 19            | 20                       |

Tabla 3-14: Matriz de evaluación de las estrategias de ejemplo 4. Elaboración propia

Al igual que las tres columnas anteriores se terminó de completar el resto de categorías de igual manera, se deben sumar los puntajes de cada columna. Para generar el orden de priorización hay dos formas:

1. Ordenar de mayor a menor la tabla completa:
  - a. Calidad del aire (22 puntos).
  - b. Manejo del ruido (21 puntos).
  - c. Transporte, manejo de residuos, cuidado de la comunidad (20 puntos).
  - d. Biodiversidad (19 puntos).
  - e. Cuidado del suelo (18 puntos).
  - f. Gestión del agua, uso de materiales (17 puntos).
  - g. Uso de energía (16 puntos).

2. Filtrar según un qué criterio o criterios sean más importante para el evaluador, por ejemplo, el impacto, se extraen todas las categorías que tuvieron el mayor puntaje en ese criterio y se ordenan según su total:
  - a. Calidad del aire (22 puntos).
  - b. Manejo de ruido (21 puntos).
  - c. Cuidado de la comunidad y manejo de residuos. (20 puntos).
  - d. Gestión del agua (17 puntos).
  - e. Uso de energía (17 puntos).

De lo anterior, es necesario destacar que para la toma de decisiones de que estrategia se va a llevar a cabo, se necesita hacer un análisis exhaustivo y darle la importancia y el tiempo necesario, para llegar a un resultado que concuerde con las posibilidades geográficas, estructurales y económicas del aeropuerto.

## Conclusiones

Tomando lo expresado en el informe de las Naciones Unidas del 9 de Diciembre del 2020, donde expresa ***“para que el calentamiento global se estabilice, es imprescindible reducir desde ya las emisiones de dióxido de carbono, con vistas a llegar a neutralizarlas por completo. Sin embargo, la humanidad lleva la tendencia contraria: el mundo todavía este en camino de un aumento catastrófico de la temperatura superior a los 3 grados, los que tendrá desastrosas consecuencias sobre el planeta”*** (Naciones Unidas, 2021). Esta situación compromete la imagen de los aeropuertos tradicionales que, aunque son considerados un centro de desarrollo económico y social en una región, la opinión pública internacional y organizaciones ecológicas, los indican como una fuente de contaminación para la salud humana, manejo de los recursos naturales, y el cuidado del medio ambiente. Existe una tendencia medioambiental que exige la implementación de estrategias que minimicen el impacto ambiental negativo en el desarrollo de sus operaciones.

La transformación en un aeropuerto verde implica trabajar en aquellos aspectos de políticas, planificación y desarrollo, y gestión integradora y holística, y en un contexto amplio y no basado solamente en aspectos técnicos y/u operacionales, necesariamente para que el proceso de transformación sea estable y sistemático debe incluir trabajo en equipos y la educación y concientización de la comunidad en general.

La transformación de un aeropuerto en sustentable implica una visión inclinada a la economía circular donde el valor de los productos, recursos y materiales sean mantenidos durante todo el ciclo de su vida, con una gestión que optimiza los stocks, flujos de materiales, energías y servicios, reintroduciéndolos en el círculo económico a través del reciclaje, reutilización, etc.

Si se logra en los próximos años aumentar el porcentaje de adopción de este modelo en más aeropuertos, puede llegar el día en que se pueda desarrollar la actividad aeronáutica comercial, sin generar ningún residuo o emisión dañina para la población y el planeta.

En esta investigación, fue de gran relevancia utilizar un método de estudio descriptivo, ya que, a través de él se logró establecer componentes esenciales para lograr la sustentabilidad en un aeropuerto, reconociendo que aparte de una eficiencia operativa en sus

prácticas internas y externas, y una gestión adecuada, es de gran importancia fortalecer otros ámbitos, como su accionar en la utilización y conservación de los recursos naturales y asumir de forma más relevante su responsabilidad social con el entorno y la comunidad.

Con el fin de lograr acercarse al objetivo planteado fue necesario realizar una extensa revisión bibliográfica en relación con el deterioro medioambiental, del cual existe, una gran cantidad de información, junto con esto, se llevó a cabo un acercamiento a la evolución de la industria aeronáutica, a medida que se avanza a la actualidad, se detectó que existe poca información sobre políticas y normas sustentables aplicables a realidad, a su vez se visualizó que en el área legislativa y de licitaciones no existen requerimientos específicos y obligatorias para el cuidado ambiental. Una fuente de información importante fueron las entidades certificadoras de edificaciones verdes; como el BREEAM-LEED-GRADE, que permitió instalar una base de trabajo, con el aporte además de la ISO14001.

Es necesario mencionar la relevancia que adquiere un proceso de transformación a conciencia y de manera real en un aeropuerto, para que los cambios que se establezcan sean estables, sistemáticos, concordantes con los objetivos, es necesario la aplicación de ciertos principios que sirvan de directrices y colaboración con dicha tarea. Me refiero, otorgar un sentido al proceso de cambio, creando una cultura organizacional con respecto al cuidado del medio ambiente, apoyándose en un liderazgo en la gestión que logre maximizar el desempeño de todas las personas y una visión integral holística que involucre a todos los agentes del cambio para que puedan complementarse y actuar interrelacionados.

Con respecto a la metodología se utilizó un enfoque cualitativo que permitió describir elementos contextuales, descomponer conceptos y definiciones, revisar casos aplicados para darle validez a la teoría, y establecer componentes esenciales para la propuesta de políticas, estrategias y acciones necesarias para la transformación de un aeropuerto tradicional a uno sustentable (verde).

Todo lo anterior permitió crear una columna vertebral para las propuestas y estrategias, que consta de conceptos básicos que debe conocer cada operador aeroportuario o responsable de la implementación. Se proponen áreas de mejora, que tienen que ver donde influyen su accionar: salud de las personas, uso de recursos críticos, residuos y el entorno. Ubicadas en estas áreas, se definieron 10 subcategorías, a las cuales, se les diseñó un plan de acción cada

una, con alrededor de 300 acciones distribuidas en los distintos planes y sus procesos de control y monitoreo. Una amplia base para iniciar este proceso de transformación, que puede ser utilizado por los diferentes equipos de trabajos y áreas del aeropuerto.

Esta propuesta permite además la flexibilidad en el inicio de su implementación de acuerdo con la realidad geográfica, económica y social del aeropuerto, comprendiendo que no es posible implementar el 100% de las estrategias y acciones para lo cual se incluye como apoyo una matriz para la priorización.

Finalmente, el desarrollo de este proyecto da respuestas a las preguntas de investigación planteadas en la introducción y el objetivo general, a través de las propuestas distribuidas en las 10 subcategorías. A pesar de que todas estas prácticas y acciones, requieren inversiones por parte del aeropuerto y de las aerolíneas, que posteriormente son transferidas al usuario, se puede decir que es económicamente factible, ya que los pasajeros están dispuestos a realizar un gasto mayor si sienten que estos son utilizados para ayudar al medio ambiente a través del mejoramiento de los procesos y sistemas de la actividad aeroportuarias para disminuir su impacto en el cambio climático (Winter, CROUSE, & RICE, 2021).

## Bibliografía

- ACI EUROPE. (2018). *Acreditación de Carbono de Aeropuertos (Airport Carbon Accreditation)*. Obtenido de <https://www.airportcarbonaccreditation.org/>
- aerocivil. (2009). *Uso de suelo en aerodromos adyacentes a aeropuertos*. .
- AIR. (2018). *Crecimiento el número de pasajeros en la aviación comercial*.
- Alfers, R. (2015). *airports*.
- Argentina Green Building Council. (2017). *Proyectos LEED*. Recuperado el 23 de agosto de 2021, de <http://www.argentinagbc.org.ar/leed/proyectos/>
- Banco Mundial. (2020). *Transporte aéreo, pasajeros transportados*. Obtenido de Organización de Aviación Civil Internacional ( OACI ), estadísticas mundiales de aviación civil y estimaciones de personal de la OACI: <https://datos.bancomundial.org/indicador/IS.AIR.PSGR?end=2019&start=1972>
- Boca Santa, S. L., Pereira Ribeiro, J. M., & Mazon, G. (28 de Abril de 2020). *Un modelo de aeropuerto verde: propuesta basada en sistemas de gestión*.
- BOHIGUES, M. S. (05 de 11 de 2018). *Nuevos horizontes en la arquitectura sostenible. Expansión del Aeropuerto de Oslo*. Obtenido de <https://arquitecturayempresa.es/noticia/nuevos-horizontes-en-la-arquitectura-sostenible-expansion-del-aeropuerto-de-oslo#:~:text=Office%20of%20Architecture-,El%20Aeropuerto%20de%20Oslo%20se%20convierte%20en%20el%20primer%20aeropuerto,aeropuerto%20m%C3%A1s>
- Brazil green Building council. (2017). *Leadership in Energy*. Obtenido de <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>
- BREEAM ES. (31 de Marzo de 2017). *BREEAM ES NUEVA CONSTRUCCIÓN 2015* (edición 2017 ed.). Recuperado el 20 de Junio de 2020
- BREEAM España. (2021). *Acerca de BREEAM*. Obtenido de <https://breeam.es/internacional/>

- BUENAVIDA. (06 de Agosto de 2019). Flygskam' y 'tagskyrt', los movimientos suecos que sacan los colores a las aerolíneas. *el pais*. Recuperado el 06 de Julio de 2020, de [https://elpais.com/elpais/2019/08/06/buenavida/1565090560\\_671784.html](https://elpais.com/elpais/2019/08/06/buenavida/1565090560_671784.html)
- Cheung, T. K., Wong, C. W., & Zhang, A. (Enero de 2020). *The evolution of aviation network: Global airport connectivity index 2006–2016*. Recuperado el 30 de Junio de 2020, de <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.101826>
- Comision Europea. (2014). *Premio Emar por su buena Gestión Ambiental*.
- Comunidad Por EL Clima. (2020). *Aeropuertos neutros en carbono*. Obtenido de <https://porelclima.es/toolbox/1628-aeropuertos-neutros-en-carbono>
- Coppa, M., D'Iorio, J. I., Monteagudo, J. P., & Tomassini, N. (2015). *CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE SANTIAGO DE CHILE Y SU IMPACTO EN LA PLANIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO*. La Plata. Recuperado el 16 de Junio de 2020
- correa, y. o. (2020). *Sitio Académico*. Obtenido de DEBES DE LA NORMA ISO 14001: <https://yomaira-orozcocorrea.webnode.es/products/norma-tecnica-colombiana-iso-14001/>
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas. (2011). Estudio Económico y Social Mundial. Nueva York, Estados Unidos. Recuperado el 15 de Junio de 2020
- DGAC. (08 de Febrero de 2019). *UN NUEVO ANIVERSARIO DEL AEROPUERTO : ARTURO MERINO BENÍTEZ*. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de <https://www.dgac.gob.cl/un-nuevo-aniversario-del-aeropuerto-arturo-merino-benitez/>
- Diana. (24 de Enero de 2012). *¿QUÉ ES UN AEROPUERTO VERDE?* Obtenido de [/www.concienciaeco.com](http://www.concienciaeco.com): <https://www.concienciaeco.com/2012/01/24/que-es-un-aeropuerto-verde/#:~:text=AENA%20define%20un%20'aeropuerto%20verde,y%20gestiona%20adecuadamente%20sus%20residuos%E2%80%9D>

- DIANA. (24 de Enero de 2012). *Conciencia Eco*. Recuperado el 01 de Julio de 2020, de ¿QUÉ ES UN AEROPUERTO VERDE?: <https://www.concienciaeco.com/2012/01/24/que-es-un-aeropuerto-verde/>
- ELKAY. (2020). *Estudio sobre el consumo de agua en aeropuertos*. Obtenido de [https://latam.elkay.com/content/dam/intllatam/extra/literature/caso-de-estudios/F\\_5548S-ELK\\_Caso\\_de\\_Estudio\\_Aeropuerto.pdf](https://latam.elkay.com/content/dam/intllatam/extra/literature/caso-de-estudios/F_5548S-ELK_Caso_de_Estudio_Aeropuerto.pdf)
- Envira. (2021). *Modelos de dispersión Atmosférica: qué son y cuál es su objetivo*. Obtenido de <https://envira.es/es/modelos-de-dispersion-atmosferica/#:~:text=Los%20modelos%20de%20dispersi%C3%B3n%20de%20contaminantes%20en%20el%20aire%20son,entorno%20de%20un%20foco%20emisor.>
- EURE. (2002). *EURE*.
- Federación Internacional de los Trabajadores del Transporte aereo. (2014). *informa anual*.
- Ferrulli, P. (2016). *Evaluación de diseño de aeropuerto verde (GrADE) - métodos y herramientas*. Firenze.
- Gill, M. (2018). *informe del Director de la IATA, combre mundial de la aviacion*.
- Grinervald, J. (1997). *Cronologia Bio*. Buenos Aires, Argentina: Fundacion Argentina.
- Guillamon. (2012).
- Herrera Garcia, A., & Servín Caballero, S. (2012). *ESTRATEGIA PARA REDUCIR LAS*. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt366.pdf>
- HURTADO, F. (09 de Febrero de 2017). *Cómo el Aeropuerto de Santiago pasó de una pequeña terminal a proyectar 30 millones de pasajeros*. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de <https://www.t13.cl/noticia/nacional/como-el-aeropuerto-de-santiago-paso-de-una-pequena-terminal-a-proyectar-recibir-30-millones-de-pasajeros>
- ICAO, Ferrolli, Janic, Diaz y Salazar. (2018).

- ISO14001. (2 de Abril de 2018). *¿Qué es y para qué sirve la norma ISO 14001?* Obtenido de <https://www.nueva-iso-14001.com/2018/04/norma-iso-14001-que-es/>
- Junta de Aeronautica Civil (JAC). (24 de Enero de 2020). *RESUMEN ESTADÍSTICO TRANSPORTE AÉREO COMERCIAL EN CHILE*. Obtenido de <http://www.jac.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/16.-INFORME-Diciembre-2019-1.pdf>
- Lamarck, J.-B. (1809). *Filosofia Zoologica*.
- LEED. (2019). *Guía para la Certificación LEED: Comercial*. Recuperado el 20 de Junio de 2020
- Legislacion Española. (1997). *Ley Número 26821*.
- MarkAzzam. (Febrero de 2017). Evolution of airports from a network perspective – An analytical concept. *German Aerospace Center – DLR*, 522-524. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cja.2017.01.011>
- Matamala, M. F. (2017). *Características y recuperación del suelo en los aeropuertos*.
- Mayra E. Gavito, H. v. (2017). *Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México*. Recuperado el 28 de Junio de 2020, de <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.09.001>
- MCKAYREUTERS, H. (2021). *El aeropuerto de Madrid-Barajas es el quinto más contaminante de Europa*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/medio-ambiente/2021/09/28/61528913fdddf47418b45ef.html>
- mostrador, E. (2019). *emisiones de los aeropuerto*.
- mtz, m. (22 de Septiembre de 2010). *Aeropuerto Verde ...???* Obtenido de <https://ivaomx.wordpress.com/2010/09/22/aeropuerto-verde/>
- Naciones Unidas. (1992). *CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS*. Obtenido de <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2009/6907.pdf>
- Naciones Unidas. (2021). *CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS*.

National Bureau of Economic Research. (2018).

naturaleza, F. M. (2018). porcentaje de reduccion de los vuelos.

Noticias Parlamento Europeo. (2021). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. Obtenido de <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20circular%20es%20un,para%20crear%20un%20valor%20a%C3%B1adido.&text=Estos%20pueden%20ser%20productiv>

Nueva Pudahuel. (2020). *Estadísticas del aeropuerto 2019*. Obtenido de <https://www.nuevopudahuel.cl/aboutsclairport/#:~:text=El%20Aeropuerto%20de%20AMB%20ocupa,de%20tr%C3%A1fico%20a%C3%A9reo%20en%20Chile>.

Nuevo Pudahuel. (23 de Junio de 2020). *Historia de Aeropuerto Arturo Merino Benitez*. Obtenido de <https://www.nuevopudahuel.cl/historia>

Nuevo Pudahuel. (25 de Junio de 2020). *Obras de ampliación*. Obtenido de [https://www.nuevopudahuel.cl/obras-de-ampliacion#sec\\_4](https://www.nuevopudahuel.cl/obras-de-ampliacion#sec_4)

OACI. (2008). Evolucion de los Aeropuertos. *REVISTA DE LA OACI*, 63(3). Recuperado el 26 de Junio de 2020

OACI. (2010). Programa <Verde>. *REVISTA DE LA OACI*. Recuperado el 20 de Junio de 2020

obras.expansion.mx. (2020). *5 aeropuertos sustentables en el mundo*. Obtenido de <https://obras.expansion.mx/arquitectura/2014/09/07/5-aeropuertos-sustentables-en-el-mundo>

Olariaga, O. D. (2018). *Aeropuerto verde y sostenible, marco general de análisis*.

Orellana, D. N. (08 de Enero de 2019). *Aeropuertos sostenibles: más allá de la infraestructura verde*. Obtenido de [eldiario.net](http://eldiario.net):

[https://www.eldiario.net/noticias/2019/2019\\_01/nt190108/opinion.php?n=23&-aeropuertos-sostenibles-mas-alla-de-la-infraestructura-verde](https://www.eldiario.net/noticias/2019/2019_01/nt190108/opinion.php?n=23&-aeropuertos-sostenibles-mas-alla-de-la-infraestructura-verde)

Organización de las Naciones Unidas. (2017). *Informe de la ONU sobre la perspectiva de la Población de la Población Mundial*.

Organización Mundial de la Salud. (2018). *calidad del aire*.

Pastorelli, G. (18 de Noviembre de 2009). *Propuestas para Plan Maestro del Aeropuerto Arturo Merino Benítez*. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-31872/propuestas-para-plan-maestro-para-el-aeropuerto-arturo-merino-benitez>

Pérez, I. B. (2020). *¿Qué es desarrollo sostenible?* Obtenido de <https://www.flipandflip.com/blogs/blog/que-es-desarrollo-sostenible>

PTH grupo ambiental. (2012). *medicion realizada a aeropuerto de concepcion*.

R., A. S. (09 de Febrero de 2017). *50 años del Aeropuerto «Pudahuel» actual Arturo Merino Benítez*. Recuperado el 25 de Junio de 2020, de <http://tallyho.cl/50-anos-del-aeropuerto-internacional-arturo-merino-benitez/>

R.M. Sebastian, J. L. (2020). *Understanding waste management at airports: A study on current practices*.

Repsol Global. (2021). *¿Qué diferencia hay entre la economía circular y la lineal?* Obtenido de <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/economia-circular/index.cshtml>

revista ecologista. (01 de 03 de 2020). *Flygskam, La vergüenza de volar*. Obtenido de <https://www.ecologistasenaccion.org/139557/flygskam-la-verguenza-de-volar/#:~:text=Flygskam%20%E2%80%94la%20verg%C3%BCenza%20de%20volar,a%20ese%20modo%20de%20transporte>.

Reyes, L. M. (2007). *Historia de la Ecología*. Guatemala, Guatemala. Recuperado el 26 de Julio de 2020

Rob, W. (2020). *Cómo una combinación de medidas y tecnologías tienen por objetivo reducir la huella global de la aviación comercial*. Obtenido de

<https://a21.com.mx/rumbo-altura-y-velocidad/2020/12/16/como-una-combinacion-de-medidas-y-tecnologias-tienen-por>

Spacio Uned. (2019). *contaminacion de un aeropuerto*.

Stern, N. (2006). *Stern Review: La economía del cambio climático*.

Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil de Colombia. (2018). *Metodología Mediciones de Calidad de Aire*. Obtenido de [https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/gestion-ambiental-y-control-de-fauna/Plan-Piloto-ElDorado/Informes\\_tecnicos/Cap.5.Metodolog%C3%ADa\\_calidad\\_aire.pdf](https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/gestion-ambiental-y-control-de-fauna/Plan-Piloto-ElDorado/Informes_tecnicos/Cap.5.Metodolog%C3%ADa_calidad_aire.pdf)

Union Europea. (2018). Paris.

US Green Building Council. (2020). *Gestión mejorada de refrigerantes*. Recuperado el 03 de Julio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-schools-new-construction-healthcare-data-centers-new-construction?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Energy%20&%20atmosphere>

US Green Building Council. (2020). <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-warehouse-and-distribution-centers-new-construction?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Energy%20&%20atmosphere>. Recuperado el 01 de Julio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-warehouse-and-distribution-centers-new-construction?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Energy%20&%20atmosphere>

US Green Building Council. (2020). *Reducción de isla de calor*. Recuperado el 30 de Junio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-schools-new-construction-retail-new-construction-data-center-new-construction?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Sustainable%20sites>

US Green Building Council. (2020). *Reducción de la contaminación lumínica*. Recuperado el 06 de Julio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-schools-new-construction-retail-new-construction-healthcare-new-construction?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Sustainable%20sites>

- US Green Building Council. (2020). *Reducción de uso de agua al aire libre*. Recuperado el 02 de Julio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-schools-new-construction-retail-new-construction-data-centers-new-construction-warehouse-and-distribution-centers-new?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Water%20efficiency>
- US Green Building Council. (2020). *Reducción del uso de agua en interiores*. Recuperado el 06 de Julio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-data-centers-new-construction-warehouse-and-distribution-centers-new?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Water%20efficiency>
- US Green Building Council. (2020). *Reducción del uso de agua en interiores*. Recuperado el 05 de Julio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-data-centers-new-construction-warehouse-and-distribution-centers-new?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Water%20efficiency>
- US Green Building Council. (2020). *Torre de enfriamiento y uso de agua de proceso*. Recuperado el 06 de Julio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-schools-new-construction-retail-new-construction-healthcare-data-centers-11?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Water%20efficiency>
- US Green Building Council. (23 de Agosto de 2021). *Our story*. Obtenido de <https://www.usgbc.org/about/brand>
- US Green Building Council, LEED. (2020). *Acceso a tránsito de calidad*. Recuperado el 06 de Julio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-retail-new-construction-data-centers-new-construction-hospitality-new-construction-warehouse-and-distribution-centers-new?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Location%20&%20transportation>
- US Green Building Council, LEED. (01 de Julio de 2020). *Densidad circundante y usos diversos*. Obtenido de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-retail-new-construction-hospitality-new-construction-warehouse-and-distribution-centers-new?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Location%20&%20transportation>

US Green Building Council, LEED. (2020). *LEED Credit library*. Recuperado el 15 de Junio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits?Version=%22v4.1%22&Rating+System=%22New+Construction%22>

US Green Building Council, LEED. (2020). *Proceso integrador*. Recuperado el 01 de Julio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-schools-new-construction-retail-new-construction-healthcare-153?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Integrative%20process%20credits>

US Green Building Council, LEED. (2020). *Sitio de alta prioridad y desarrollo equitativo*. Recuperado el 26 de Junio de 2020, de <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-schools-new-construction-retail-new-construction-healthcare-data-centers--9?return=/credits/New%20Construction/v4.1/Location%20&%20transportation>

Vernadsky, V. (1926). *La Biosfera*.

Viamonte, J. M. (2016). *Reunion y conferencia de comite regional: Gestion Ambiental sostenible de los Resintos aeroportuarios*.

Walker, R. (16 de Diciembre de 2020). *Cómo una combinación de medidas y tecnologías tienen por objetivo reducir la huella global de la aviación comercial*. Obtenido de <https://a21.com.mx/rumbo-altura-y-velocidad/2020/12/16/como-una-combinacion-de-medidas-y-tecnologias-tienen-por>

Winter, S. R., CROUSE, S. R., & RICE, S. (10 de ABRIL de 2021). *El desarrollo de 'verde' aeropuertos: ¿Qué factores influyen en la disposición a pagar*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101576>