

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DE PODA EN EL
AEROPUERTO EL DORADO LUIS CARLOS GALÁN SARMIENTO.

Juliana Andrea Moreno Pabón

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C.
2019

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DE PODA EN EL
AEROPUERTO EL DORADO LUIS CARLOS GALÁN SARMIENTO.

Juliana Andrea Moreno Pabón

Proyecto de grado por modalidad de pasantía presentado como requisito parcial
para optar al título de:
Ingeniera ambiental

Director:
David Orjuela Yépez
Administrador Ambiental
Máster Oficial en Tecnología Ambiental
Máster Universitario en Ciencias de la Sostenibilidad

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C.
2019

CONTENIDO

<u>1</u>	<u>RESUMEN.....</u>	<u>12</u>
<u>2</u>	<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>14</u>
<u>3</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</u>	<u>16</u>
<u>4</u>	<u>OBJETIVOS.....</u>	<u>17</u>
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	17
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<u>5</u>	<u>MARCO REFERENCIAL.....</u>	<u>18</u>
<u>6</u>	<u>MARCO CONTEXTUAL.....</u>	<u>20</u>
<u>7</u>	<u>MARCO TEÓRICO.....</u>	<u>21</u>
7.1	RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO).....	21
7.2	APROVECHAMIENTO RSO.....	21
7.3	PLAN DE MANEJO DE UNA COMPOSTERA.....	21
<u>8</u>	<u>MARCO CONCEPTUAL.....</u>	<u>22</u>
<u>9</u>	<u>MARCO LEGAL.....</u>	<u>23</u>
<u>10</u>	<u>DESARROLLO DE LA PASANTIA.....</u>	<u>26</u>
10.1	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	26
10.2	TIPO DE ESTUDIO.....	26
10.2.1	FASE I - CARACTERIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL AEROPUERTO EL DORADO ACTUALMENTE.	26
10.2.2	FASE II - ESTUDIO TÉCNICO.....	27

10.2.3	FASE III – EVALUACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES	28
11	<u>RESULTADOS</u>	<u>29</u>
11.1	FASE I. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL AEROPUERTO EL DORADO.	29
11.2	FASE II. ESTUDIO TÉCNICO	33
11.2.2	TAMAÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN	36
11.2.3	EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA A DESARROLLAR	37
11.2.4	CÁLCULO ÁREA Y VOLUMEN OCUPADO POR EL COMPOST	39
11.2.5	TAMAÑO DE LAS PILAS	40
11.2.6	DIAGRAMA DE PROCESO PLANTA DE COMPOSTAJE AEROPUERTO EL DORADO	43
12	<u>BALANCE DE MASA</u>	<u>45</u>
12.1	ECOBALANCE	47
13	<u>MARCO GEOGRÁFICO</u>	<u>47</u>
14	<u>COSTOS Y DISPONIBILIDAD DE INSUMOS.....</u>	<u>50</u>
15	<u>PROYECCIÓN DE COMPOST PRODUCIDO</u>	<u>51</u>
16	<u>MAQUINARIA Y EQUIPOS REQUERIDOS.....</u>	<u>51</u>
17	<u>FASE III. EVALUACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES</u>	<u>55</u>
17.1	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL.....	55
17.1.1	METODOLOGÍA CONESA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.	55
17.2	EVALUACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS	70
18	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>71</u>
19	<u>RECOMENDACIONES.....</u>	<u>72</u>

20	BIBLIOGRAFÍA.....	73
-----------	--------------------------	-----------

LISTA ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Código de colores Aeropuerto El Dorado	29
Ilustración 2. Recepción y mezcla de RSO en planta de Bio Carbono	32
Ilustración 3. Pilas estáticas.....	32
Ilustración 4. Volteo mecanizado de las pilas.....	32
Ilustración 5. Control de variables	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 6. Comparativo de tamizaje del compost maduro	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama general de proceso de compostaje realizado por la planta de Compostaje GESTAR.....	30
Figura 2. Diagrama general de proceso de compostaje realizado por la planta de compostaje BioCarbono.....	31
Figura 3. Metodologías para el cálculo de proyecciones.....	34
Figura 4. Dimensionamiento Pila de RSO.....	41
Figura 5. Diagrama de flujo planta de compostaje El Dorado	43
Figura 6. Balance de Masa del Proceso Productivo.....	46
Figura 7. Distribución de los impactos por Carácter	61
Figura 8. Impactos etapa de Pre-Construcción	61
Figura 9. Impactos etapa de Construcción.....	62
Figura 10. Impactos etapa de Operación	63
Figura 11. Impactos por etapa	64
Figura 12. Distribución de impactos -Naturaleza.....	64
Figura 13. Distribución de la intensidad del impacto	64
Figura 14. Distribución de impactos por Extensión	65
Figura 15. Distribución de impactos por Momento	65
Figura 16. Distribución de Impactos por Persistencia	66
Figura 17. Distribución de Impactos por Reversibilidad	66
Figura 18. Distribución de Impactos por Sinergia.....	66
Figura 19. Distribución de Impactos por Acumulación	67
Figura 20. Distribución de Impactos por Efecto.....	68
Figura 21. Distribución de Impactos por Periodicidad	68
Figura 22. Distribución de Impactos por Recuperabilidad	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Guías técnicas colombianas	23
Tabla 2. Marco normativo	24
Tabla 3. Histórico de salidas de pasajeros Internacional y Nacional en el Aeropuerto El Dorado.....	33
Tabla 4. Proyección de pasajeros en vuelos de salidas en el Aeropuerto El Dorado	35
Tabla 5. Proyección de Residuos Aeropuerto El Dorado	35
Tabla 6. Proyección de volumen RSO aeropuerto El Dorado.	37
Tabla 7. Evaluación de metodología a desarrollar	37
Tabla 8. Proyección de compost generado y volumen ocupado	40
Tabla 9. Volumen RSO en pilas.....	41
Tabla 10. Volumen RSO para el año 2019	42
Tabla 11. Volumen RSO para el año 2033	42
Tabla 12. Costos Planta de Compostaje El Dorado	50
Tabla 13. Proyección de bultos de compost anual	51
Tabla 14. Especificaciones Técnica Camión Chevrolet NHR	51
Tabla 15. Especificaciones Técnicas Hidro Lavadora Thunder	52
Tabla 16. Especificaciones Técnicas Pala Bellota	52
Tabla 17. Especificaciones Técnicas Balanza Digital Led.....	53
Tabla 18. Especificaciones Técnicas Criba Giratoria	53
Tabla 19. Especificaciones Técnicas Carretilla Herragro	53
Tabla 20. Especificaciones Técnicas Inyector de Aire	54
Tabla 21. Especificaciones Técnicas Lonas	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 22. Especificaciones Técnicas Oxímetro.....	54
Tabla 23. Especificaciones Técnicas Termómetro Industrial.....	54
Tabla 24. Factores susceptibles por impactar	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 25. Descripción de cada criterio evaluado.....	56
Tabla 26. Rangos para el cálculo de la Importancia Ambiental.	58
Tabla 27. Rangos de impactos negativos presentados en el proyecto.....	59

Tabla 28. Rangos de impactos positivos presentados en el proyecto	59
Tabla 29. Descripción de actividades Fase de Pre-Construcción.....	60
Tabla 30. Descripción de actividades Fase de Construcción	60
Tabla 31. Descripción de actividades Fase de Operación.....	60

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tasa de crecimiento poblacional, M. Geométrico	34
Ecuación 2. Proyección por medio del método geométrico	34
Ecuación 3. Volumen ocupado por RSO	36
Ecuación 4. Cálculo de la cantidad de compost generada	39
Ecuación 5. Volumen que ocupará el compost	40
Ecuación 6. Volumen por pila	41
Ecuación 7. Cálculo de la importancia	59

LISTA DE PLANOS

Plano 1. Plano base de la Planta de Compostaje El Dorado.....	48
Plano 2. Plano renderizado de la Planta de Compostaje El Dorado.....	49

1 RESUMEN

La generación de residuos sólidos orgánicos (RSO) no solo en Colombia, sino en demás países; se ha convertido a través de los años en una problemática ambiental que ha tomado fuerza significativamente. El gran potencial aprovechamiento que poseen estos residuos no se está explotando como se debería, generando en consecuencia problemas sanitarios y ambientales que influyen en la salud pública, siendo un factor determinante para la calidad de vida humana, vegetal y animal.

La variedad de actividades que realiza el ser humano diariamente produce un exceso de residuos que, a pesar de ser reintroducidos en el ciclo de vida, los residuos sobrantes seguirán el rumbo de disposición que se les da actualmente. Es por esto, que además de introducir nuevas y/o mejoradas tecnologías para el aprovechamiento de los residuos, es necesario aprender y brindar el conocimiento sobre el manejo y valor agregado que se les puede brindar a estos componentes en vía de disposición. Por otro lado, es imprescindible dejar de percibir los residuos como algo inútil, por el contrario, estos deben ser percibidos como materia prima o insumo en potencial de transformación.

El Aeropuerto El Dorado, al ser un pionero en gestión ambiental, es consciente de la magnitud del problema ambiental que produce innecesariamente la mala gestión de sus recursos. La generación diaria de residuos sólidos orgánicos pone en alerta al aeropuerto en promover y promocionar nuevos mecanismos que le ayuden a este a mitigar el impacto producto de sus residuos.

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto surge con el fin de formular la viabilidad de implementar una planta de compostaje dentro de las inmediaciones del aeropuerto, con el fin de brindarle un tratamiento y aprovechamiento significativo a los RSO producto de las actividades diarias del lugar. Es así como el presente proyecto de investigación se encuentra articulado y estructurado en cinco partes, así; en la primer parte se encuentra la descripción del problema de investigación y el objetivo general y específico que guían la investigación a una meta absoluta. La segunda parte hace referencia al marco referencial, el cual contiene información suficiente de fuentes confiable sobre el tema a desarrollar. Además, se presenta un marco contextual, teórico, conceptual y legal, donde se caracterizará la compañía donde se realizó la pasantía, los elementos que sirvan de base para el desarrollo de la investigación, conceptos básicos y definiciones requeridas y normas referentes sobre el manejo de residuos sólidos respectivamente.

La tercera parte del documento corresponde al desarrollo de la pasantía, es aquí donde se desarrolla la metodología y el plan de trabajo en detalle propuesto para el presente trabajo. Este capítulo se extiende en cuatro fases en las cuales se formula la viabilidad de implementar dicho proyecto en el aeropuerto El Dorado. La cuarta parte abarca el análisis e interpretación de resultados para la empresa sobre el trabajo desarrollado a corto y mediano plazo.

Por último, se encuentra las conclusiones del proyecto desarrollado y recomendaciones objeto de las actividades realizadas durante la pasantía.

La composición de cada capítulo descrito dará como resultado el estudio de factibilidad técnica y económica para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y de poda en el aeropuerto El Dorado, por medio del cual se minimizan impactos ambientales y sociales generados el uso y manejo inadecuado de los RSO.

Palabras clave: Compostaje, Impactos ambientales, mitigación, gestión ambiental, problemas sanitarios, residuos sólidos orgánicos, aeropuerto El Dorado, viabilidad.

2 INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento y explotación masificada de los recursos, la capacidad de un aprovechamiento eficiente de estos ha sido limitada, debido a que en su mayoría los residuos sólidos son dispuestos sin ningún tipo de aprovechamiento, ocasionando la pérdida de nuevos mecanismos sustentables que controlan la generación de estos y así mismo acortando la vida útil de lugares donde están siendo dispuestos. Cabe resaltar que la gran parte de las áreas urbanas presentes en países en vía de desarrollo agotan entre un 30% y un 50% de sus recursos en la eliminación de sus desechos sólidos, sin observar el trasfondo de la situación y omitiendo la variedad de tecnologías que pueden implementarse, las cuales recuperan en gran medida los desechos, donde estos son transformados en materia prima permitiendo la prolongación en su ciclo de vida. [1]

La búsqueda por encontrar soluciones que reduzcan significativamente el problema ambiental que se está generando por el aumento diario de residuos sólidos en las ciudades, ha puesto en marcha la implementación de varias tecnologías que han amortiguado la incidencia de impactos ambientales al ecosistema. Una de las alternativas más eficientes para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos tanto para el ecosistema y la población es el compostaje, en la cual además de tratar el residuo desde una parte biológica, le da un valor agregado para servir de nuevo al suelo. El compost, en su composición además de contar con bajos niveles de metales pesados, consta de un alto contenido nutricional para plantas y suelos con pH ligeramente alcalino. [1]

El gran beneficio que otorga la implementación y uso de este proceso biológico redundante a la hora de mejorar en gran parte las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo, aumentando su capacidad de carga, haciéndolo en gran parte más provechoso. Por otra parte, el beneficio social, económico y ambiental es inigualable, los impactos negativos previstos en otro tipo de tratamientos de residuos sólidos como lo son la disposición en rellenos se reducen, debido al tratamiento y aprovechamiento que la tecnología del compostaje brinda, haciendo de estos lugares habituales de disposición un mecanismo arcaico.

El beneficio económico se ve incrementado, debido a que se le da un valor agregado al reintroducir nuevamente el residuo en la cadena de producción, es así como los costos para mitigación y/o corrección de impactos ambientales que se iban por la tangente al tratar el residuo por otros procesos o tecnologías, son inexistentes, ya que es un proceso donde la participación de sustancias o procesos críticos se ve reducido. Por tal razón, el beneficio económico, social y ambiental que esta alternativa de aprovechamiento eficiente ofrece, es un atractivo de implementación dentro del esquema de sostenibilidad que trabaja diariamente el aeropuerto El Dorado.

Centrándose en la sostenibilidad ambiental en la cual participa diariamente el Aeropuerto El Dorado, la implementación de tecnologías y/o herramientas que reduzcan potencialmente los impactos ambientales producto de sus procesos y actividades diarias, hacen de este un recinto con miras hacia el futuro, capaz de actuar en contra del deterioro ambiental que cada vez sufre el ecosistema debido a acciones erradas. El lado verde del Dorado, cada año toma más fuerza de acuerdo con la proyección y capacidad que este tiene a la hora de concientizar a sus proveedores, contratistas, entre otros.

De acuerdo con lo anterior, el interés y el compromiso de eficiente el proceso generado dentro de las inmediaciones del aeropuerto por medio de acciones ambientales que simplifiquen sus actividades y contribuyan aún más al ideal de un aeropuerto 100% sostenible, genera así el ánimo de plantear un estudio de acuerdo a la viabilidad técnica, económica y financiera para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos y de poda provenientes del aeropuerto El Dorado Luis Carlos Galán Sarmiento.

.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El incremento de las variables demográficas es uno de los ejes centrales de los cuales dependen la mayoría de los problemas ambientales. En Bogotá, diariamente son generados entre 6.300 y 6.800 Ton/día de residuos sólidos de los cuales solo el 0,19 % corresponden a residuos generados en el Aeropuerto El Dorado al día. [2]

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en Bogotá solo son reciclados el 15% de los residuos sólidos que genera, y debería ser mucho más. Se está desperdiciando una enorme oportunidad de negocios verdes y también de tener una actitud más responsable con el ambiente. [2] El mejoramiento de la situación, encaminará a una conciencia ambiental ciudadana, donde no solo la separación en la fuente sería la partícipe, sino, el aprovechamiento de cada uno de los componentes dispuestos ayudaría en gran magnitud a minimizar el deterioro ambiental actual.

La ausencia de organización y planeación de actividades que amortiguan el impacto producido, incrementan de manera negativa la proliferación de enfermedades y contaminantes ambientales que atentan la calidad de vida humana, animal y vegetal. De tal modo, es significativo detenerse y pensar en nuevas ideas y/o técnicas que atenúen los impactos y proyecten estrategias enfocadas en una sostenibilidad y equilibrio ambiental. De este modo, la dinámica actual del aeropuerto es la siguiente; los residuos sólidos generados por el aeropuerto son transportados a la Estación de Clasificación y Aprovechamiento (ECA), donde se realiza la clasificación y separación de los residuos sólidos para su posterior aprovechamiento, estos son vendidos como materia prima de interés para muchas empresas, las cuales a su vez reintegran el residuo de nuevo al mercado. En el año 2017, el Aeropuerto El Dorado compostó el 21 % y recicló el 22% de 4.477 toneladas de basura, aportando 1.925 toneladas de material para nuevos productos.

De acuerdo con lo anterior, se pretende implementar una planta de compostaje dentro de las inmediaciones del Aeropuerto El Dorado, con el fin de no solo generar nuevos empleos, sino, además, aprovechar y administrar de manera propia los residuos sólidos orgánicos (RSO) generados diariamente, sin incurrir en el pago a terceros para su transporte, tratamiento y aprovechamiento como se viene realizando actualmente.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad técnica y económica para el tratamiento de residuos orgánicos y de poda por medio de la implementación de una planta de compostaje dentro de las inmediaciones del Aeropuerto El Dorado Luis Carlos Galán Sarmiento bajo el sistema presente de recolección que efectúa la empresa INTERASEO S.A.S. E.S.P.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el estado actual de los residuos sólidos orgánicos y de poda generado en el aeropuerto El Dorado.
- Ejecutar un análisis técnico para la implementación de una planta de compostaje a partir de los residuos sólidos orgánicos generados por el Aeropuerto El Dorado.
- Determinar la viabilidad económica para la implementación de diferentes tecnologías y técnicas para el aprovechamiento de residuos orgánicos.
- Determinar los beneficios económicos y ambientales ligados al desarrollo del proyecto en el Aeropuerto El Dorado.

Capítulo II. MARCO REFERENCIAL

5 MARCO REFERENCIAL

Con el fin de presentar una alternativa eficiente para el desarrollo del proyecto dentro de las inmediaciones del Aeropuerto El dorado, se presenta a continuación el desarrollo de cada técnica utilizada para la generación de compost; del mismo modo se evalúan sus ventajas y desventajas con el fin de escoger cuál metodología es la más adecuada para aplicar en el aeropuerto teniendo en cuenta factores como el volumen y calidad de los residuos sólidos orgánicos, así mismo la capacidad de aprovechamiento y producción de la planta de compostaje.

De acuerdo con lo anterior, se resaltan diferentes casos en los cuales se hace uso adecuado del compostaje. Es preciso resaltar que el tratamiento del suelo con una gran riqueza viva que transformen su materia orgánica aportando en su salud y recuperación biológica con nutrientes, materia orgánica, porosidad y una excelente estructuración física que aporte en su propia conservación y evite la contaminación ambiental del espacio.

1. Planta de compostaje – El Santuario.

Diariamente durante 10 años la planta de compostaje en el municipio de Antioquia recibe residuos de tipo orgánico con el objetivo de ser convertidos en abonos utilizados en el proceso de producción agrícola, logrando incrementar el compromiso de la ciudadanía en la separación de residuos para la agilización de proceso de compostaje en donde aproximadamente se recolectan 70 toneladas de residuos orgánicos al mes logrando reducir malos olores y lixiviados. Beneficiando el trabajo del campesinado en sus procesos de cosecha, puesto que con el uso del abono producido por parte de la planta de compostaje son menos los químicos que deben de usar durante la producción agrícola. [3]

2. Planta de compostaje – Bella Vista / Argentina

Esta planta en el Municipio del Rosario ubicada en la provincia de Santa Fe; Posee con un espacio aproximado de 35 hectáreas en donde frecuentemente al día viene procesando alrededor de 120 toneladas de compostaje, gracias a la llegada diaria de dos camiones quienes oportunamente depositan allí los residuos orgánicos donde pasan entre 7 hasta 18 horas en el proceso de separación de residuos con el arduo trabajo de 25 trabajadores municipales y 12 recuperadores urbanos que apoyan todo el proceso de la planta, donde se destaca el uso de energía solar para abastecer de energía. [4]

3. Proceso de compostaje - Hospital Sirio Libanés De San Paulo / BRASIL

Con el objetivo de minimizar el impacto ambiental y social que producen los residuos orgánicos, este establecimiento de salud con la ayuda de empresa Nova Reciclaje optó por realizar un proceso de compostaje a sus propios residuos donde diariamente obtiene alrededor de 1,5 toneladas de residuos para su separación y procesamiento dentro del circuito de compostaje obteniendo como resultados nutrientes que vuelven al medio ambiente en forma de abono. [5]

4. Compostaje comunitario en España

Este tipo de compostaje se viene realizando en ciudades de gran población como los son Madrid, Cataluña, Andalucía, Navarra, Galicia, Asturias y País Vasco; Recolectando continuamente alrededor de 305 toneladas anuales dentro de 45 lugares estratégicos dentro de España puesto que el 50% de la basura que se generan en los hogares es orgánica por lo cual en la mayoría de los hogares se les ha asignado cubos de basura para que separen sus residuos y los depositen en cubos comunes para su fácil recolección y procesamiento en las composteras comunales para ser convertidos en abono, lo cual logro que es buen uso de la campaña de compostaje diera apertura a la primer planta de compostaje en el año 2016 en Madrid – España. [6]

6 MARCO CONTEXTUAL

INTERASEO S.A.S. E.S.P. fue creada tomando como base la compañía TERMOTÉCNICA COINDUSTRIAL S.A. y sus socios, la cual, además de ser su principal accionista es una de las más antiguas y reconocidas empresas de ingeniería en Colombia. Con experiencia en la prestación de todo tipo de servicios, incluyendo dentro de estos la prestación de servicios públicos, tales como: diseño, construcción y manejo de rellenos sanitarios (Relleno Sanitario Curva de Rodas en Medellín y Relleno Sanitario de Santa Marta). [7]

Fue fundada a raíz de la emergencia sanitaria que vivía la ciudad de Santa Marta en años anteriores, cuya administración distrital tomó la decisión de entregar este servicio a una entidad privada mediante licitación pública. Luego de consolidar la prestación del servicio público domiciliario de aseo en la ciudad de Santa Marta, la empresa adoptó una política de expansión de sus servicios a diferentes ciudades del país y nivel internacional, suministrando en la actualidad el mismo servicio en: Barranquilla, Valledupar, Sincelejo, Pereira, Ibagué, Soledad, Sucre, Bogotá, Cali, Riohacha, Maicao, Malambo, Galapa y Ciénaga. Otros Países: Panamá, Perú y Ecuador. A la fecha, la organización ha logrado consolidar una amplia infraestructura a nivel nacional e internacional, generando con esto cerca de 1.400 empleos directos y más de 600 empleos indirectos. [7]

INTERASEO S.A.S E.S.P. inicia sus actividades en el antiguo Aeropuerto Internacional el Dorado el 1 de enero 2008 contando con más de 9 años de presencia y trayectoria en la terminal aérea más importante del país. [7]
En el Aeropuerto El Dorado, la empresa tiene consolidado una serie de contratos otorgados por el concesionario OPAIN S.A. donde este se desempeña en la administración de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), la estación de clasificación y aprovechamiento (ECA), mantenimiento de zonas verdes y arbolado de las áreas concesionadas a OPAIN S.A. y aseo y mantenimiento profundo al aeropuerto, el nuevo terminal de carga y puente aéreo.

Por último, la empresa espera ser en el 2021 una organización globalizada, excelente y experta, destacada para brindar soluciones innovadoras en residuos, agua y energía en Latinoamérica con tecnología y personas altamente calificadas. [7]

7 MARCO TEÓRICO

7.1 RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (RSO)

Los residuos sólidos orgánicos (RSO) hacen parte de los residuos sólidos domiciliarios, que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen son generados en actividades realizadas en viviendas o cualquier establecimiento asimilable a éstas. Los RSO se caracterizan por su alto contenido de humedad y provienen principalmente de los vegetales, frutas y alimentos procesados. Sin embargo, hay otro grupo de residuos sólidos orgánicos, como los residuos de jardín, estiércol, fangos de plantas de tratamiento de aguas, plazas de mercado y mataderos. [8]

7.2 APROVECHAMIENTO RSO

Mediante alternativas como el compostaje, la materia orgánica proveniente de los residuos sólidos se transforma en beneficio para recuperación y estabilización de cultivos. Para la obtención de un compost de calidad, debe ser imprescindible el control de parámetros biológicos y ambientales todo bajo un modelo eficiente de la operación de la planta.

7.3 PLAN DE MANEJO DE UNA COMPOSTERA

Al ejecutarse una planta de compostaje, se debe tener en cuenta ciertos componentes que desarrollan el proceso de aprovechamiento.

- Segregación: Separación de componentes biodegradables con el objeto de ser incluidos en el proceso de aprovechamiento. La calidad del compost depende de la cercanía al origen de la separación de los materiales, evitando la contaminación de estos en un traslado más prolongado.
- Recolección: Transporte de RSO previamente separados en vehículo especializado para el manejo y transporte hacia el lugar de tratamiento.
- Proceso productivo: Ejecución del tratamiento de los RSO. Este proceso depende de factores como el carbono, agua, nitrógeno y oxígeno, quienes regulan la actividad microbiana realizada en la degradación de la materia orgánica presente.
- Operaciones centrales: Durante el proceso de compostaje se ven resaltadas tres fases que direccionan la producción de compost bajo la regularización de ciertos factores. La degradación; se presenta una fase termofílica, donde se presentan temperaturas superiores a 50°C. esta fase arroja un compost inmaduro, el cual requiere de la pasteurización; esta se lleva a cabo durante la fase termofílica, en la cual la materia orgánica posee una temperatura cercana a 35°C con el fin de favorecer la germinación de esporas y semillas. Por consiguiente, a esto, se eleva la temperatura donde la materia se mantiene durante varios días hasta que se presente la muerte de los

microorganismos termofílicos, es decir, patógenos de plantas, humanos y animales. Por último, en la maduración se desarrollan microorganismos solamente presentes en el suelo, estabilizando la biomasa generada, cesando la demanda de oxígeno. [9]

- Lixiviados: Líquidos producto de la presión, sistemas de riego y descomposición. Estos lixiviados son altamente contaminantes para los cuales se debe tener un tratamiento que vele por la protección de aguas superficiales y subterráneas cercanas. Por lo cual se recomienda incorporar los lixiviados al proceso de compostaje hasta que estén lo suficientemente maduros como para servir como compost líquido o en otros casos simplemente los lixiviados se evaporan de manera natural dentro de las pilas. [10]
- Tratamientos para el olor generado: Para plantas manuales, no se necesita un tratamiento tecnológico del aire. Se presentan emisiones olfatorias fuertes durante las primeras dos fases de descomposición y cada vez que se remueve el material, pero se puede minimizar los impactos negativos con métodos sencillos y económicos. Se pueden cubrir las pilas con pasto o con una capa fina de (5-10 cm) de abono listo de la fracción gruesa. Los dos materiales sirven como filtro biológico y pueden añadirse al material a compostar cuándo se termine su vida útil. [11]
- Producto final: Ya generado el producto de interés, con anterioridad se debió haber identificado los consumidores con el propósito de ser reintroducido de nuevo en el ciclo de vida del producto inicial.

8 MARCO CONCEPTUAL

- Compostaje: Proceso biológico aeróbico o anaeróbico mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener abono excelente para la agricultura. [12]
- Aerobio: Organismos que pueden desarrollarse en presencia de oxígeno [13]
- Anaerobio: Organismo que puede subsistir pese a la falta de oxígeno. [13]
- Residuo orgánico: Son residuos biodegradables de origen vegetal o animal, susceptibles de degradarse biológicamente generados en el ámbito domiciliario y comercial.
- Desarrollo sostenible: Patrón de uso de recurso que tiene como objetivo satisfacer las necesidades humanas, preservando el medio ambiente. [14]
- Impacto ambiental: Efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos.
- Aprovechamiento sostenible: Aprovechamiento de los componentes de la diversidad biológica de forma que no ocasione una disminución a largo plazo de la diversidad biológica de ninguno de sus componentes, manteniendo su

potencial para satisfacer las necesidades y pretensiones de las generaciones presentes y futuras. [15]

- **Abono:** cualquier sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del sustrato a nivel nutricional para las plantas arraigadas en éste. [12]
- **Descomposición:** Proceso químico y biológico natural sumamente necesario para el funcionamiento y desarrollo de la vida de cualquier bioma.
- **Salud pública:** Responsabilidad estatal y ciudadana de protección de la salud como un derecho esencial, individual, colectivo y comunitario logrado en función de las condiciones de bienestar y calidad de vida. [16]
- **Biodegradable:** Sustancia que puede descomponerse a través de proceso biológicos realizados por acción de la digestión efectuada por microorganismos aerobios y anaerobios. [17]
- **Degradación de suelos:** Reducción o pérdida de la productividad biológica o económica de tierras agrícolas ocasionada en zonas áridas, semiáridas y semihúmedas. [17]
- **Disposición Final:** Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos. [18]
- **Manejo integral de residuos:** Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social. [18]

9 MARCO LEGAL

Para la formulación del presente proyecto de investigación, se debe tener en cuenta un marco normativo referente a la gestión de los residuos sólidos. En base al Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) se encuentran explícitas normas y guías técnicas por las cuales se dictan ciertas disposiciones para el desarrollo de sistemas de aseo urbano y rural.

Tabla 1. Guías técnicas colombianas [19]

GTC	DISPOSICIÓN
GTC 24	Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente.
GTC 35	Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos.
GTC 53-7	Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos.

Fuente: Autor

Tabla 2. Marco normativo [19]

NORMA	DESCRIPCIÓN
Ley 99 de 1993	Art.1-4. Fundamentos de la política ambiental, crea Ministerio ambiente, y SINA Art.5 Funciones del Ministerio (numeral 2,10,11,14,25,32 respecto a residuos sólidos) Art.31 funciones de las corporaciones (numeral 10,12 respecto a residuos sólidos)
Decreto 2811 de 1974	Código de Recursos Naturales. Art. 34 al 38 se regula lo relacionado con el manejo de residuos sólidos su procesamiento, la obligación de los municipios a organizar la recolección, transporte y disposición final de basuras y establece la posibilidad de exigir el manejo de estos residuos a quien los produce
Decreto 1505 de 2003	Modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002: en relación con PGIRS y distingue el “Aprovechamiento en el marco de la gestión integral de residuos sólidos” del “Aprovechamiento en el marco del servicio público domiciliario de aseo”.
Resolución 1045 de 2003	Establece la guía para la elaboración de los planes de gestión integral de residuos sólidos PGIRS.
Ley 9 de 1979	Código Sanitario Nacional. Establece criterios a ser considerados en el almacenamiento de los residuos. Art. 22, al 35 define disposición final de los residuos, mediante el almacenamiento (recipiente, condiciones) y la recolección; además que las empresas de aseo deberán ejecutar la recolección de las basuras con una frecuencia tal que impida la acumulación o descomposición en el lugar.

Política nacional de producción más limpia – Ministerio del Medio Ambiente (1997)	Busca prevenir y minimizar los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, a partir de introducir la dimensión ambiental en los sectores productivos. Tiene como objetivos específicos: a) Optimizar el consumo de recursos naturales y materias primas; b) Aumentar la eficiencia energética y utilizar energéticos más limpios; c) Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes; d) Prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas; e) Adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental; f) Minimizar y aprovechar los residuos.
Decreto 2981 de 2013	Recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables y no aprovechables, hasta el sitio de disposición final o hasta las estaciones de clasificación. Corte de Césped, Poda de árboles, limpieza de playas.
Política Nacional de Educación Ambiental – Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Educación (2002)	Tiene como objetivo promover la concertación, la planeación, la ejecución y la evaluación conjunta de planes, programas, proyectos y estrategias de educación ambiental formales, no formales e informales. Además, proporcionar un marco conceptual y metodológico básico que oriente las acciones que en materia educativo-ambiental fortalezcan los procesos participativos, la instalación de capacidades técnicas y la proyección de la educación ambiental hacia una cultura ética y responsable en el manejo sostenible del ambiente.

Fuente: Autor

10 DESARROLLO DE LA PASANTIA

La metodología optada para la formulación del presente proyecto investigativo se desarrolló a partir de diferentes fases, las cuales estructuran de manera más precisa y sintética el trabajo.

10.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Como base del proyecto, se realizó una revisión extensa de documentos científicos, a partir de las bases de datos suministradas por la universidad, guías y normativas vigentes sobre el tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos que tuvieran similitudes con la investigación a realizar. Al ser un proyecto con futura implementación en el Aeropuerto El Dorado, se consultó en primera medida el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de OPAIN S.A., concesionario encargado de la administración, modificación y mantenimiento del Aeropuerto El Dorado. Por consiguiente, a partir de este, se estructuró en gran medida, bajo que lineamientos en cuanto a gestión de los residuos orgánicos e inorgánicos trabaja el Aeropuerto.

De acuerdo con el interés de la empresa INTERASEO S.A.S. E.S.P. por la formulación y posible implementación de una planta de compostaje, se realizó una revisión bibliográfica más especializada en cuanto a tipos de compostaje, aprovechamiento, manejo y tratamiento de residuos orgánicos y de poda.

10.2 TIPO DE ESTUDIO

Con base en la información recopilada de la revisión bibliográfica, se realizó un dimensionamiento en cuanto a la cantidad mensual de residuos sólidos de entrada, siendo en específico los residuos orgánicos y de poda generados por el Aeropuerto El Dorado.

Es considerable tener en cuenta que el desarrollo del proyecto estará bajo consulta y guía de conocedores del proceso. Es así como el estudio en proceso estuvo constituido por medio de tres fases funcionales:

FASE I: Descripción del estado de aprovechamiento de los RSO dado actualmente en el aeropuerto El Dorado.

FASE II: Estudio técnico del proyecto y selección de la mejor tecnología a usar. (Tamaño, capacidad de tratamiento, mecanismo de proceso, diseño, producto final, entre otros)

FASE III: Evaluación de beneficios económicos y ambientales.

10.2.1 FASE I - CARACTERIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL AEROPUERTO EL DORADO ACTUALMENTE.

Para la articulación de la primera fase de análisis se requirió identificar los residuos sólidos orgánicos con el fin de establecer el manejo que se le dará posteriormente.

De este modo, depende que el producto obtenido, sea lo suficientemente biodegradable para proporcionar nutrientes que contribuyan a la estabilización y restauración de suelos.

En esta fase se presentó en síntesis la caracterización generada por la empresa INTERASEO S.A.S. E.S.P., operadora de la Estación de Clasificación y Aprovechamiento (ECA), donde los residuos sólidos orgánicos son clasificados, almacenados y transportados al lugar de su aprovechamiento y/o disposición.

Por otro lado, se desarrollaron los cálculos de generación mensual de RSO por parte del aeropuerto y los dispuestos para compostaje por parte de terceros.

10.2.2 FASE II - ESTUDIO TÉCNICO

Con el fin de plantear que técnica para la producción del compost es la más viable y eficiente de acuerdo con el volumen diario generado y el lugar donde se piensa establecer la planta de compostaje.

Se resolvieron cuestiones que definen el desarrollo de producción, como lo son el lugar de construcción, a qué volumen de producto generado se desea llegar, como se piensa producir y que operatividad tendrá este. Componentes de la ingeniería a desarrollar, están enlazados al análisis financiero que se desarrollará, promoviendo la información suficiente sobre la inversión para el diseño, costos de la operación del proceso productivo, la mano de obra y materiales necesarios.

Para la ejecución del estudio técnico, se tienen en cuenta 4 elementos descritos a continuación:

- **Proyecciones para el diseño de la planta de compostaje del aeropuerto el dorado (tamaño):** Debido a los grandes volúmenes generados al mes, se estimó la capacidad que esta tendrá para las unidades de producción por año, con una utilidad proyectada a 15 años. Se determinó el tamaño que debe comprender.
- **Evaluación de la tecnología a desarrollar:** Se evaluó el tipo de tecnología más conveniente a usar, mediante el estudio técnico, se tienen en cuenta variables anteriormente descritas como el tamaño, capacidad de proceso, volumen de entrada, a partir de los cuales se proyectan y estiman los costos asociados a este, dando como resultado la tecnología que mayor acogida tiene para la empresa, debido a su rentabilidad, utilidad y presupuesto.
- **Diagrama de proceso planta de compostaje El Dorado:** Ya planteado el tipo de compostaje que se usará; se planteó y describió detalladamente la estructura secuencial que tiene el proceso para la producción del compost. Además, por medio de planos, se hizo la zonificación del área de influencia para el desarrollo del proyecto, con el fin de detallar específicamente cada componente del proceso.
- **Marco geográfico:** A partir del análisis y estudio del lugar de elaboración del proyecto, se tuvo en cuenta la rentabilidad debido a la

participación de cuatro factores importantes, como lo son la facilidad del transporte de la materia prima y mano de obra y la cercanía al mercado consumidor.

En esta fase se tuvieron en cuenta dos documentos base, los cuales fueron el Reglamento técnico de Agua Potable y Saneamiento básico (RAS) 2000 Título F, el cual es una guía de referencia donde se postulan recomendaciones técnicas mínimas para la formulación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, de forma que se logre con esta infraestructura prestar un servicio con calidad [19]; el segundo documento es el Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá, el cual sirve como instrumento de acción tomando como base el PGIRS formulado por la empresa concesionaria OPAIN S.A.

Dicho lo anterior, se inició con el cálculo de la proyección de generación de residuos orgánicos, cabe resaltar que se tiene un histórico del peso mes a mes generado por el Aeropuerto. Es así como a partir de ello se halló el volumen respectivo al espacio que ocuparon los RSO en la planta de compostaje. Ya determinada el área de interés, se realizó el cálculo de número de pilas necesarias para la producción de compost en función de la cantidad mensual generada. Se debe tener en cuenta que, al ser un generador diario, el alcance y capacidad de la planta debe ser suficiente en proporción del tiempo que requiere dicha metodología en producir el compost.

10.2.3 FASE III – EVALUACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES

Escogido el tipo de compostaje a efectuar, se hace el uso de herramientas que permitan identificar, prevenir y/o mitigar impactos que el proceso productivo generará al ser ejecutada. A demás de esto, la determinación de la viabilidad de implementar dicha planta teniendo en cuenta la inversión inicial y su posible rentabilidad en el sector.

- **Evaluación de beneficios económicos:** Mediante este estudio, se evaluó cada etapa desarrollada desde el inicio, con el fin de determinar la rentabilidad del proyecto y viabilidad de ser generado.
- **Evaluación de Impactos ambientales:** Se desarrolló una matriz de aspectos e impactos ambientales cuantitativa con el objeto de identificar que actividades del proyecto formulado causan algún tipo de impacto en el ambiente circundante, de acuerdo con su importancia y magnitud. La metodología de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) Conesa, se basa en matrices de causa-efecto, por medio de este se involucran los métodos de matriz de Leopold y el método Instituto Batelle-Columbus. A través del desarrollo e implementación de esta metodología se quiere llegar a identificar

la variedad de impactos significativos que se pueden presentar antes de la ejecución de la Planta de Compostaje en El Dorado.

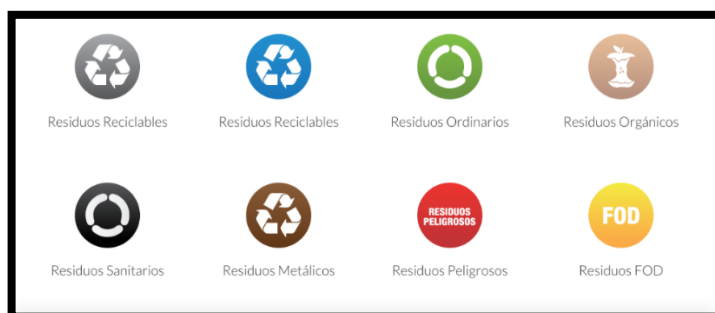
11 RESULTADOS

11.1 FASE I. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL AEROPUERTO EL DORADO.

La empresa INTERASEO S.A.S. E.S.P. en su calidad de administrador de los residuos sólidos en áreas de concesión en el aeropuerto El Dorado. Ha optado en tomar el servicio que ofrecen la planta de compostaje Bio Carbono y la planta de compostaje Gestar para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos y de césped generados en las actividades diarias del aeropuerto. La recolección de los residuos orgánicos consta de una frecuencia diaria, lo cual explica la cantidad de residuos que son generados. Bio Carbono y Gestar usan el compostaje como una de las mejores alternativas para la gestión de residuos de tipo orgánico aprovechándolos de una forma social y económica posible.

Para asegurar el cumplimiento del objetivo y realizar una correcta separación en la fuente, El Dorado utiliza el siguiente código de clasificación de residuos, que se encuentra alineado con la Guía Técnica Colombiana GTC 24 [20]:

Ilustración 1. Código de colores Aeropuerto El Dorado [20]



En primera medida, cada tenedor de espacio, en su mayoría restaurantes encontrados en el Aeropuerto El Dorado cuentan con canecas de capacidad de 5 galones; estas son de color beige de acuerdo con el código de colores optado por el Aeropuerto. Dichas canecas son proporcionadas por la Estación de Clasificación y Aprovechamiento (ECA) para el llenado correspondiente de RSO. Al día aproximadamente se están recibiendo entre 350 a 420 canecas llenas de residuos orgánicos en todo el Aeropuerto El Dorado, esto incluyendo el Terminal de Carga y el Terminal Puente Aéreo. La ECA para mantener un control de recolección cuantifica lo que se le es entregado, por medio de manifiestos de recolección donde se es especificado el tipo de residuo, el tenedor que lo entrega, la cantidad de canecas entregadas y el peso absoluto de estos. Ya realizado dicho control, son transportados ya sea por medio vehicular o por medio de carro tipo zorra a los

Centros de Almacenamiento Temporal, donde la empresa GESTAR recoge, pesa y transporta los residuos orgánicos a su planta de Compostaje ubicada en Sibaté, Cundinamarca. Toda esta gestión realizada por la ECA cuenta con 2 años de operación en lo cual se caracteriza por realizar la recolección, almacenamiento y entrega de los residuos orgánicos dentro del Aeropuerto El Dorado.

Por otro lado, la generación de residuos de corte de césped y poda de arbolado es diaria durante los días hábiles de cada semana. Actualmente el corte de césped se ha ido realizando a 1.439.836,6 m². Mensualmente se están realizando 7 viajes a la compostera BioCarbono, con un promedio estimado al mes de 3.561,6 Kg. Los residuos de corte de césped y poda son almacenados temporalmente en un camión compactador hasta alcanzar su capacidad máxima y ser transportada al lugar de su aprovechamiento. Bio Carbono, realiza un proceso biotecnológico oxidativo dirigido, el cual consta de la descomposición, mineralización y pre-humificación de la materia orgánica. Dicha compostera, cuenta con procesos de calidad que cumplen estrictamente los requerimientos internacionales de la EPA 503 y requerimientos estipulados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). [21]

A continuación, se presenta el diagrama general del proceso de compostaje efectuados por las dos composteras donde son dispuestos los residuos orgánicos del Aeropuerto El Dorado:

Figura 1. Diagrama general de proceso de compostaje realizado por la planta de Compostaje GESTAR. [22]

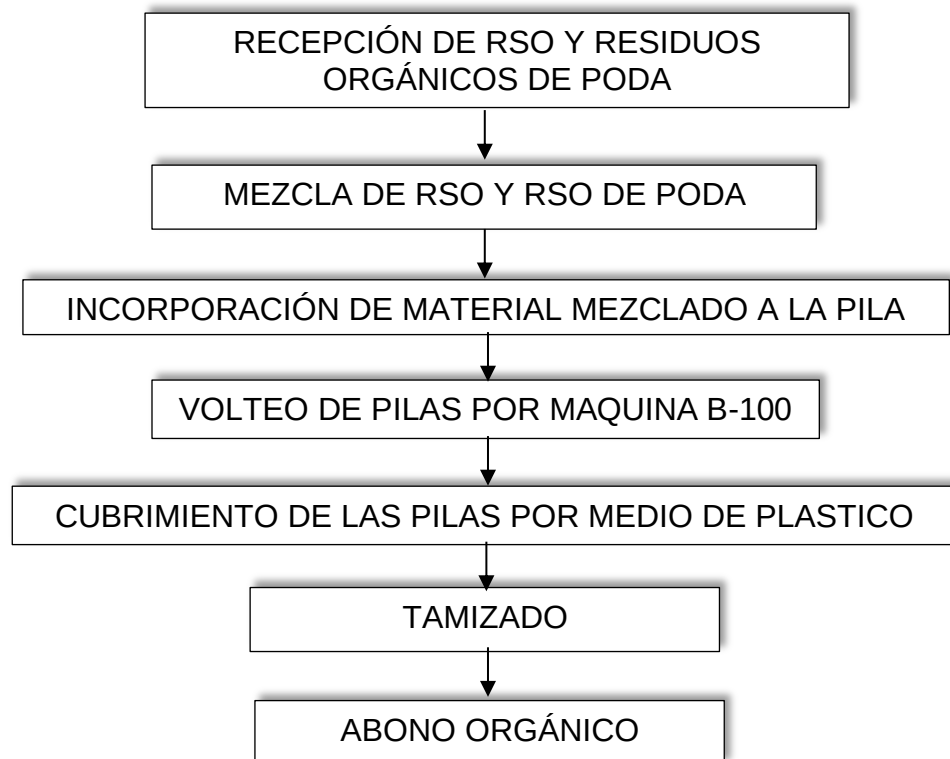
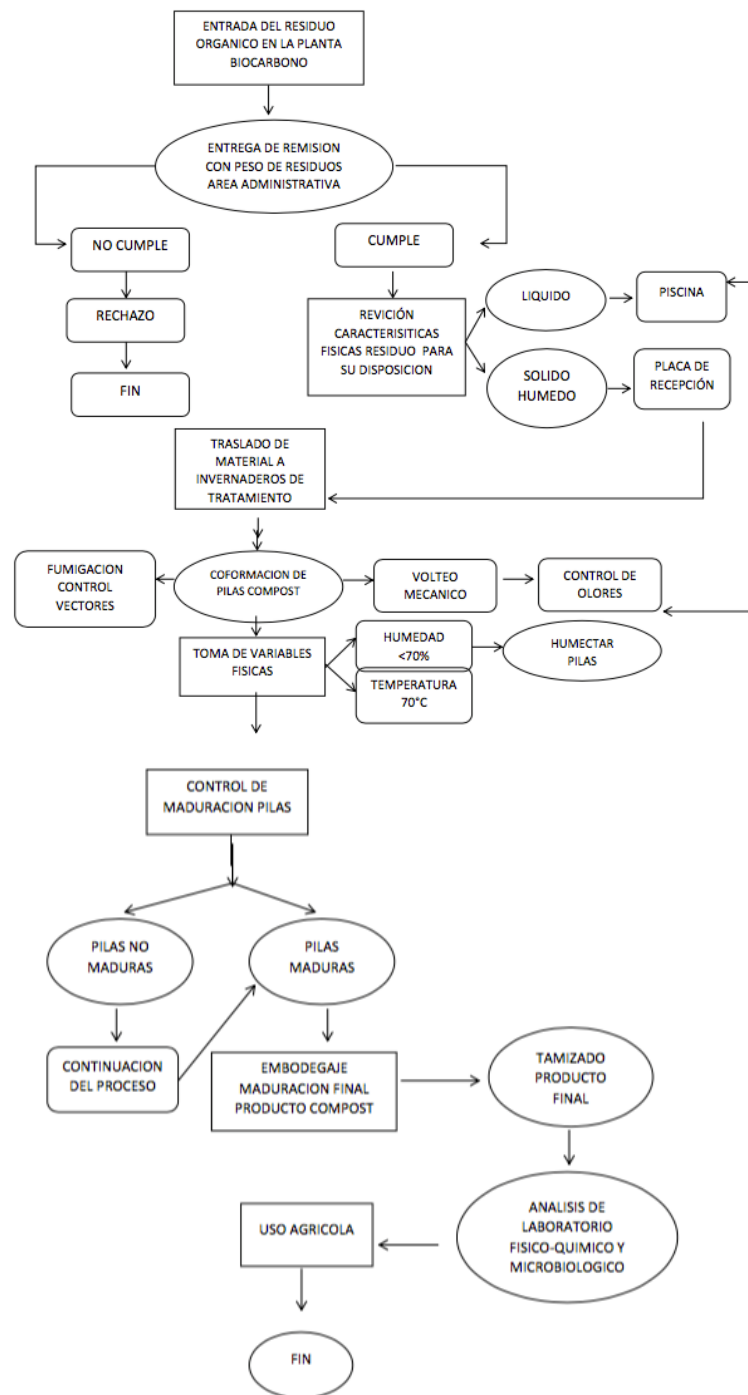


Figura 2. Diagrama general de proceso de compostaje realizado por la planta de compostaje BioCarbono. [21]



Bio Carbono S.A.S. E.S.P. se basa por la metodología de pilas estáticas de volteo, llamado Windrows. Inicialmente se designa un espacio para la recepción y mezcla de residuos.

Ilustración 2. Recepción y mezcla de RSO en planta de Bio Carbono [21]



Después de efectuarse la mezcla de los residuos, se conforman pilas de mayor volumen, con medidas que oscilan en su ancho de 3 a 5 m y con alturas de 1 a 3 metros. Bio Carbono maneja longitudes extensas en sus pilas, ya que recibe grandes toneladas de RSO a los cuales les debe dar suficiente abasto al interior de la planta.

Ilustración 3. Pilas estáticas [21]



El volteo de cada pila se realiza mecánicamente, en el cual su función principal es ventilar las pilas de RSO para obtener una buena fermentación aerobia. Este volteo se realiza mediante una volteadora que cuenta con un rodillo. Las pilas son levantadas y se disgrega el material, permitiendo que las áreas compactadas se conviertan en material fino.

Ilustración 4. Volteo mecanizado de las pilas [21]



Ya realizado el proceso de compostaje, el compost maduro se tamiza, con el fin de eliminar impurezas y posteriormente poder ser almacenado, etiquetado y vendido a consumidores de interés.

Ilustración 5. Tamizaje del compost maduro [21]



11.2 FASE II. ESTUDIO TÉCNICO

11.2.1.1 PROYECCIONES FUENTES GENERADORAS

Con el fin de determinar el rendimiento operacional y capacidad máxima que puede acoger la planta de compostaje con una vida útil de 15 años, se realizó una proyección anual de la cantidad de residuos generados por el Aeropuerto el Dorado, tomando en cuenta su variabilidad de pasajeros. Cabe resaltar que, para la formulación del presente proyecto, solo se tuvieron en cuenta los pasajeros que toman vuelos de salida, ya que estos permanecen un tiempo considerable dentro del aeropuerto antes de abordar su vuelo, es decir, se produce una mayor cantidad de residuos debido a su permanencia en áreas comerciales. En cambio, los pasajeros de entrada solo recogen su equipaje e inmediatamente desalojan el recinto. No se tuvieron en cuenta promedios de entrega de RSO ya definidos por cada tenedor de espacio, ya que dicha base de datos es manejada confidencialmente por la empresa.

A continuación, se presenta un histórico de pasajeros salientes por año otorgado por las estadísticas que lleva diariamente el Aeropuerto el Dorado:

Tabla 3. Histórico de salidas de pasajeros Internacional y Nacional en el Aeropuerto El Dorado. [23]

NÚMERO DE PASAJEROS SALIDAS			
AÑO	INTERNACIONAL	NACIONAL	TOTAL
2012	3.434.406	7.835.769	11.270.175
2013	3.962.778	8.620.937	12.583.715
2014	4.273.683	9.509.845	13.783.528

2015	4.703.632	10.488.688	15.192.320
2016	5.011.908	10.714.457	15.726.365
2017	5.353.958	10.355.610	15.709.568
2018	5.751.211	10.871.400	16.622.611

Las metodologías para el cálculo de proyecciones establecidas por el RAS Titulo B.2 en la tabla B.2.1 descritas son:

Figura 3. Metodologías para el cálculo de proyecciones [19]

Método emplear	por	Nivel de complejidad del sistema			
		Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético		x	x		
Geométrico		x	x	x	x
Wappaus		x	x	x	x
Gráfico		x (1)	x	x	
Exponencial		x(1)	x(1)	x(2)	
Detallar zonas	por			x	x
Detallar densidades				x	x

(1) Sujeto a justificación.

(2) Optativo, recomendable.

En este caso, se utilizó el método geométrico, debido a que el RAS sugiere el uso de este para niveles de complejidad bajo, medio y alto. Esto quiere decir, que el uso de este método es útil para actividades económicamente importantes, las cuales poseen un desarrollo áreas apreciables para ser dotadas en cuanto a infraestructuras encaminadas al servicio público. La ecuación que se emplea es la siguiente:

Ecuación 1. Tasa de crecimiento poblacional, M. Geométrico [19]

$$\left(\frac{Puc}{Pci}\right)^{1/n} - 1 = i$$

Puc: Población del último censo

Pci: Población del censo inicial

i: Tasa de crecimiento poblacional

Es decir,

$$i = \left(\frac{16.622.611}{11.270.175}\right)^{\frac{1}{(2018-2012)}} - 1$$

$$i = 0,066910$$

Ecuación 2. Proyección por medio del método geométrico [19]

$$Pf = Puc * (1 + i)^{(Tf - Tuc)}$$

Pf: Población que se requiere hallar
Tf: Año al cual se requiere proyectar la población
Tuc: Año del último censo

Es decir, $Pf = 16.622.611 * (1 + 0,066910)^{(2019-2018)}$

$$Pf = 17.786.194$$

Dado los anterior, la tasa de crecimiento es de 0,066910, es decir, el 7% anual. Dado este porcentaje, la proyección de salidas de pasajeros en el Dorado en los siguientes 15 años corresponden a:

Tabla 4. Proyección de pasajeros en vuelos de salidas en el Aeropuerto El Dorado

PROYECCIÓN DE PASAJEROS DEL 2019 AL 2033	
AÑOS	TOTAL
2019	17.786.194
2020	19.031.227
2021	20.363.413
2022	21.788.852
2023	23.314.072
2024	24.946.057
2025	26.692.281
2026	28.560.740
2027	30.559.992
2028	32.699.192
2029	34.988.135
2030	37.437.305
2031	40.057.916
2032	42.861.970
2033	45.862.308

Fuente: Autor

11.2.1.2 PROYECCIONES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Teniendo en cuenta que la vida útil estimada para la ejecución de este proyecto es de 15 años, se tomó la proyección de la población para este periodo y una producción per cápita de 0,0939 kg/per/año. Este dato fue multiplicado por la población proyectada anualmente hasta llegar al año 2033, año propuesto de diseño.

Tabla 5. Proyección de Residuos Aeropuerto El Dorado

PROYECCIÓN KG RESIDUOS ORGANICOS		
AÑO	POBLACIÓN	RESIDUOS KG
2019	17.786.194	1.671.214
2020	19.031.227	1.788.198
2021	20.363.413	1.913.372
2022	21.788.852	2.047.308
2023	23.314.072	2.190.620
2024	24.946.057	2.343.963
2025	26.692.281	2.508.041
2026	28.560.740	2.683.604
2027	30.559.992	2.871.456
2028	32.699.192	3.072.458
2029	34.988.135	3.287.530
2030	37.437.305	3.517.657
2031	40.057.916	3.763.893
2032	42.861.970	4.027.366
2033	45.862.308	4.309.281

Fuente: Autor

11.2.2 TAMAÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

Tomando en cuenta los datos suministrados en la tabla 5, se partió a hallar el volumen que ocuparan los residuos sólidos orgánicos, dependiendo a este cálculo se conoció el alcance máximo que tendrá diariamente los RSO generados.

De acuerdo con la bibliografía investigada, la densidad correspondiente a los residuos sólidos orgánicos es de 291 Kg/m³. [24]

Además, se cuenta con un valor de masa de 4.578,7 Kg/día. Cabe resaltar que actualmente la recolección de estos RSO por la empresa se realiza diariamente, de tal modo se toma un periodo de masa diario.

- Masa: $4.578,1 \frac{Kg}{dia}$
- Densidad: $291 \frac{Kg}{m^3}$

Ecuación 3. Volumen ocupado por RSO [5]

$$Volumen = \frac{masa}{densidad}$$

$$Volumen = 15,7 \frac{m^3}{dia}$$

De acuerdo con lo anterior, se proyectaron los volúmenes de residuos sólidos orgánicos en la siguiente tabla.

Tabla 6. Proyección de volumen RSO aeropuerto El Dorado.

AÑO	VOLUMEN RSO (m3/1 día)	TON/día
2019	15,7	4,6
2020	16,8	4,9
2021	18,0	5,2
2022	19,3	5,6
2023	20,6	6,0
2024	22,1	6,4
2025	23,6	6,9
2026	25,3	7,4
2027	27,0	7,9
2028	28,9	8,4
2029	31,0	9,0
2030	33,1	9,6
2031	35,4	10,3
2032	37,9	11,0
2033	40,6	11,8

Fuente: Autor

11.2.3 EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA A DESARROLLAR

Para determinar qué tecnología será la más apropiada para desarrollar la planta de compostaje en el Aeropuerto, se evaluará cada método en relación con su capacidad, costos, tiempo y calidad de producción. A continuación, se resaltan las diferencias y en qué criterios se rigen cada una de estas metodologías:

Tabla 7. Evaluación de metodología a desarrollar [9]

Tipo de Compost	¿Qué es?	Características y proceso	Ventajas	Desventajas	Variables que controlar
Compost por Lombricultivo	Se destaca por su crianza de lombrices domésticas debidamente seleccionadas en la tierra que aporta "Humus de lombriz. Abono	Este proceso se realiza en las temperaturas adecuadas entre 15° y 25°C en una superficie plana con un buen abastecimiento de agua que la humedezca en un	No se generan olores ofensivos. Produce abono orgánico nutritivo.	No se pueden utilizar RSO con contenido de sal y/o aceite Las lombrices cuentan con un límite para consumir la	Temperatura Humedad pH

	netamente orgánico y aprovechable en el proceso de compostaje.	80% y la debida alimentación de las lombrices con desechos biodegradables		materia orgánica	
Compost Pilas Estáticas	Se conoce como el proceso de pilas compuestas por montañas largas que trabajan con la succión de aire, su composición con gran humedad para mejorar la distribución del aire dentro de la pila.	Dentro de su proceso se puede observar la importancia del uso del aire al ser realizado el volteo, con altas temperaturas que idealmente deben de ser controladas dentro de la pila de compostaje	No requiere conocimientos técnicos para la realización. Reducción de sólidos volátiles. Soporta grandes cantidades de residuos.	Los malos olores producidos en determinadas ocasiones. Volteo regular manual o mecánico. Tiempo de operación lento. Gran requerimiento de espacio.	Temperatura Humedad Oxígeno
Compost Pilas Ventiladas	Esta tecnología sobresale gracias a su economía y ser de los más usados en el compost con una estructura favorecida por su flujo de aire que brinda grandes resultados	Es de destacar que con el aire y buena ventilación natural en este proceso logra formar el tamaño óptimo de la pila para su satisfactorio funcionamiento. Este mecanismo de pilas ventiladas tiene en promedio una duración entre 4 a 8 semanas	Neutraliza elementos tóxicos. Reducción de sólidos volátiles Soporta grandes cantidades de residuos.	Gran requerimiento de espacio Requiere conocimientos técnicos para la realización Funcionamiento más lento en condiciones climáticas lluviosas.	Presión de aire Temperatura Humedad
Compost Anaerobio	Es conocido por su descomposición de residuos orgánicos en ausencia de oxígeno.	Por medio de este proceso se realiza la técnica conocida como bocashi la cual en su proceso va retirando todos los malos olores y preserva los minerales y vitaminas de los residuos.	Los microorganismos son capaces de descomponer cualquier tipo de pesticidas y/o toxinas	La inversión económica para realizar es elevada, debido a sus instalaciones. Aguas residuales necesitan someterlas a un tratamiento posterior.	Aireación Humedad Temperatura

Fuente: Autor

De acuerdo con la tabla anterior y teniendo en prelación los volúmenes de RSO proyectados para 15 años, periodo promedio licitado dentro del área concesionada del aeropuerto, se decidió que la metodología a utilizar en la presente formulación del proyecto, serán las pilas estáticas ventiladas, ya que esta técnica es la más eficaz en cuanto a tiempo de generación del compost, lo cual permite que la capacidad de tratamiento sea continua.

Las pilas estáticas ventiladas ofrecen una estructura muy versátil, ya que se pueden adecuar a las instalaciones teniendo en cuenta factores como el clima, la disponibilidad de materia prima e insumos, entre otros. Debido a que son pilas de las cuales solo estarán en una infraestructura que cuente de un techo, los RSO tendrán un mayor control en su proceso y variables fisicoquímicas, minimizando la variación de características en cada producto final obtenido. Si se mantiene un proceso óptimo de producción, por medio de esta tecnología es muy factible la cero generación de lixiviado, lo cual aporta en significancia un bienestar sostenible al entorno del área de producción y al mismo producto.

Al inicio de la implementación los costos suelen ser elevados, debido a los equipos de inyección de aire necesarios, furgones de transporte y cribado, pero progresivamente disminuirán teniendo en cuenta sólo costos fijos de insumos y mano de obra.

En comparación a las demás metodologías expuestas previamente, las pilas estáticas requieren de un proceso mucho más duradero y tienden a generar olores ofensivos continuamente, lo cual incurre en gastos significativos anualmente para su mitigación. El compost generado por Lombricultivo, es tedioso, ya que requiere de una continua observación de los seres vivos que influyen en esta, el consumo de RSO limitado y la producción de compost es duradera.

Por otro lado, si se pensará en implementar la producción de compost por medios anaerobios, se necesita imprescindiblemente de un buen capital para la compra de reactores y la capacidad sistemática de la planta para el control de variables.

11.2.4 CÁLCULO ÁREA Y VOLUMEN OCUPADO POR EL COMPOST

Para determinar el área y volumen que ocupará el compost, es de vital importancia definir qué cantidad será generada y que volumen ocupara tal biomasa. Es por esto, que tomando como base guía del presente documento el Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y saneamiento básico – RAS, este postula que el diseño del cuarto de almacenamiento presente en la planta debe poseer una capacidad de mantener el producto generado en 1 mes, por tal motivo se proyectará a este periodo de almacenamiento.

De acuerdo con la bibliografía consultada, solo el 60% de los residuos sólidos orgánicos aprovechados para compostaje son transformados en compost. El 40% faltante, se pierde a razón de degradarse y convertirse en lixiviado. [11]

A razón de lo anterior, se realizan los siguientes cálculos:

Ecuación 4. Cálculo de la cantidad de compost generada [9]

$$\text{Cantidad de compost Kg} = \text{Cantidad RSO} * 40\%$$

Por consiguiente, se continúa con el cálculo del volumen, por esta razón de acuerdo con la bibliografía consultada, se recomienda que la densidad del compost maduro corresponde a un valor de 0,65 Kg/l, es decir, 65.000 Kg/m³ [25]

Ecuación 5. Volumen que ocupará el compost [9]

$$\text{Volumen ocupado por compost} = \frac{\text{Kg de compost generado}}{\text{Densidad de compost maduro}}$$

De acuerdo con las ecuaciones anteriormente mencionadas, a continuación, se presentan las proyecciones de compost generado y el volumen que ocupará este para una vida útil de 15 años, en función de su almacenamiento de 1 mes.

Tabla 8. Proyección de compost generado y volumen ocupado

AÑO	COMPOST PRODUCIDO A 1 MES KG	VOLUMEN OCUPADO M3
2019	55707,1	85,7
2020	59606,6	91,7
2021	63779,1	98,1
2022	68243,6	105,0
2023	73020,7	112,3
2024	78132,1	120,2
2025	83601,4	128,6
2026	89453,5	137,6
2027	95715,2	147,3
2028	102415,3	157,6
2029	109584,3	168,6
2030	117255,2	180,4
2031	125463,1	193,0
2032	134245,5	206,5
2033	143642,7	221,0

Fuente: Autor

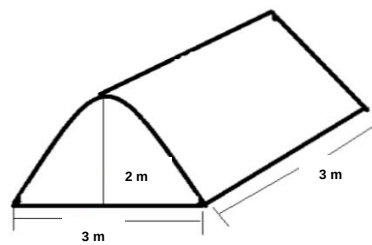
De la tabla 8, se concluye que el cuarto de almacenamiento necesario para almacenar el compost generado temporalmente deberá tener una capacidad máxima de 221 m³, esto quiere decir que el cuarto de almacenamiento tendrá una capacidad máxima de 3.507 bultos, los cuales poseen un peso de 50 Kg.

11.2.5 TAMAÑO DE LAS PILAS

En función de la tecnología de aprovechamiento a usar, se calcularon las medidas de cada pila, de acuerdo con esto, se consultó la bibliografía, donde se adoptaron varias condiciones de operación para dicho proyecto investigativo.

Debido a que la formulación de dicho proyecto se realizará en las inmediaciones del aeropuerto El Dorado, se debe comprender que el proceso de compostaje será dinámico en función del incremento de pasajeros, de acuerdo con esto, el crecimiento de generación de RSO será directamente proporcional a la magnitud de cada pila, sin perder su altura y anchura dentro de los rangos óptimos recomendados. Es así como se proyecta que las pilas cuenten con el siguiente dimensionamiento, todo esto bajo las recomendaciones bibliográficas consultadas. Teniendo en cuenta lo anterior, las dimensiones iniciales para la planta de compostaje serán:

Figura 4. Dimensionamiento Pila de RSO



Fuente: Autor

De este modo, a través del dimensionamiento propuesto para cada pila presente en la planta de compostaje del aeropuerto, se debe calcular el volumen con el fin de conocer el volumen estimado en cada pila para satisfacer las necesidades de dicho lugar.

Ecuación 6. Volumen por pila [27]

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \pi * \text{altura} * \text{ancho} * \text{largo})/2 \\ \text{Volumen} &= \pi * 2 \text{ m} * 3 \text{ m} * 3)/2 \\ \text{Volumen} &= 28,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debido a esto, se postula la siguiente tabla, la cual expresa el volumen de RSO que puede comprender cierto número de pilas.

Tabla 9. Volumen RSO en pilas

No. PILAS	VOLUMEN ACUMULADO (M3)
1	28,3
2	56,5
3	84,8
10	282,7
15	424,1
20	565,5
35	989,6

40	1130,9
----	--------

Fuente: Autor

Ya calculado el volumen para cierta cantidad de pilas, es preciso definir la capacidad mínima y máxima que tendrá la planta de compostaje para el funcionamiento óptimo desde el presente año hasta la vida útil estimada.

Tabla 10. Volumen RSO para el año 2019

RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS AÑO 2019				
Densidad RSO 291 Kg/m ³	DIARIO	SEMANA	QUINCENA	MES
PESO (Kg)	4.578,67	32.050,67	68.680,01	137.360,02
VOLUMEN (m ³)	15,73	110,14	236,01	472,03

Fuente: Autor

Tabla 11. Volumen RSO para el año 2033

RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS AÑO 2033				
Densidad RSO 291 Kg/m ³	DIARIO	SEMANA	QUINCENA	MES
PESO (Kg)	11806,2	82643,7	177093,7	354187,5
VOLUMEN (m ³)	40,6	284,0	608,6	1217,1

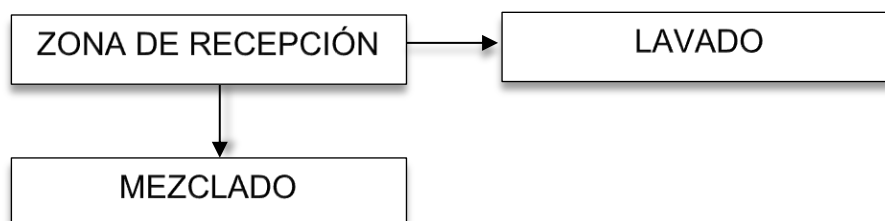
Fuente: Autor

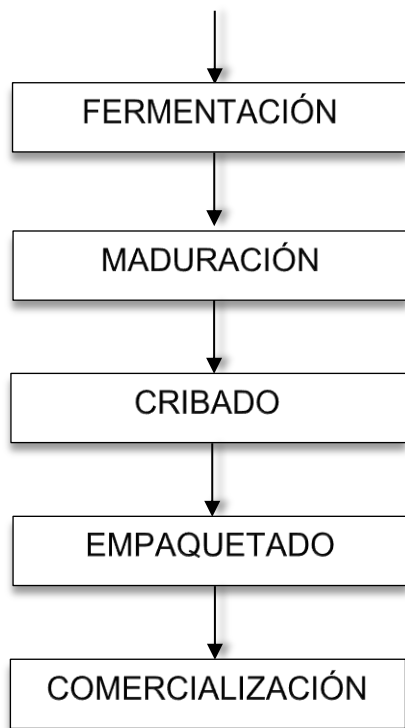
Se debe tener en cuenta que la capacidad máxima del área donde se realizó el proceso de compostaje no debe superar las 4 semanas, por consiguiente, se deben tener en cuenta las 3 semanas posteriores a esta, donde se asumirá el volumen del compost ya en estado de maduración. Lo anterior hace referencia a un proceso de biodegradación comprendido en 1 mes. De acuerdo con esto, el volumen que ocupan los RSO en un periodo de 1 mes es de 472,03 m³, es decir, la cantidad de pilas necesarias para el proceso de compost será de 20 pilas. Si el área de cada pila es de 9 m². Las 20 pilas se dividen para formar una matriz de 5 X 4 donde cada espacio entre pila y pila será de 1.0 m para el movimiento regular entre la planta, al igual que la distancia entre pilas y pared. Por otro lado, la distancia entre filas de pilas a los inyectores de aire será de 2 metros, con el objeto de que la tubería que aerea cada pila no se vea afectada de acuerdo con el espacio comprendido entre pilas. Es así como la distancia del ancho del área de fermentación corresponde en total 17 m y de largo 26 m, dando como total un área de 442 m². Es decir, que cada pila tiene una capacidad de 28,2 m³, es decir, una capacidad de 8,2 Ton. De acuerdo con lo anterior, cada (2) dos días se

estaría alcanzando a llenar la capacidad de una pila; esto quiere decir que al mes se tendría una producción de (17) diecisiete pilas de producción. Se maneja un numero redondeado de 20 pilas de acuerdo con lo establecido en la tabla 9. Para el área de lavado, se estimó un ancho de 5,3 m y un largo 11,5 m; dando como total un área de 60,9 m² en la cual se encuentra comprendida una rejilla la cual estará ubicada en el perímetro de dicha etapa, con el fin de servir de desagüe y canal con el fin de reutilizar el agua depositada en tanques. Dicha área será utilizada para el lavado y desinfección de cada caneca que almacena los RSO generados por cada tenedor de espacio en el aeropuerto El Dorado. Para el área de recepción de la planta, se propuso un área de 88.5 m², tamaño capaz de albergar temporalmente los dos (2) vehículos transportadores de los RSO provenientes del Aeropuerto El Dorado a la planta de compostaje. Adicional a esto, el área de mezclado comprende un área de 136 m², esto debido a que en dicha etapa la cantidad de RSO y de poda recibidos en la operación son considerables. Según la bibliografía consultada y tomada como base para la elaboración del presente documento, se resalta que durante la primera fase de producción se estima una pérdida del 40% de los RSO. [27] Debido a lo anterior, el área de maduración corresponde a un área de 103.7 m², en la cual el compost tendrá un monitoreo de condiciones con el fin de que este termine la etapa de producción. Para el área determinada para el cribado y la etapa de empaquetado y almacenamiento temporal del compost generado, se estima un área con capacidad máxima de almacenar 221 m³ de compost, es decir, con capacidad de almacenamiento de 3.507 bultos, para un área total de 79.3 m². Por otro lado, enfocándonos en el área administrativa, se tuvo en cuenta una infraestructura de 30 m². Para el ingreso de los vehículos recolectores, de acuerdo con la Secretaria Distrital de Movilidad, la medida reglamentaria correspondiente a la calzada vehicular de un solo carril es de 3,2 m. De acuerdo con esto, la calzada doble presente dentro de la planta de compostaje sería de 6,4 m de ancho. Adicionalmente la calzada peatonal dentro del área es de 1,2 m; de acuerdo con esto cada calzada expuesta anteriormente tendrá una longitud de 13.5 m, es así como se estimó un área de 125.5 m². De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que, el área total de la planta de compostaje del Aeropuerto El Dorado es de 1.728,1 m².

11.2.6 DIAGRAMA DE PROCESO PLANTA DE COMPOSTAJE AEROPUERTO EL DORADO

Figura 5. Diagrama de flujo planta de compostaje El Dorado





Fuente: Autor

11.2.6.1 PROCESO PRODUCTIVO PLANTA DE COMPOSTAJE EL DORADO

De acuerdo con la Figura 5, donde se plantea el Diagrama de proceso de la planta de compostaje del Aeropuerto El Dorado, se definió cada proceso, materias primas, insumos, maquinaria y/o equipos necesarios en la generación de compost con el fin de desarrollar un balance de masa del proceso productivo, donde la contabilidad de las entradas y salidas juegan un papel importante en la aplicación de la ley de la conservación de la masa. Además, a partir del balance de masa, se puede calcular el tamaño de los equipos de proceso y su evaluación en costos.

- **Zona de recepción:** En esta fase, los RSO provenientes del Aeropuerto son pesados de acuerdo con su embalaje (Canecas de 5 galones). Por otro lado, los residuos de Corte y Poda son entregados por medio del camión compactador el cual posee una capacidad de 1 Ton.
- **Lavado:** Se realiza el lavado de las canecas que contienen los RSO, con el fin de ser entregadas nuevamente al tenedor de espacio para su posterior recolección. Este lavado se efectúa por medio de una hidro lavadora, la cual posee un consumo del recurso hídrico mínimo.
- **Mezclado:** Los RSO y los residuos de poda, son mezclados conjuntamente en una capa de aserrín-viruta, donde esta actúa como barrera generadora de

olores ofensivos y también como absorbente de lixiviados productos del almacenamiento y compactación dada a la hora de su fermentación.

- **Llenado de Pilas y Fermentación:** En el proceso de fermentación, los RSO sufren una degradación en la cual variables como la temperatura, humedad y oxígeno deben ser controladas continuamente. Por otro lado, la temperatura y humedad son indicadores de calidad para el desarrollo del compost, donde es preciso humedecer la pila si esta carece de agua, en caso contrario se agrega material seco, como hojas y/o aserrín que pueda absorber el exceso de humedad.
- **Maduración:** Al terminar la fase termofílica, la temperatura del compost desciende, es decir, la descomposición efectuada en este punto va por cuenta de los microorganismos mesófilos (15 °C a 35°C). En este proceso de maduración, las condiciones de las pilas se van asemejando a las condiciones ambientales del entorno sin dejar de continuar con las reacciones bioquímicas que convertirán el compost en un producto estable.
- **Cribado:** En esta fase, se realiza el afino del compost por medio de una criba rotatoria, en el cual es introducido el material al tonel, mientras esta gira continuamente el material cae separado en pequeñas partículas debido al contacto con la criba repetidamente.
- **Empaquetado:** Ya afinado el material, se empaqueta el compost en lonas de capacidad de 50 Kg. Este es compactado para ser llenada completamente la lona.
- **Comercialización:** Se vende el compost en presentación de lonas de 50 Kg. En caso de requerir abono para restauración de suelos, adecuación de jardines, mantenimiento silvicultural, entre otros en el Aeropuerto, este será suministrado a la operación en sí.

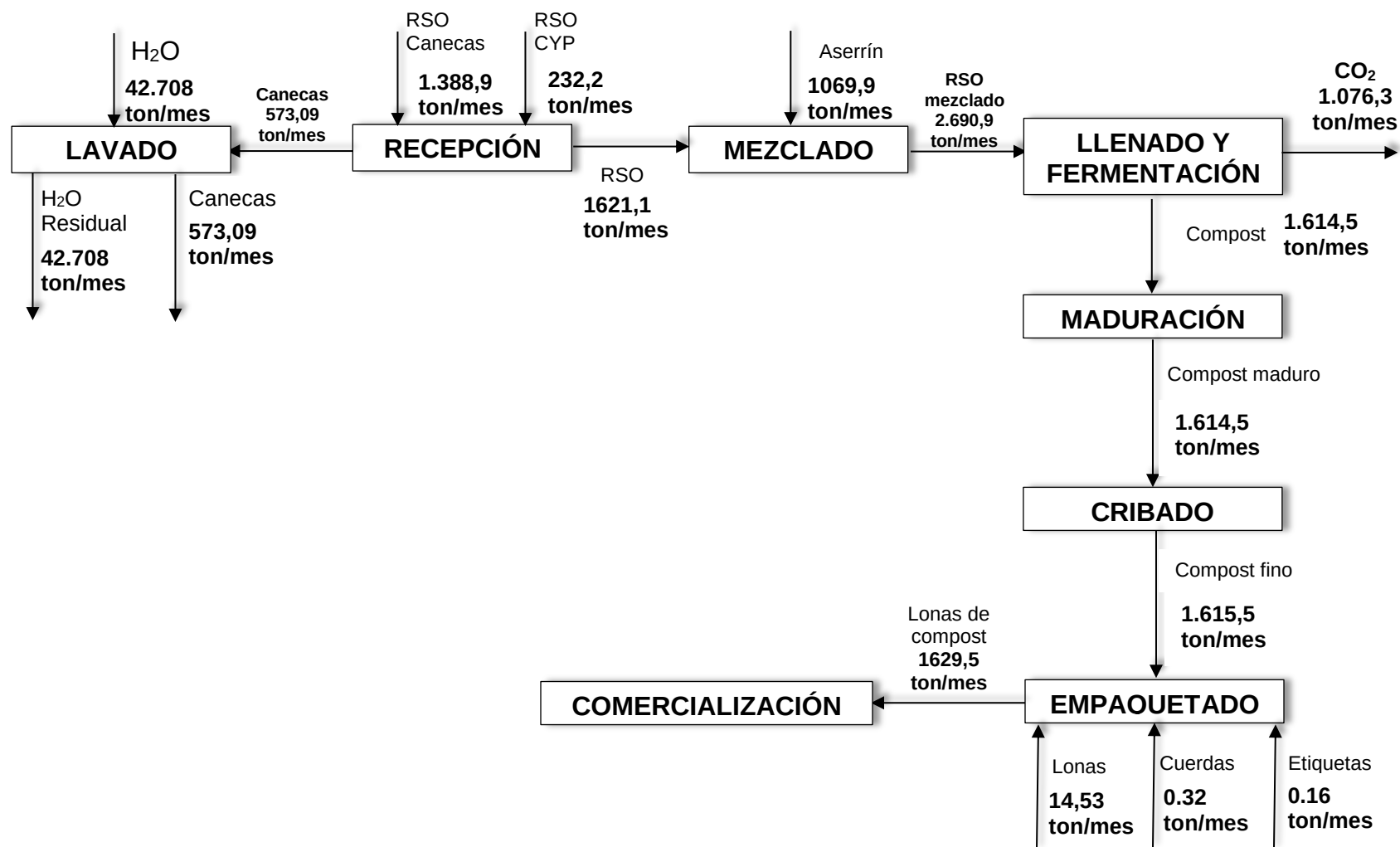
12 BALANCE DE MASA

A partir del balance de masa del proceso productivo se establece cada etapa en la cual se describen las entradas y salidas de cada proceso. La importancia del balance de masa redunda a la hora de la cuantificación de los insumos y materia prima presente en el proceso. Además, estos balances de masa analizan efectivamente la estabilidad del proceso y la distribución de los componentes de los sistemas.

A continuación, se describe el balance de masa del proceso ejecutado en la planta de compostaje del Aeropuerto El Dorado.

En el Anexo 1, se describen los cálculos de cada proceso productivo para la determinación del balance de masa del proyecto.

Figura 6. Balance de Masa del Proceso Productivo



Fuente: Autor

12.1 ECOBALANCE

En el Anexo 2, se especifica el Eco balance realizado para cada etapa del proceso productivo de la Planta de Compostaje de El Dorado.

Por medio del eco balance se demostró que cada etapa del proceso productivo comprendido en la planta de compostaje de El Dorado sirve para reportar los flujos que se presentan en los recursos, insumos, materias primas y residuos que actúan en la empresa. Además de ser un recurso para demostrar flujos de cada etapa, sirve como evaluador de alternativas PML.

En cada una de las etapas desarrolladas, las entradas y salidas son balanceadas, esto quiere decir, que no se tienen perdidas de materias primas e insumos al ser consecutivos en cada etapa durante las entradas y salidas. Se maneja como unidad de medida Tonelada, debido a la cantidad de materia a aprovechar. Adicionalmente, este evaluador de PML, permitió identificar una serie de impactos ambientales tales como la afectación de la calidad de los suelos a razón del vertimiento de aguas residuales, aceites, combustibles, entre otros, y el Incremento de material particulado debido a la operación de maquinaria y/o equipos entre otros más, los cuales fueron objeto de análisis en la evaluación ambiental Conesa.

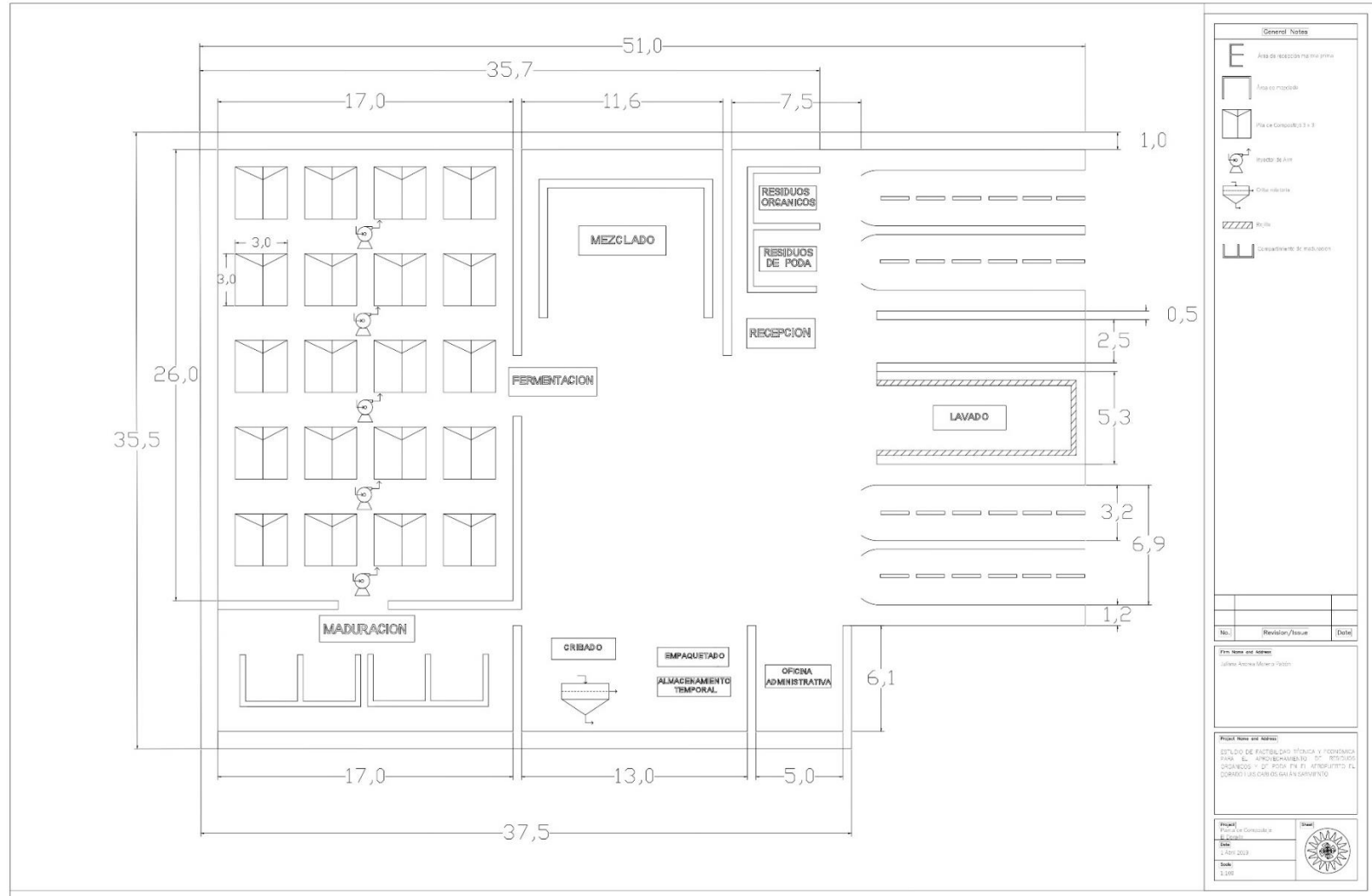
13 MARCO GEOGRÁFICO

Para la selección del lugar de operación de la planta de compostaje se debe tener como punto de partida la factibilidad técnica en relación con los puntos de recolección, mano de obra y la cercanía al mercado consumidor.

De acuerdo con esto, se presenta el plano de ubicación de la planta de compostaje dentro de las inmediaciones del aeropuerto El Dorado, teniendo en cuenta la capacidad que tendrá en relación con la proyección de residuos sólidos orgánicos con una vida útil de 15 años, como se muestra en el Anexo 3.

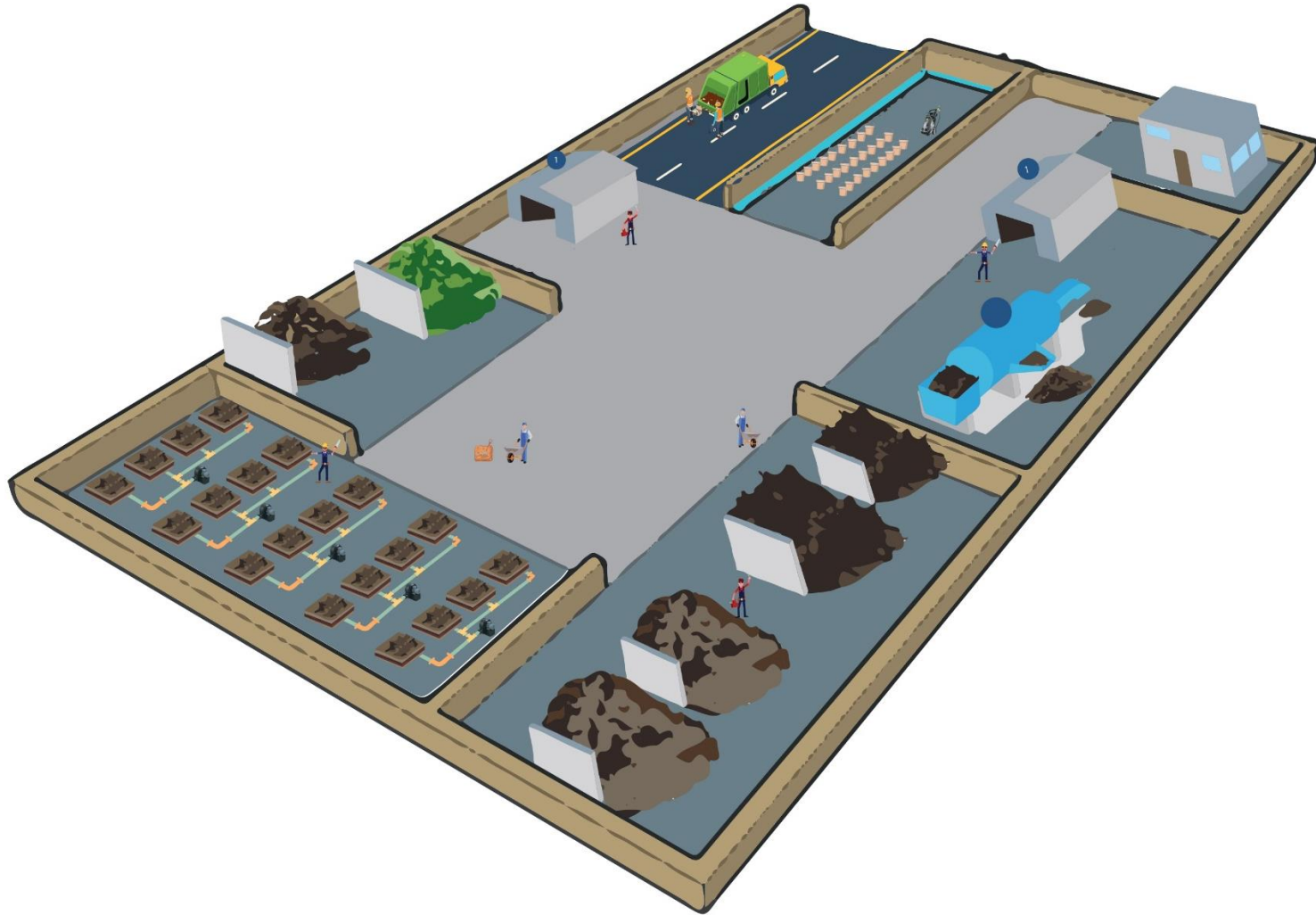
Por otro lado, se establecen adicionalmente dos planos producto de la proyección de RSO a aprovechar. En el primer plano se resalta un plano base de la planta, el cual describirá la ubicación espacial de cada etapa perteneciente al proceso productivo; el segundo será un render que establecerá la infraestructura final que tendrá tanto interior como exterior la planta de Compostaje de El Dorado como se muestra a continuación respectivamente.

Plano 1. Plano base de la Planta de Compostaje El Dorado



Fuente: Autor

Plano 2. Plano renderizado de la Planta de Compostaje El Dorado



14 COSTOS Y DISPONIBILIDAD DE INSUMOS

Tabla 12. Costos Planta de Compostaje El Dorado

Infraestructura	COSTO	UND	Cant. Requerida	TOTAL
Materiales	\$250.700.000		1	\$ 250.700.000
Mano de obra no calificada	\$ 1.000.000	UND	8	\$ 8.000.000
Oficial de Construcción	\$ 1.150.000	UND	2	\$ 2.300.000
Total Infraestructura	\$ 252.850.000			\$ 261.000.000
Operación	COSTO	UND	Cant. Requerida	TOTAL
Conductores	\$ 1.100.000	UND	2	\$ 2.200.000
Personal operativo	\$ 1.500.000	UND	3	\$ 4.500.000
Mano de obra calificada	\$ 3.000.000	UND	2	\$ 6.000.000
Total Operación				\$ 12.700.000
TOTAL RUBRO				\$ 273.700.000
Material / Maquinarias	COSTO	UND	Cant.	TOTAL
Hidro lavadora	\$ 3.000.000	UND	1	\$ 3.000.000
Bascula semi industrial 200 kg	\$ 180.000	UND	3	\$ 540.000
Camión Chevrolet NHR	\$ 61.000.000	UND	2	\$ 122.000.000
Caretilla de 76 Lt	\$ 100.000	UND	5	\$ 500.000
Pala Bellota	\$ 34.000	UND	5	\$ 170.000
Inyectores de aire	\$ 1.100.000	UND	5	\$ 5.500.000
Tubo PVC 4"	\$ 12.316	MTS	180	\$ 2.216.880
Codos PVC	\$ 15.000	UND	20	\$ 300.000
Codos PVC 4 vías	\$ 154.900	UND	5	\$ 774.500
Criba	\$ 3.500.000	UND	1	\$ 3.500.000
Lonas	\$ 500	UND	13.370	\$ 6.685.000
Cuerda	\$ 100	UND	13.370	\$ 1.337.000
Etiquetas	\$ 100	UND	13.370	\$ 1.337.000
Termómetro Industrial	\$ 190.000	UND	3	\$ 570.000
Oxímetro	\$ 90.000	UND	5	\$ 450.000
RUBRO				\$ 148.880.380
TOTAL RUBRO AÑO 0				\$ 422.580.380

Fuente: Autor

15 PROYECCIÓN DE COMPOST PRODUCIDO

De acuerdo con la tabla 8, donde se realizó la proyección de compost generado, se desea conocer la cantidad de bultos asociados a esta actividad. Partiendo de esto, se cuenta con la relación de que cada bulto en promedio pesa 50 Kg, la cantidad de bultos generados anualmente será:

Tabla 13. Proyección de bultos de compost anual

AÑO	COMPOST PRODUCIDO ANUAL	BULTO DE 50 Kg anual
2019	668.485	13.370
2020	715.279	14.306
2021	765.349	15.307
2022	818.923	16.378
2023	876.248	17.525
2024	937.585	18.752
2025	1.003.216	20.064
2026	1.073.441	21.469
2027	1.148.582	22.972
2028	1.228.983	24.580
2029	1.315.012	26.300
2030	1.407.063	28.141
2031	1.505.557	30.111
2032	1.610.946	32.219
2033	1.723.712	34.474

Fuente: Autor

La proyección demostrada anteriormente sirve de guía para conocer los ingresos que se podrían tener a partir de la venta del compost. Consultando el precio del compost en Colombia, en promedio, este es vendido a \$13.000 el Bulto de 50 Kg. De acuerdo con esto, es preciso inferir que, si la planta estuviera actualmente en funcionamiento, los ingresos obtenidos por venta de este producto anualmente serán de \$ 147.790.500.

16 MAQUINARIA Y EQUIPOS REQUERIDOS

Ya definido la técnica de compostaje a utilizar, se proyecta el uso de los siguientes equipos y maquinaria, que integran y estructuran el proceso productivo.

- Camión Chevrolet NHR, el cual será de uso diario por medio del cual se transportarán los RSO a la planta de compostaje de El Dorado.

Tabla 14. Especificaciones Técnica Camión Chevrolet NHR

Marca/Código	Isuzu 4JB1-TC	Tanque de Combustible	75 Lt	 [28]
Tipo	Turbo Intercooler	Dirección	Asistida Hidráulicamente	
Alimentación	Inyección Directa	Dimensión (Largo)	3.160 mm	
Combustible	Diesel	Dimensión (Ancho)	1.770 mm	
Emisiones	Euro II	Dimensión (Altura)	2.150 mm	
Capacidad de carga	1.825 kg	Dimensión (Longitud)	4.730	

- Hidro lavadora, maquina por la cual se realizará el lavado de las canecas que almacenan los Residuos Orgánicos generados por los tenedores de espacio del Aeropuerto El Dorado. Dicho equipo reduce significativamente el consumo de agua generado por la etapa de Lavado de la Planta de Compostaje de El Dorado.

Tabla 15. Especificaciones Técnicas Hidro Lavadora Thunder

Peso	50 kg	Dimensiones	87.00 x 58.00 x 72.00 cm	 [29]
Motor	Thunder	Potencia	7,00 HP	
Tiempo de operación	5 h / día	Tipo de motor	Gasolina	

- Pala Bellota de punta corazón, la cual será útil en las etapas de mezclado y llenado de pilas. Esta será funcional a la hora de realizar el mezclado entre la materia prima y el aserrín, al igual que el llenado y vaciado de las pilas de fermentación del compost.

Tabla 16. Especificaciones Técnicas Pala Bellota

Marca	BELLOTA	Dimensiones	1480 x 270 x 130 MM	 [30]
Referencia	55012L	Peso Min.	2,13 kg	

- Plataforma Balanza Digital led de 300 Kg, el uso de esta balanza es de uso permanente dentro del camión y la planta de compostaje con el objetivo de permitir que se lleve el correcto control de los pesos que se transportan y almacenan de residuos hacia y dentro de la planta.

Tabla 17. Especificaciones Técnicas Balanza Digital Led

Marca	COMODORE	Unidades	Lb, Kg	
Clase	III	Temperatura de operación	0 – 40 °C	
Capacidad Max.	300 kg	Batería	12 VDC, 8 horas autonomía	
Peso Min.	1 kg	Dimensiones	40 x 50 CM	

[31]

- Criba giratoria, es utilizado para separar materiales residuales en varias fracciones de tamaño. El material es introducido al tonel, mientras esta gira cae el material separado por medio del contacto con la criba numerosas veces, a lo largo de la criba caerán las partículas pequeñas a través de los agujeros de esta.

Tabla 18. Especificaciones Técnicas Criba Giratoria

Marca	Víctor	Batería	Motor de 2 HP	
Clase	De 4 secciones	Temperatura	25° C	
Capacidad	15 a 20 ton/h	Dimensiones	Alto: 2.63m Largo: 6.33m Ancho: 1.50m	

[32]

- Carretilla de 76 LT, dentro del proceso de recolección de residuos dentro del aeropuerto las carretillas tienen una función muy importante que es el traslado del producto entre procesos.

Tabla 19. Especificaciones Técnicas Carretilla Herragro

Marca	Herragro	Capacidad	76 litros	
Chasis	Madera	Platón	Metálico	

[33]

- Soplador e Inyector de Aire, permitirá inyectar la cantidad de aire suficiente para las pilas de compostaje proporcionando una fuerza de 2.800 RPM ideal para ventilar durante el proceso de compostaje.

Tabla 20. Especificaciones Técnicas Inyector de Aire

Marca	Atenas	Peso	14 kg	
Clase	APM-1/3	Motor	2.800 rpm	
Profundidad	37 cm	Dimensiones	38 x 37 cm	

[34]

- Medidor de humedad industrial, el uso de este medidor es primordial para tener un control permanente de la humedad presente en cada una de las pilas de compostaje sin que exista ninguna irregularidad.

Tabla 21. Especificaciones Técnicas Oxímetro.

Marca	Hanna	Temperatura de operación	Sonda de medida de oxígeno y temperatura.	
Clase	Modelo HI 9146	Batería	3 baterías tipo AA	

[36]

- Termómetro industrial, este es de uso permanente para medir y controlar la temperatura interior de cada pila de compostaje.

Tabla 22. Especificaciones Técnicas Termómetro Industrial

Marca	Wika	Unidades	Celsius	
Clase	Modelo 52	Temperatura de operación	Desde -30 a 500°C	
Dimensiones	De 25 a 160 mm	Peso	0.06 g	

[37]

17 FASE III. EVALUACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES

17.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL

Para el desarrollo de este estudio de factibilidad ambiental se desarrollará una matriz de aspectos e impactos ambientales, la cual es una matriz cuantitativa con el objeto de identificar que actividades del proyecto formulado causan algún tipo de impacto al ambiente circundante, de acuerdo con su importancia y magnitud.

La metodología de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) Conesa, se basa en matrices de causa-efecto, por medio de este se involucran los métodos de matriz de Leopold y el método Instituto Batelle-Columbus. A través del desarrollo e implementación de esta metodología se quiere llegar a identificar la variedad de impactos significativos que se pueden presentar antes de la ejecución de la Planta de Compostaje en El Dorado.

17.1.1 METODOLOGÍA CONESA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

Por medio del método CONESA se postula una valoración cualitativa de los impactos ambientales. En este se describen las siguientes categorías: [38]

- **Análisis general del proyecto:**
 - i) Visión genérica del proyecto y su relación con el medio
 - ii) Esquema de las etapas de proceso
 - iii) Áreas afectadas
- **Definición del entorno del proyecto:**
 - i) Delimitación geográfica del ámbito afectado
- **Descripción general del entorno:**
 - i) Inventario de factores característicos del medio
 - ii) Definición de los medios físicos y socioeconómicos

17.1.1.1 Matriz de Impactos

La Matriz de impactos desarrollada por la metodología CONESA identifica las acciones que pueden causar impactos sobre una serie de factores del medio:

- Acciones que modifican el suelo
- Acciones que implican emisión de contaminantes
- Acciones derivadas del almacenamiento de residuos
- Acciones que implican subexplotación de recursos
- Acciones que actúan sobre el medio biótico
- Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje.

17.1.1.2 Matriz de Importancia

Una vez identificadas las acciones y factores anteriormente definidos que pueden llegar a ser impactados, la matriz de importancia entra en labor. Dicha matriz permite describir el impacto definido con un valor cualitativo, adicionalmente, identifica el impacto ambiental generado por una acción simple de una actividad sobre un factor ambiental considerado. El valor con el cual se describe el impacto se encuentra en función al grado de incidencia o intensidad de la alteración producida como de la caracterización del efecto.

Tabla 23. Descripción de cada criterio evaluado

CRITERIOS		SIGNIFICADO
SIGNO	Positivo (+) / negativo (-)	Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados
INTENSIDAD	IN	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 una mínimo afectación.
EXTENSIÓN	EX	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8). Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía en función del % de extensión en que se manifiesta
MOMENTO	MO	Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto plazo, asignándole en ambos casos un valor de cuatro (4). Si es un período de tiempo mayor a cinco años, Largo Plazo (1).

PERSISTENCIA	PE	Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras
REVERSIBILIDAD	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquel deje de actuar sobre el medio.
RECUPERABILIDAD	MC	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro (4).
SINERGIA	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
ACUMULACIÓN	AC	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).
EFFECTO	EF	Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción

		consecuencia directa de ésta, o indirecto o secundario, cuando la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.
PERIODICIDAD	PR	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo)

Fuente: [38]

Teniendo en cuenta el cuadro anterior y la descripción de cada uno de los criterios por los cuales se evaluará el impacto ambiental. Se debe tener en cuenta que los rangos para el cálculo de la importancia ambiental de acuerdo con el criterio, tiene un rango preestablecido en función a la objetividad del impacto, como se presenta a continuación:

Tabla 24. Rangos para el cálculo de la Importancia Ambiental.

Criterio / Rango	Valor	Criterio / Rango	Valor
NATURALEZA		INTENSIDAD (IN) (Grado de destrucción)	
Impacto Benéfico	+	Baja	1
Impacto Perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo Plazo	1
Parcial	2	Medio Plazo	2
Extensa	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE)		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz	1	Corto Plazo	1
Temporal	2	Medio Plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (SI)		ACUMULACIÓN (AC) (Incremento Progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy Sinérgico	4		
EFFECTO (EF)		PERIODICIDAD (PR)	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o aperiódico o discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC)		IMPORTANCIA (I)	
Recuperable inmediato	1	$I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable o compensable	4		
Irrecuperable	8		

Fuente: [38]

17.1.1.3 Importancia del Impacto

La importancia del impacto puede estar dentro de un rango entre 10 a 92, para obtener dicho valor, la cuantificación de cada impacto se establece del siguiente modo:

Ecuación 7. Cálculo de la importancia [38]

$$Importancia (I) = \pm [3 IN + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

donde,

IN: Valor de la Intensidad de Impacto

EX: Valor de la Extensión del Impacto

MO: Valor del Momento del Impacto

PE: Valor de la Persistencia del Impacto

RV: Valor de la Reversibilidad del Impacto

SI: Valor de la Sinergia del Impacto

AC: Valor de la Acumulación del Impacto

EF: Valor del Efecto del Impacto

PR: Valor de la Periodicidad del Impacto

MC: Valor de la Recuperabilidad del Impacto

Ya valorado cada criterio con el rango especificado por Conesa, se establecen comparaciones entre cada una de las importancias calculadas para cada uno de los impactos evaluados previamente. Es claro indicar que las comparaciones entre las importancias se dividen en positivas y negativas, es decir para impactos positivos, benéficos para el ambiente la importancia será totalmente diferente para los impactos negativos evaluados.

Tabla 25. Rangos de impactos negativos presentados en el proyecto

Importancia	Valor absoluto de la Importancia	Color
Irrelevante	< 20	
Bajo	21 – 45	
Moderado	46 – 70	
Crítico	71 - 92	

Fuente: [38]

Tabla 26. Rangos de impactos positivos presentados en el proyecto

Importancia	Valor absoluto de la importancia	Color
Positivo	< 45	
Positivo importante	46 - 92	

Fuente: [38]

17.1.1.4 Caracterización de las fases del proyecto

Para la elaboración de la respectiva evaluación ambiental, se cuenta con el desarrollo de tres principales fases del proyecto a implementar, las cuales son:

- **Pre-construcción:** En esta fase, se encuentran las actividades de planificación del proyecto, es decir, presupuestos, espacios a requerir, topografía, permisos pertinentes para iniciar obra, entre otros.

Tabla 27. Descripción de actividades Fase de Pre-Construcción

No.	Actividad	Caracterización
1	Estudios y diseños detallados	Estudios y diseños preliminares
2	Levantamiento Topográfico	Diseños de obras a construir de acuerdo con el terreno
3	Plan de Acción	Permisos ambientales, planeación, Aprobaciones jurídicas.

Fuente: Autor

- **Construcción:** Se establece la obra de vías, adecuación del terreno, conexión de servicios públicos, montaje de infraestructura.

Tabla 28. Descripción de actividades Fase de Construcción

No.	Actividad	Caracterización
1	Traslado maquinaria y equipos	Transporte de maquinaria, equipos, personal operativo, insumos.
2	Preparación del terreno	Retiro de cobertura vegetal del suelo
3	Operación de maquinaria y equipos	Uso de maquinaria y equipos necesarios para la adecuación del proyecto
4	Materiales e insumos	Compra y/o contratación de bienes y servicios
5	Obra civil	Infraestructura

Fuente: Autor

- **Operación:** Inicio de operación del proyecto

Tabla 29. Descripción de actividades Fase de Operación

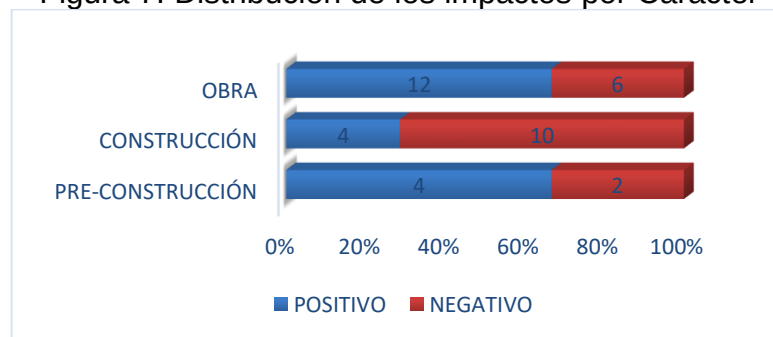
No.	Actividad	Caracterización
1	Operación de la Planta de Compostaje El Dorado	Proceso productivo de la planta de compostaje.

Fuente: Autor

17.1.1.5 Impactos Ambientales asociados al proyecto

A partir de la generación de la Matriz de Impactos Ambientales desarrollada en el Anexo 6 a continuación se realiza un análisis a profundidad de lo obtenido en la EIA. Para la determinación de los impactos ambientales relacionados al proyecto, se utilizó una matriz simple, en la cual se identificaron los impactos ambientales ya sean positivos y/o negativos. A partir de la construcción, elaboración y resultado de esta matriz es posible realizar un análisis sobre la etapa en la cual se presentan, como se observa a continuación:

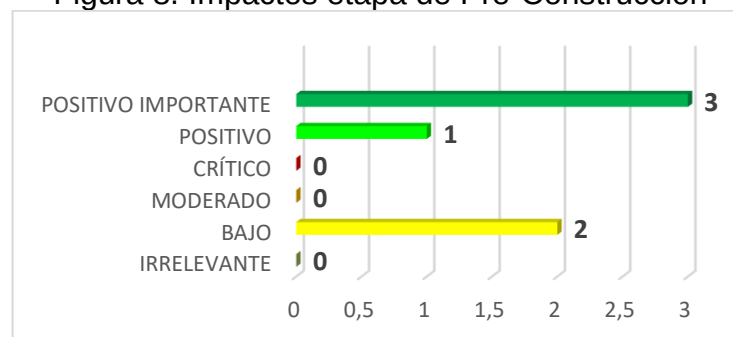
Figura 7. Distribución de los impactos por Carácter



Fuente: Autor

De acuerdo con la Figura 7, podemos inferir que la implementación de la Planta de Compostaje en El Dorado tiene en su mayoría impactos positivos que negativos. La etapa de Construcción del proyecto contiene 10 impactos negativos relevantes que condicionan un poco la efectividad del proyecto en no afectar significativamente el entorno virgen donde se realizará la planta de compostaje.

Figura 8. Impactos etapa de Pre-Construcción

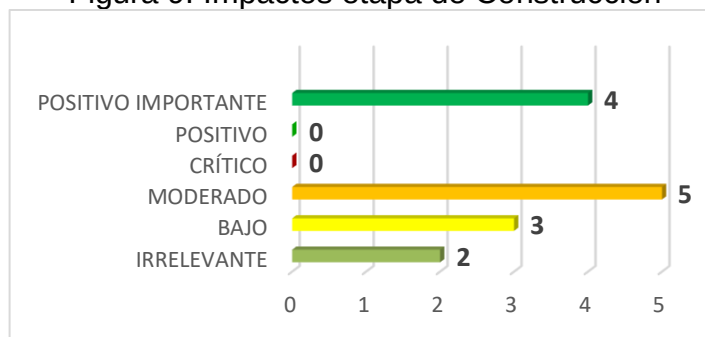


Fuente: Autor

De acuerdo con la figura 8, La etapa de Pre-Construcción se constituye por la identificación y evaluación de 6 impactos, de los que se presentan dos (2) impactos

negativos que se encuentran dentro del rango de Bajo y respecto a los impactos positivos se evidencia la presencia de cuatro (4) impactos positivos; de los cuales solo tres (3) se encuentran en el rango de Positivo Importante y uno (1) restante como Positivo. La planeación del proyecto constituye una parte primordial para el inicio de cada proyecto, es aquí donde se ejecutan los estudios y diseños detallados, a partir de estos se da una vista en general de los impactos negativos y positivos que tendrá el proyecto a lo largo de su desarrollo. Es imprescindible que en esta fase se tenga en cuenta la adaptabilidad de diseños ecoeficientes que garanticen la protección del medio ambiente. De acuerdo con la identificación y valorización de los impactos en esta fase, se encontró que la mayoría de los impactos evaluados corresponden a impactos positivos importantes, tales como el cambio del uso del suelo de acuerdo con su valorización, el diseño de captación, almacenamiento y uso de aguas lluvias y diseños ambientales sostenibles.

Figura 9. Impactos etapa de Construcción



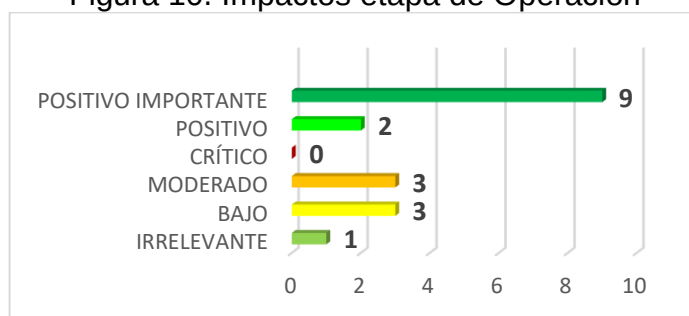
Fuente: Autor

Como se observa en la matriz de impacto ambiental, en esta etapa se identifican en su mayoría impactos negativos, para ser más específicos 10 de los 14 identificados en su totalidad en la respectiva fase. En esta etapa, se evidencia la afectación de varios componentes ambientales como el Geosférico, Hidroesférico, Flora, Fauna, Calidad del aire, entre otros. La afectación de estos componentes se da debido al inicio de actividades civiles, donde la movilización de equipos, maquinaria pesada y personal generan gran parte impactos que comprenden el aumento de material particulado, vertimientos no controlados de aceites a aguas superficiales y/o acuíferos y emisión de gases invernadero. Los componentes de Fauna y Flora se ven directamente afectados debido al incremento de transporte vehicular y peatonal al igual que la generación de espacio público, lo cual ocasionan impactos como la modificación de hábitats y corredores biológicos utilizados por especies nativas. Cabe indicar que no se generaron impactos críticos que requieran condiciones de emergencia, pero si se registran impactos moderados de los cuales se debe tener prudencia y realizar las suficientes acciones de mitigación.

Uno de los impactos negativos mayormente significativos en esta fase, se presentó en el componente Hidroesférico, siendo la contaminación de acuíferos o aguas superficiales por vertimientos de grasas, aceites u otro tipo de sustancias. De acuerdo con la generación de este impacto, es de importancia realizar una revisión del equipo, en preferencia que se encuentre certificado con el fin de que no se

presenten escapes en sus mecanismos a la hora de realizar su funcionalidad. Impactos como el cambio de la composición fisicoquímicos de los suelos por la construcción de la infraestructura impactaran en gran medida, debido a los materiales usados, ya que en su mayoría estos provienen de canteras. Es de gran importancia certificar que los materiales que serán de uso para el proyecto sean provenientes de puntos de venta autorizados y certificados con el fin de disminuir los riesgos de contaminación en el suelo. El impacto positivo con mayor relevancia en esta fase se presentó en el componente Hidroesferico fue el de Prácticas de uso eficiente del agua, en el cual, en vez de realizar un consumo desmesurado de agua, se optó por el uso de aguas lluvias como proceso de recirculación en las actividades diarias a esta fase.

Figura 10. Impactos etapa de Operación



Fuente: Autor

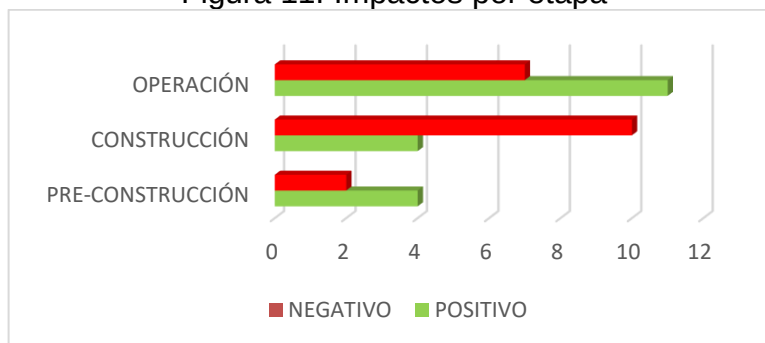
Por medio de la figura 10, se evidencia que, de los 18 impactos identificados y evaluados posteriormente, siete (7) de ellos corresponden a impactos netamente negativos, mientras que su excedente, corresponden a impactos positivos. En esta fase, ya se evidencia el desarrollo de la infraestructura en su totalidad. Ya se establecen como tal los impactos que serán solo generados a razón de la operatividad de la planta de compostaje. Es de gran importancia indicar que esta fase cuenta con más impactos positivos que negativos, ya que representa las ventajas que traerá consigo la implementación y operatividad de dicha planta en el Aeropuerto El Dorado. Entre los impactos negativos para tener en cuenta en esta fase, se encuentra en el medio atmosférico, debido a que la operación de producir compost necesita imprescindiblemente el transporte de la materia prima a la planta y de la planta al consumidor, el movimiento vehicular será de manera continua al igual que la expedición de gases invernadero.

Como impactos positivos a destacar en esta fase; se encuentran la disminución de volúmenes de residuos sólidos a ser dispuestos en el relleno sanitario, debido a que pasan a ser un residuo a ser el componente focal para la generación de compost. También se encuentran impactos como el incremento de mercados verdes, mejoramiento de la cultura ambiental los cuales incentivan en gran manera el auge de una conciencia y perspectiva ambiental.

De acuerdo con el análisis generado anteriormente, se puede deducir que la fase donde se genera en su mayoría impactos negativos es en la fase de construcción, con un total de 10 impactos como se observa en la figura 11. Es de inferencia

recaltar que el éxito de no generar impactos significativos que atenten con el balance del ecosistema depende de la fase de Pre-construcción debido a que la planeación total de cada aspecto procurara la minimización de los impactos en sí.

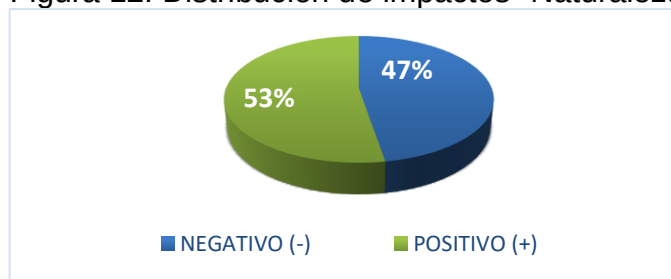
Figura 11. Impactos por etapa



Fuente: Autor

▪ Distribuciones por Impactos Ambientales

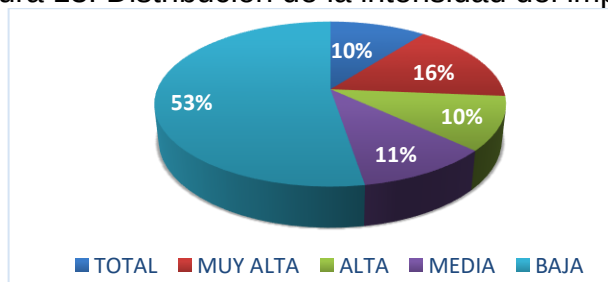
Figura 12. Distribución de impactos -Naturaleza



Fuente: Autor

A partir de la figura 12, se puede observar que las interacciones positivas cuentan con un 53%, esto quiere decir, que la implementación de dicho proyecto en el Aeropuerto El Dorado, proporciona mejores condiciones ambientales en cuanto a la productividad eficiente y la oferta ambiental que este brinda; esto totalmente induciendo en la generación de mercados verdes que recurran en un proceso industrial cíclico.

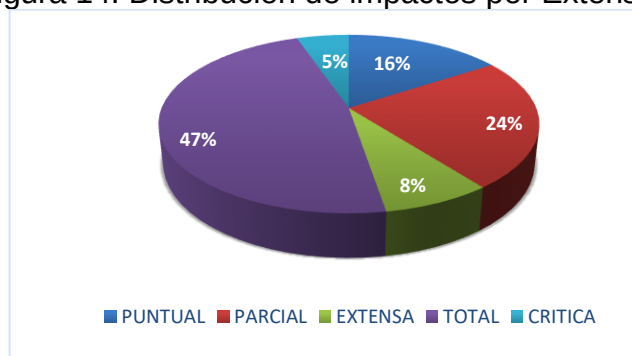
Figura 13. Distribución de la intensidad del impacto



Fuente: Autor

De acuerdo con la Figura 13, el 53% corresponden a un grado bajo de incidencia de las acciones sobre el factor en el que actúan, es decir, los impactos ambientales descritos en el desarrollo de la matriz presentan un mínimo de afectación al entorno del desarrollo del proyecto.

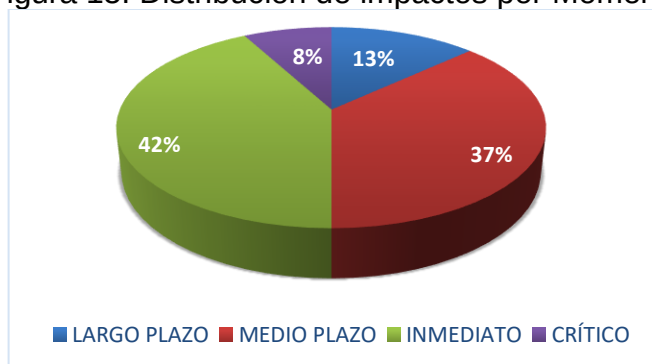
Figura 14. Distribución de impactos por Extensión



Fuente: Autor

Respecto a la figura 14 anteriormente descrita, se infiere que solo el 8% de los impactos identificados corresponden a un Rango Crítico, de los cuales su área de influencia es mínima en relación con el entorno de la actividad. Estos impactos críticos corresponden en su mayoría a la contaminación de acuíferos y/o aguas superficiales por vertimiento de grasas, aceites y/o combustibles en la etapa de Construcción. Por otro lado, el 47% de los impactos no presentan una ubicación precisa del efecto, por lo cual se comprende que se tiene influencia en todo el proyecto, es así como corresponden en su totalidad a impactos positivos, los cuales aportan a un proyecto en mejoramiento de condiciones y bienestar ecológico.

Figura 15. Distribución de impactos por Momento

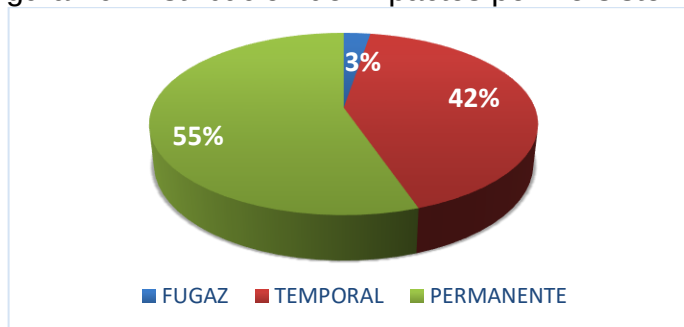


Fuente: Autor

A partir de la figura 15, podemos deducir que solo el 21% de los impactos identificados tienen duración de aparición y manifestación de afectaciones en un periodo mayor a cinco años. Por lo cual, a través de este análisis, es preciso indicar que los impactos restantes, es decir, el 79% de los impactos requieren de acciones

por el hombre para minimizar el riesgo generado por la manifestación de estos impactos.

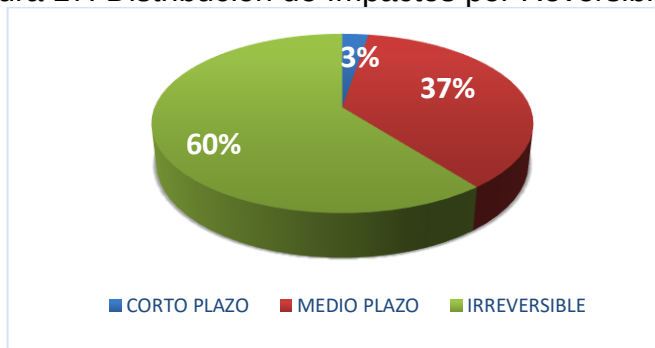
Figura 16. Distribución de Impactos por Persistencia



Fuente: Autor

De acuerdo con la figura 16, el 55% de los impactos tendrán una persistencia permanente, es decir, el tiempo en el cual permanecerá el factor y a partir del cual el factor retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción de los medios naturales. Cabe indicar que la totalidad del 55% de estos impactos corresponden a impactos positivos donde el entorno no se vería afectado con mayor gravedad.

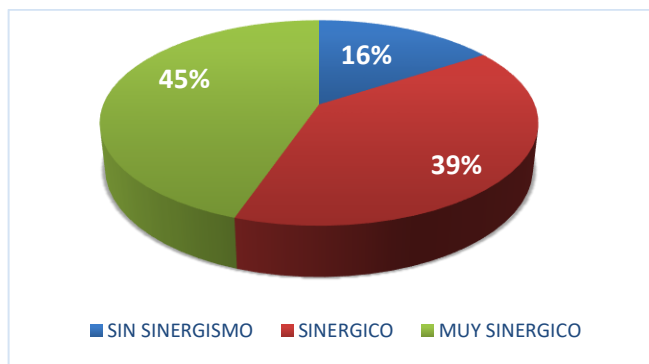
Figura 17. Distribución de Impactos por Reversibilidad



Fuente: Autor

Solo el 3% de los impactos que afectan el entorno son capaces de retornar a condiciones iniciales previas a su acción por medios naturales, en pocas palabras las ocurrencias de accidentes ocupacionales durante las actividades. Por otro lado, impactos encontrados en la categoría de irreversibles, es decir, el 60% corresponden a impactos que afectan la calidad del suelo por el efecto de vertimientos, estos efectos generados imprescindiblemente necesitan de la acción del hombre para retornar a condiciones cercanas a las iniciales en un tiempo reducido.

Figura 18. Distribución de Impactos por Sinergia



Fuente: Autor

De acuerdo con la figura 18, el 84% de los impactos son de índole sinérgica y muy sinérgica, lo cual quiere decir que estos mismos tienen la oportunidad de generar otros impactos a los estimados inicialmente. Entre los impactos sinérgicos se encuentra tanto impactos negativos como positivos, entre estos, la generación de hábitats de avifauna por la reubicación de especies o, por otro lado, la contaminación de acuíferos y/o aguas superficiales por vertimientos. Es preciso indicar que el 76% de los impactos destacados dentro de la categoría de Muy sinérgicos corresponden a impactos positivos al igual que el 40% de los impactos presentes en la categoría de sinérgico.

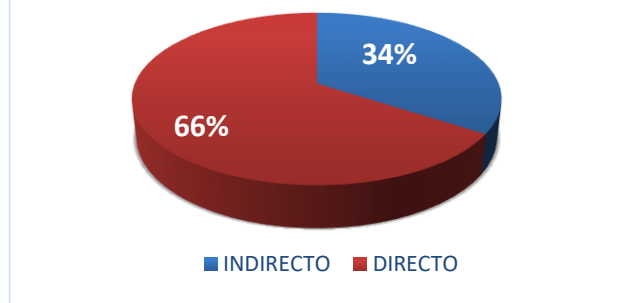
Figura 19. Distribución de Impactos por Acumulación



Fuente: Autor

A partir de la figura 19, se infiere que solo el 37% de los impactos presentan una acumulación simple, en la cual el impacto estimado actúa por sí solo y la recuperación del entorno en sus condiciones se da en un plazo menor de un año. De acuerdo con el porcentaje restante, el 67% de los impactos encontrados dentro del 63% de la categoría de acumulativos, corresponde netamente a impactos ambientales positivos, de los cuales debido a la manifestación continua de este genera acciones que mejoran y/o compensan significativamente las acciones que minimizaban la calidad del entorno tan pronto se inició con la operación.

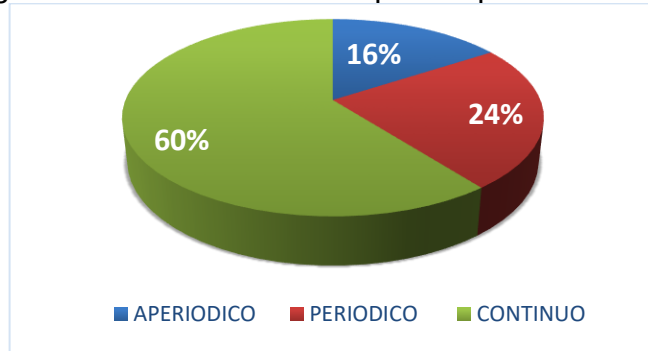
Figura 20. Distribución de Impactos por Efecto



Fuente: Autor

El 66% de los impactos evaluados por la categoría de efecto se basan en una relación causa-efecto, es así como estos impactos directos repercuten en la acción por consecuencia de esta. De acuerdo con lo anterior, realizando un análisis más profundo, el 52% de los impactos comprendidos en efecto directo, son de índole positivos. Lo cual indica que los efectos generados por dichos impactos no representan una amenaza al desempeño de cada etapa generada en el proyecto.

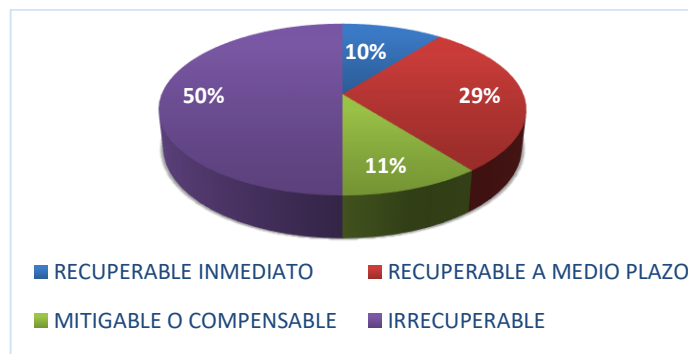
Figura 21. Distribución de Impactos por Periodicidad



Fuente: Autor

Respecto a la figura 21, se puede entender que el 60% de los impactos identificados son continuos en el tiempo. Por ejemplo, uno de los impactos dentro de esta categoría es la mejora de la calidad del aire debido a la plantación de individuos forestales, debido a que el entorno donde se efectuó originalmente la etapa de construcción al verse afectada por actividades de operación de maquinaria y/o equipos, la calidad del aire se vio amenazada. Pero al recurrir a la plantación o reubicación de especies, continuamente la calidad del aire ira cada vez en mejora, disminuyendo los rangos de riesgo en el entorno del proyecto.

Figura 22. Distribución de Impactos por Recuperabilidad



Fuente: Autor

De acuerdo con la figura 22, se evidencia que el 50% de los impactos son irrecuperables, cabe resaltar que la totalidad de estos son impactos positivos; tales como el aumento de la abundancia de flora por efectos mantenimiento, la dinamización de la economía local, disminución de residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios, entre otros. Se denominan irrecuperables a razón de comprender acciones y efectos continuos en el desarrollo del proyecto.

Ya definidas y descritos los impactos a considerar, se establece una serie de mejoras durante el desarrollo productivo por medio del cual se minimizará el riesgo de generar daños ambientales irreparables.

Respecto a estos impactos se proponen ciertas medidas preventivas y o correctivas con el fin de minimizar en lo más posible la generación de daños al entorno en cuestión:

- Debido a que los impactos en cuestión son generados en la etapa constructiva, se propone incorporar la normatividad vigente respectiva a la legislación ambiental, con el fin de coordinar e incorporar una serie de etapas que protejan en gran parte el ambiente en la etapa de desarrollo del proyecto.
- Al personal operativo y administrativo proveerlo de capacitaciones recurrentes en cuanto a la conciencia y responsabilidad ambiental con el objeto de generar en significancia acciones que involucren al mínimo el deterioro del ecosistema a razón de acciones humanas.
- Al ejecutar el proyecto contar con todos los tramites aprobados por parte de las diferentes entidades ambientales del distrito, con el fin de que este sirva de interventor durante el desarrollo del proyecto.

17.2 EVALUACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS

Con el fin de determinar la viabilidad de implementar la planta de compostaje en el aeropuerto internacional El Dorado, se realizó un análisis de costos por medio del cual se determinará el concepto de factibilidad del presente estudio.

La caracterización monetaria dada por las diferentes actividades de proceso enmarcadas anteriormente en la tabla 12, define la rentabilidad de este.

Inicialmente se constituyó una matriz donde se especifican los costos directos e indirectos asociados a la actividad en general y así mismo las ganancias que este ofrecería. Dicha evaluación de beneficios económicos se aprecia en el Anexo 7.

Realizado el flujo de caja, se argumenta que para un periodo de 8 años a una tasa de oportunidad del 2%, se obtiene un VPN correspondiente a \$410.459.908; esto indica que este valor corresponde a el valor adicionado que se genera al realizar la inversión correspondiente al proyecto, esto permite establecer la diferencia entre el valor de la inversión y su costo. Cabe indicar que cuando el proyecto presenta un VPN positivo, lo cual hace referencia a que este será viable.

Por otro lado, la TIR de este proyecto es de 18%, lo cual significa que excede la tasa de oportunidad, indicando que el proyecto tiene una buena opción de recuperar la inversión en un periodo de tiempo corto.

La venta del compost y el precio de recolección de RSO en la proyección de vida útil del proyecto con un periodo total de 15 años da un valor neto de \$2.112.758.234,3, lo cual indica que significativamente se recupera la inversión inicial dada de \$422.580.380. Esto de gran manera indica que la ejecución de dicho proyecto posee una muy buena rentabilidad.

18 CONCLUSIONES

- Con el proceso de la planta de compostaje se contribuye a la reutilización de residuos evitando que estos se conviertan en contaminantes para la población y reduciendo así contaminantes tóxicos. Los residuos tratados dentro de la planta de compostaje son aprovechados de manera orgánica dando el compost como producto final el cual podrá ser usado en sectores como la agricultura, ganadería y la silvicultura.
- Con el correcto uso de la planta de compostaje se buscan obtener resultados positivamente económicos debido al nuevo aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que se implementaran dentro del proyecto, como lo son los beneficios ambientales que prolongan la vida de los residuos en su proceso de transformación.
- El aprovechamiento significativo que se realizará dentro del aeropuerto, además de contar con el concepto del estudio económico aceptable, este beneficiará en gran medida la minimización de impactos asociados al deficiente gestión de los residuos sólidos orgánicos.
- De acuerdo con el lado verde del Dorado, iniciativa que viene adelantando el aeropuerto, la realización de dicho proyecto, harán de este un aeropuerto mucho más sostenible de lo que es ahora. Aumentando en gran parte el ciclo de vida de cada residuo y creando conciencia y aptitudes ambientales para cada persona que integra el aeropuerto.
- El beneficio a los pobladores rurales del área circundante al aeropuerto será de gran magnitud, debido a la cercanía del lugar de producción, obteniendo un producto fresco y de calidad, para efectos en sus actividades diarias.
- La participación en contratos de gran aceptación ambiental dentro del aeropuerto El Dorado, aeropuerto en primer puesto de sostenibilidad ambiental en Latinoamérica, han influido mantener mis conocimientos lo más actualizados posibles, con el fin de aportar en gran o pequeña medida en la aceptación de nuevas metodologías ambientales, que puedan reducir significativamente impactos asociados a cada actividad que se realiza en el aeropuerto.
- De acuerdo con lo obtenido por la evaluación ambiental por medio de la metodología Conesa, se encontró que, en la mayor parte de las fases evaluadas en el desarrollo del proceso productivo, los impactos positivos presentados son continuos y superan con significancia a los impactos negativos generados. La generación de este tipo de mercados verdes, generan en gran parte un entorno equilibrado, en el cual prevalece el bienestar del entorno y su avance en producir industrias que se entrelazan con el ambiente.

19 RECOMENDACIONES

- Identificar y seleccionar proveedores de materiales que cumplan con las normas ambientales vigentes, esto con el fin de establecer el uso de materiales que no afecten con significancia al entorno. De igual manera obtener un certificado de operación por parte de la entidad ambiental para los centros de disposición final de escombros.
- Incentivar la reutilización, tratamiento y optima disposición de residuos sólidos generados por la operación con el objeto de que el proceso sea un fiel actor en el programa de Basuras Cero al cual se encuentra ligado el Aeropuerto El Dorado.
- Adecuar sitios de almacenamiento temporal para los residuos de excavaciones con el fin de evitar emisiones fugitivas. Por otro lado, almacenar el suelo orgánico removido con el fin de que este sea usado posteriormente para efectos de mejoras en el paisaje.
- Planificar la necesidad de asignar responsabilidades al personal operativo y administrativo de acuerdo con la implementación de planes de contingencia, monitoreo de focos de generación de impactos ambientales y control de medidas de mitigación respecto a ellas.
- Incorporar informes y evaluaciones de gestión ambiental con el objeto de establecer el estatus del proyecto y las medidas a generar de acuerdo con las acciones concluyentes. Por el mismo lineamiento, generar una pedagógica permanente con la ayuda de avisos y carteleras informativas en pro de mantener un equilibrio con el ambiente y las acciones humanas.

20 BIBLIOGRAFÍA

- [1] a. y. s. Suelos ácidos, «jardines sin fronteras,» 2017. [En línea]. Available: <https://jardinessinfronteras.com/2017/08/22/suelos-acidosalcalinos-y-salinos/>.
- [2] M. d. A. y. D. S. 2018, «Bogotá debe ser más ambiciosa en el reciclaje y separación en la fuente,» [En línea]. Avalable: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3610-bogota-debe-ser-mas-ambiciosa-en-el-reciclaje-y-separacion-en-la-fuente-ministro-de-ambiente>.
- [3] G. Digital, «Consejo Municipal de Entrerrieros,» 29 septiembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.concejo-entrerrios-antioquia.gov.co/noticias/visita-a-la-planta-de-compostaje-de-las-empresas-publicas>. [Último acceso: 22 enero 2019].
- [4] P. d. S. Fe, «Alternativa Verde,» 6 junio 2016. [En línea]. Available: <https://alternativa-verde.com/2016/06/06/asi-funciona-una-planta-de-compostaje-el-caso-ejemplar-de-rosario/>.
- [5] H. d. S. L. d. S. P. Brasil, «Red Global de Hospitales Verdes y Saludables,» septiembre 2012. [En línea]. Available: <http://greenhospitals.net/wp-content/uploads/2013/06/Sirio-Libanes-Brazil-Waste.pdf>.
- [6] C. c. e. E. U. a. e. y. sostenible, «endesa,» 24 julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.elblogdeendesa.com/smart-cities/compostaje-comunitario-espana-alternativa-eficiente-sostenible/>. [Último acceso: 13 enero 2019].
- [7] I. S. E.S.P., «INTERASEO S.A.S. E.S.P. – Medio Ambiente,» [En línea]. Avararle: <https://www.interaseo.com.co/med-ambiente-impacto.html>. [Último acceso: 15 09 2018].
- [8] L. Henao, Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia, Monografía de Posgrado, Especialista en Gestión Ambiental, Medellín: Universidad de Antioquia, 2008.
- [9] S. C. R. Rojas, «Estudio de factibilidad de implementación de una planta municipal de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Una cundinamarca,» Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, 2012
- [10] M. y. M. Huerta, Compostaje de Residuos Municipales, control de proceso, rendimiento y calidad del rproducto, Trabajo de investigación , Cataluña, España: Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (ESAB) en convenio con la Agencia

de residuos de Cataluña, 2008.

[11] E. Roben, «Manual de Compostaje para Municipios, Municipio de Loja,» 2002. [En línea]. Available: www.ded.org.ec. [Último acceso: 21 Noviembre 2018].

[12] InfoAgro, «InfoAgro,» 21 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/Compostaje.pdf>.

[13] ACADEMIC, «esacademic,» 21 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/41005>.

[14] Ecologiahoy, «ECOLOGIAHOY,» 21 Novimebre 2018. [En línea]. Available: <https://www.ecologiahoy.com/desarrollo-sostenible>.

[15] FAO, «FAO,» 25 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/docrep/003/w4230s/w4230s09.htm>.

[16] M. d. s. y. P. social, «Ministerio de salud y Protección social,» 21 Novimebre 2018. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/SaludPublica.aspx>.

[17] F. e. y. ambiental, «Ecoestrategia,» [En línea]. Available: <http://www.ecoestrategia.com/articulos/glosario/glosario.pdf>. [Último acceso: 21 Noviembre 2018].

[18] Semarnat, «Compendio de estadísticas ambientales 2010,» [En línea]. Available: http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet5c54.html. [Último acceso: 21 Noviembre 2018].

[19] M. d. Vivienda, «Reglamento Técnico del sector del Agua Potable y saneamiento básico,» [En línea]. Available: <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/reglamento-tecnico-del-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable>. [Último acceso: 19 November 2019].

[20] O. S.A., «Gestión lado verde del Dorado,» [En línea]. Available: <https://verde.eldorado.aero/nuestra-gestion/>.

- [21] I. S. E.S.P., «Mantenimiento de zonas verdes de las áreas consecionadas a OPAIN S.A. Aeropuerto Internacional El Dorado Luis Carlos Galan Sarmiento,» Bogotá D.C, 2018
- [22] D. d. f. d. proceso, «Gestar Ingenieria,» 2015, [En línea]. Available: <http://gestaringenieria.com/>. [Último acceso: 25 enero 2019].
- [23] A. E. Dorado, «Estadísticas El Dorado,» [En línea]. Available: <https://eldorado.aero/aeropuerto/estadisticas/>. [Último acceso: 22 Noviembre 2018].
- [24] H. Tchobanoglous, Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen II, capítulo 14. Tecnologías de conversión biológica y química, Valencia, España: Mc. GrawHill, 2002.
- [25] M. P. D. Sztern, Manual para la elaboración de compost, Bases conceptuales y procedimientos, Organización Panamericana de la Salud OPS, Presidencia de la república, Oficina de planeación y presupuesto, Unidad de Desarrollo Municipal, 2010.
- [26] «Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en America Latina,» Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago de Chile, 2013.
- [27] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, «PP. Román, Taller técnicas de compostaje, Cambio climático y sostenibilidad ambiental, Paraguay, 2012,» 21 junio 2012. [En línea]. Available: http://www.rlc.fao.org/fileadmin/content/events/taller_tcp-par-303//compost.pdf. [Último acceso: 25 noviembre 2018].
- [28] F. FORWARD, «Autoarte,» [En línea]. Available: <https://www.autolarte.com.co/camiones-chevrolet-frr-forward>. [Último acceso: 25 Noviembre 2018].
- [29] Evans, «Hidrolavadora 3,200 PSI Thunder HI14L32MG1300TH,» Valsi de Colombia, 2019. [En línea]. Available: <https://www.evans.com.co/producto/hidrolavadora-3200-psi-thunder-hi14l32mg1300th/>.
- [30] S. Urquiza, «PALA PUNTA BELLOTA 5501 MANGO MULETA,» Cobertec, 2019. [En línea]. Available: <https://www.suministrosurquiza.com/pala-punta-bellota-5501-mango-muleta>. [Último acceso: 15 enero 2019].

[31] SAMIR, «Construcción y acabados,» [En línea]. Available: <https://www.ferreteriasamir.com>. [Último acceso: 25 Noviembre 2018].

[32] G. Victor, «Sistemas para llenar, cerrar y transportar costales,» 18 julio 2014. [En línea]. Available: <http://www.grupovictor.com/ws/noticias/128-que-es-una-cribadora.html>. [Último acceso: 24 enero 2019].

[33] Sumatec, «CARRETA BUGGY METALICA,» Zopp Digital, 2019. [En línea]. Available: <https://sumatec.co/producto/carreta-buggy-metalica/>. [Último acceso: 26 enero 2019].

[34] A. Ventilación, «Inyector de Aire,» [En línea]. Available: www.atenasventilacion.com.ar. [Último acceso: 2 febrero 2019].

[35] e. imfor, «Sacos,» [En línea]. Available: <http://embalajesimfor.com/sacos/>. [Último acceso: 2 febrero 2019].

[36] E. científico, «Medidor de Oxígeno Disuelto Portátil 4m (13"),» [En línea]. Available: <http://equipamientocientifico.com/home/1482-medidor-de-oxigeno-disuelto-portatil-4m-13.html>. [Último acceso: 2 febrero 2019].

[37] T. I. B. INOXIDABLE, «Manometria instrumentación,» [En línea]. Available: <https://mei.es/termometro-industrial-bimetalico-inoxidable/>. [Último acceso: 25 Noviembre 2018].

[38] G. A. d. P. Ltda., «DOCUMENTO TECNICO DE SOPORTE- Plan Parcial No. 7- Ciudad Lagos de Torca,» Constructora Colpatria S.A., Bogotá D.C..

