

ESTUDIO DEL MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS
EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL JOSÉ MARÍA CÓRDOVA

GLORIA YURLENY GÓMEZ GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA AMBIENTAL

RIONEGRO - ANTIOQUIA

2019

ESTUDIO DEL MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS
EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL JOSÉ MARÍA CÓRDOVA

GLORIA YURLENY GÓMEZ GONZÁLEZ

Trabajo de grado para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Asesor:

Msc. Diego Andrés Aguirre Cardona
Docente Facultad de Ingenierías

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA AMBIENTAL
RIONEGRO - ANTIOQUIA

2019

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	7
SUMARY	8
INTRODUCCIÓN	9
1. ANTECEDENTES	11
1.1. Aspectos Generales del Aeropuerto	11
1.2. Ubicación de la Infraestructura	12
1.3. Gestión Ambiental	12
2. PLANTANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	16
4. JUSTIFICACIÓN	17
5. OBJETIVOS	19
5.1. Objetivo general	19
5.2. Objetivos Específicos	19
6. MARCO TEÓRICO	20
6.1. Caracterización de residuos sólidos	21
6.2. Gestión de residuos sólidos orgánicos	22
6.3. Ciclo de la mejora continua	24
6.4. Plan de mejoramiento	24
7. MARCO LEGAL	25
8. METODOLOGÍA	29
8.1. Métodos para caracterizar y analizar los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto	29
8.2. Métodos para valorar el manejo actual de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC	33
8.3. Métodos para determinar medidas de mejoramiento en la gestión actual de los residuos sólidos orgánicos	34
9. RESULTADOS	36
9.1. Resultados obtenidos en la caracterización y análisis de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC	36
9.1.1 <i>Identificación de infraestructura urbana para la gestión de residuos sólidos</i>	36

	4
9.1.2 <i>Caracterización de residuos sólidos con énfasis en fracción orgánica</i>	39
9.1.3 <i>Cálculo del contenido de humedad de los residuos sólidos orgánicos</i>	43
9.1.4 <i>Cálculo del Poder Calorífico</i>	44
9.2. Resultados obtenidos en la valoración del manejo actual de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC.	45
9.3. Determinación de medidas de mejoramiento para la gestión actual de los residuos sólidos orgánicos	50
10. CONCLUSIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pasajeros Aeropuerto Internacional JMC.	12
Figura 2. Fases en la gestión de residuos sólidos	21
Figura 3. Método de cuarteo para caracterización de residuos sólidos	30
Figura 4. Actividad de separación de residuos por tipo y medición de peso para cada tipo de residuo.	30
Figura 5. Medición de la densidad, en un contenedor de volumen conocido.	31
Figura 6. Contenedores para toma de muestras de residuos en centro de recogida.	32
Figura 7. Proceso de secado de residuos (horno) y residuos Orgánicos secos.	33
Figura 8. Ciclo de gestión PHVA.	34
Figura 9. Esquema de acciones de mejoramiento	35
Figura 10. Muestreo de Residuos orgánicos del Aeropuerto JMC - 27 de mayo de 2018	42
Figura 11. Generación de residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC.	43
Figura 12. Contenido de humedad residuos orgánicos.	44
Figura 13. Ciclo PHVA en la gestión de residuos sólidos orgánicos.	45
Figura 14. Generación de residuos orgánicos Aeropuerto Internacional JMC.	46
Figura 15. Centro de Acopio actual Aeropuerto JMC	48
Figura 16. Etapas de compostaje, evolución de la temperatura y el pH	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Centros de acopio de residuos sólidos	36
Tabla 2. Balance de aprovechamiento de residuos orgánico municipio de Rionegro	38
Tabla 3. Cantidad de residuos por establecimiento	40
Tabla 4. Método del cuarteo para los días muestreados.	41
Tabla 5. Muestras y horarios de segunda caracterización de residuos orgánicos	42
Tabla 6. Poder calorífico de los residuos sólidos orgánicos.	44
Tabla 7. Plan de mejora a la actividad de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto JMC	51

RESUMEN

La composición de residuos generados en Colombia presenta una alta prevalencia de residuos orgánicos con un 60 %, que al ser dispuestos en rellenos sanitarios se convierten en una importante fuente de gases de efecto invernadero, creando la necesidad de darles otras formas de tratamiento y aprovechamiento. Se hace necesario entonces, estudiar la forma como se tratan en la actualidad; Para tal efecto, se hicieron sesiones de entrevistas con la empresa Green Group quien es la encargada de hacer la gestión de los residuos sólidos en dicho Aeropuerto. Seguido a esto se realizó la caracterización de los residuos sólidos, identificando su cantidad, composición y características fisicoquímicas. Se tomó la fracción orgánica, para obtener su densidad, poder calorífico y humedad. La información recolectada fue la base para identificar el ciclo en la gestión de los residuos sólidos orgánicos. Se encontró que los residuos sólidos orgánicos son dispuestos directamente en el relleno sanitario y se está realizando una prueba piloto para producir compost de calidad en sitios permitidos más cercanos; además estos residuos sólidos orgánicos tienen un alto potencial energético y son susceptibles a tener un tratamiento diferente al que se le pretende dar actualmente que es la compostación.

Palabras clave: Residuos sólidos, Residuos orgánicos, Aeropuerto Internacional JMC, Gestión integral.

SUMMARY

The composition of waste generated in Colombia has a high prevalence of organic waste, which when disposed in landfills becomes an important source of greenhouse gases, creating the need to give them other forms of treatment and use. It becomes to study the management and as they are treated currently. For this, interview sessions were held with the Green Group company, which is responsible for managing solid waste at this airport. following this, the solid waste characterization was carried out, identifying its quantity, composition and physicochemical characteristics. The organic fraction was taken to obtain the density, calorific value and the moisture; he information collected was the basis for identifying the cycle in the management of organic solid waste. It was found that organic solid waste is deposited directly in the landfill and a pilot test is currently underway to produce quality compost at a closer and permitted site; In addition, these organic solid wastes have a high energy potential and are likely to have a different treatment than they currently have (composting).

Keywords: Solid waste, organic waste, JMC International Airport, Integral management.

INTRODUCCIÓN

El adecuado manejo de los residuos ocupa un lugar significativo en la gestión ambiental y en la regulación de la materia, pues su generación es una de las más importantes causas de afectación de la salud humana y de degradación del entorno, es decir, amenaza el derecho colectivo al ambiente sano (Montes, 2018) entendiendo que, el derecho a un ambiente sano se extiende a todas las dimensiones necesarias para el equilibrio del medio ambiente en el cual se desarrolla la vida. Por lo tanto, incluye todas las formas de vida y las regulaciones sobre los recursos que existen en la naturaleza y que permiten el desarrollo de la vida misma (Amaya Navas, 2016).

Este derecho humano debe prevalecer en sostenibilidad frente al desarrollo económico, el cual ha incrementado significativamente la producción de residuos sólidos en todos los ámbitos (industrial y comercial) siendo inversamente proporcional al desarrollo una nación (Rodríguez, 2011). Pese a esto Colombia ha avanzado en la planificación nacional de los residuos sólidos, aunque la información y los monitoreos en estos sectores aún es escasa (Acurio, Rossin, Teixeira, y Zepeda, 1997).

Las normas ambientales establecen regulaciones para proteger, conservar o restaurar los recursos naturales, garantizando que se aprovechen de forma sostenible (Ley 99, 1993). Los residuos sólidos orgánicos, por ejemplo, requieren una correcta gestión, aprovechamiento y disposición final, en especial, si son generados en gran proporción como lo que ocurre en algunos aeropuertos colombianos como el José María Córdova (JMC) de Rionegro, debido a que son sitios en constante actividad comercial y de servicio.

El presente trabajo se centra en realizar un estudio sobre la forma en como son gestionados los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC, los cuales presentan un gran porcentaje de generación respecto a los demás residuos quienes son gestionados dentro de una terminal aérea y a asimismo, se pretende dar a conocer diferentes formas de tratamiento y

aprovechamiento que se pueden aplicar como: bioplásticos, biofertilizantes, biopesticidas, proteína para alimentos y piensos (González y Días, 2019) torrefacción, pirolisis, entre otros.

Se espera finalmente que el documento sirva como base para la toma de decisiones en cuanto al conocimiento de la gestión actual y a su vez se adapte la metodología, a las tareas de los gestores de residuos sólidos contratados por el operador aéreo del Aeropuerto, con miras al mejoramiento del desempeño ambiental.

1. ANTECEDENTES

1.1. Aspectos Generales del Aeropuerto

El Aeropuerto Internacional José María Córdova (AIJMC) fue construido durante el gobierno de Julio César Turbay en el año 1979 y su inauguración fue en el año 1985 con el gobierno de Belisario Betancur. Su construcción surgió debido a la proyección de saturación del Aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín (EOH) pues luego de 70 años de funcionamiento se vio la necesidad de un aeropuerto de gran tamaño para la ciudad, por las limitaciones del Olaya Herrera, además para que no estuviera dentro de la ciudad, se definieron 2 sitios para construir el nuevo aeropuerto uno en inmediaciones del municipio de Barbosa, y otro en el valle de San Nicolás en el Oriente antioqueño cerca de Rionegro, finalmente se tomó el sitio en Rionegro, su construcción la ejecutó la firma CES-DARCO-TAMS (Nieto, 2013).

En el año 2016 el Aeropuerto Internacional JMC incrementó su movimiento frente al mismo mes del año 2015, con una variación de 11,7 % y 664.408 pasajeros, además en este mismo año se situó como el segundo aeropuerto que más operaciones reportaba, acumulando de enero a octubre 6,3 millones de pasajeros y una variación del 13,2% frente al mismo periodo del 2015 (Portafolio, 2016).

En el año 2018 el aeropuerto está en capacidad de atender hasta 11 millones de pasajeros al año, aumentando los niveles de servicio comparado con el año 2012 donde tenía una capacidad de 4,8 millones de pasajeros al año. (ANI, 2018).

En lo que va del 2019 se han movilizado aproximadamente 5 millones de pasajeros. La Figura 1 indica el flujo de pasajeros desde el año 2016.

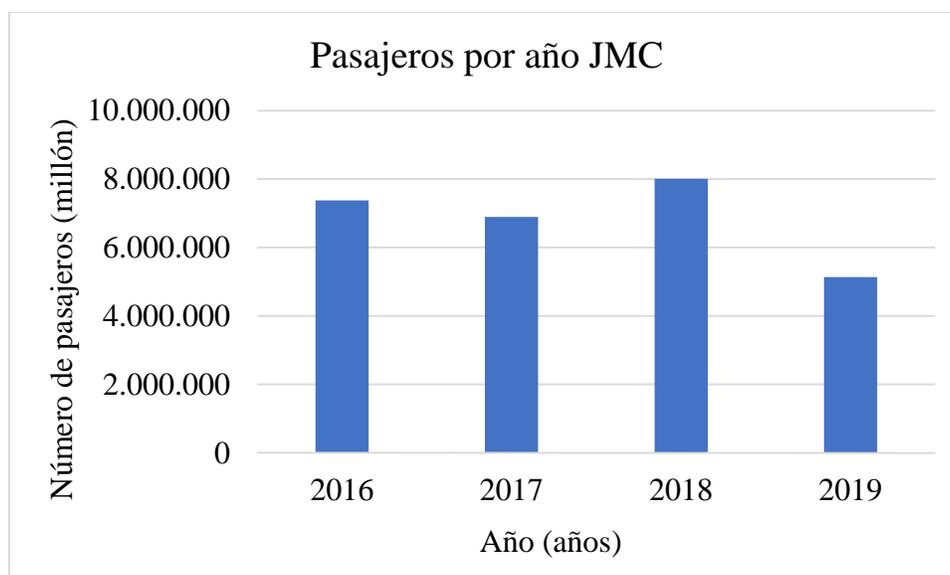


Figura 1. Pasajeros Aeropuerto Internacional JMC.

1.2. Ubicación de la Infraestructura

El Aeropuerto Internacional JMC está ubicado en la vereda Sajonia, en valle de Rionegro a 6 km del municipio de Rionegro y a 40 km por la vía a Bogotá, 45 km por la vía a las palmas y a 28 km por la vía a Santa Helena. El lote tiene un área de 486,3 ha.

La terminal de pasajeros, construida en aluminio y acrílico tiene un área de 25.000 m² y tiene tres plantas, la primera para la recogida de pasajeros, la segunda siendo la principal y usada para embarque de pasajeros y la tercera usada para restaurantes, además de ser uno de los pocos Aeropuertos en Colombia con terrazas de observación para los aficionados a la Aviación. Tiene una plataforma de 100.000 m² y un área de carga de 20.000 m² (Ramírez, 2006).

1.3. Gestión Ambiental

Airplan S.A.S., a través de la Dirección de Operaciones y la Gerencia del Aeropuerto Internacional JMC, aplica las medidas y acciones sanitarias y/o ambientales, en coordinación con

las autoridades competentes y las empresas que desarrollan actividades dentro del aeropuerto. Debido a lo anterior vela por: a) Porque éste permanezca limpio, libre de basuras o desperdicios. b) Mantiene actualizados los procedimientos de recolección y almacenamiento de residuos generados en las diferentes áreas del Aeropuerto Internacional JMC, adaptándolos a las circunstancias del momento y buscando minimizar la contaminación que produzcan. c) Mantiene una permanente coordinación y control frente a las entidades o personas encargadas de la recolección y disposición final de residuos, para que este servicio sea prestado oportuna y diligentemente. d) No permite, bajo ninguna circunstancia, almacenar a quemar a cielo abierto las basuras.

El manejo de los Residuos Sólidos se gestiona según el Plan De Operaciones Aeropuerto Internacional JMC, 2013 así:

Las personas y empresas que desarrollan actividades dentro del Aeropuerto son responsables por el estricto cumplimiento de las siguientes disposiciones: a) Todo el personal vinculado al manejo de residuos bien sea sólidos, líquidos o excretas, debe estar cobijado por un programa de salud ocupacional a cargo del empleador. b) Está prohibido almacenar residuos en sitios no autorizadas por Airplan S.A.S., y la Gerencia del Aeropuerto Internacional JMC. c) No está permitido depositar en los centros de acopio residuos de demolición y construcción-RCD u otros que requieran un manejo especial. d) Cuando se requiera almacenar transitoriamente residuos sólidos, debe hacerse en espacios o recipientes cerrados, que cumplan con las condiciones sanitarias adecuadas. e) Las estibas o embalajes de madera deben ser desarmados por el generador de este tipo de residuos, previo a su traslado al centro de acopio, de tal manera que puedan disponerse en las cajas contenedoras. f) Todos los residuos se deben empacar de acuerdo al siguiente código de colores: verde: ordinarios, beige: orgánicos, gris: reciclable y rojo: peligrosos. g) Una vez empacados, los residuos deben ser trasladados hasta las cajas estacionarias del centro

de acopio ubicado en el Aeropuerto Internacional JMC, a fin de que sean entregadas al servicio de aseo oficial. Los residuos recogidos en el Terminal (áreas públicas, área de embarque y desembarque de pasajeros y edificio administrativo), deben ser transportados directamente hasta el centro de acopio por la empresa encargada del aseo, en recipientes de material plástico con las siguientes características:

- Identificados con el nombre de la empresa responsable del transporte.
- Dotados de ruedas que faciliten su movilización.
- Cerradas en forma tal que los residuos no queden a la vista del público y no haya posibilidad que se dispersen en su transporte.

El traslado de residuos se debe efectuar tomando las medidas necesarias para evitar que éstos contaminen la plataforma o se constituyan en factor de riesgo para la operación aeroportuaria. El conductor y/o ayudante de los vehículos encargados de transportar los residuos por la plataforma del Aeropuerto Internacional JMC, debe cerciorarse que éstos queden bien acomodados, reduciendo la probabilidad de que caigan al suelo.

2. PLANTANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo de los residuos sólidos orgánicos no es problema sustancial para la operación del Aeropuerto por cuanto dispone de un sistema adecuado de recolección, transporte y disposición final. Los únicos residuos que se manejan independientemente son los provenientes de vuelos internacionales que son recolectados y almacenados para su posterior incineración.

Este plan indica que como pautas básicas, se debe garantizar la gestión integral de residuos sólidos orgánicos en coordinación con las autoridades competentes y las empresas que desarrollan actividades dentro del aeropuerto, para que las instalaciones permanezcan limpias, libre de residuos o desperdicios, mantenimiento actualizado de los procedimientos de recolección y almacenamiento de residuos generados en las diferentes áreas del Aeropuerto adaptándolos a las circunstancias del momento y buscando minimizar la contaminación que produzcan, con permanente coordinación y control frente a las entidades o personas encargadas de la recolección y disposición final de residuos, para que este servicio sea prestado oportuna y diligentemente.

Pese a esto, el Aeropuerto JMC, genera un promedio mensual de 60 toneladas de residuos sólidos de las cuales 25% de ellas orgánicas frente a otros 7 tipos de residuos. Debido a esta cantidad generada y a las problemáticas relacionadas con su aprovechamiento (posibilidad de presencia de vectores, olores ofensivos que afectan la comunidad, baja rentabilidad por costos de transporte, entre otros) se necesita realizar un estudio detallado y caracterizado sobre el manejo actual la fracción orgánica, para determinar mejoras en su gestión y potencialidades en otro tipo de aprovechamientos como apuesta alterna a la actividad actual.

Una buena gestión de los desechos persigue precisamente no perder el valor económico y la utilidad que pueden tener muchos de ellos y usarlos como materiales útiles en vez de desecharlos (Echarri, 1998).

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La gestión actual de los residuos sólidos orgánicos en el Aeropuerto Internacional JMC es la más adecuada?

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfoca en realizar un estudio para observar las condiciones de manejo de los residuos orgánicos en el aeropuerto JMC quienes son determinantes para fortalecer su gestión externa e interna en el aeropuerto.

Esa necesidad recae principalmente en evaluar el manejo frente a los aspectos establecidos en el plan maestro del Aeropuerto Internacional JMC (PMD, 2016). Allí se han formulado las pautas de manejo de residuos sólidos que son de obligatorio cumplimiento. Por otro lado, el Aeropuerto como agente generador de residuos sólidos orgánicos (y de otros tipos) debe procurar el cumplimiento de normas sanitarias (Ley 9 de 1979 y/o Decreto 1601 de 1984) además de las normas y políticas ambientales, especialmente las determinadas por el PGIRS 2015-2027 del Municipio de Rionegro, Antioquia.

El conjunto de actividades que se desarrollan en el entorno aeroportuario produce un significativo volumen de residuos, algunos de los cuales son de carácter similar a los urbanos, y otros de carácter peligroso (CONAMA, 2014).

El conocimiento de las fuentes y tipos de desechos sólidos, junto con datos sobre la composición y las tasas de generación, es básico para el diseño y operación de los elementos funcionales asociados con su manejo.

La gestión de los residuos aeroportuarios debe afrontarse de una forma proactiva, centrándose en el objetivo de la reducción de estos, teniendo en cuenta el cumplimiento de la normatividad, pues se liga a la gestión de los residuos a partir de una adecuada planificación y, su evaluación es crucial para mejorar en aspectos como generación, separación en la fuente, almacenamiento, recolección interna, tratamiento, aprovechamiento y disposición final.

Aena es el principal operador aeroportuario del mundo por número de pasajeros, este operador entiende por Aeropuerto Verde “aquel que en su gestión y operaciones prioriza la

sostenibilidad con el uso de nuevas tecnologías y procedimientos”. Las principales características de un Aeropuerto Verde serían las siguientes:

a) Uso eficiente de la energía b) Uso de energías renovables c) Uso racional del agua y otros recursos naturales. d) Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. e) Gestión eficiente de sus residuos sólidos y del reciclado. f) Utilización de buenas prácticas y estándares ambientales. g) Utilización de procedimientos para optimizar las operaciones. h) Impulso de nuevos proyectos para minimizar los impactos ambientales. i) Cumplimiento de la legislación vigente.

Los aeropuertos deben precisar, tanto en sus nuevas construcciones como en sus operaciones, un desarrollo ambiental bien consolidado pues es uno de los sistemas con mayor consumo de energía, además es sabido que optar por un adecuado manejo de los temas ambientales y un desarrollo sostenible, trae consigo una ventaja frente a las demás empresas.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Realizar un estudio sobre el manejo de los residuos sólidos orgánicos que actualmente realiza el Aeropuerto Internacional JMC con el fin de fortalecer su gestión.

5.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC
- Valorar el manejo actual de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC, teniendo en cuenta su ciclo de gestión
- Determinar medidas de mejoramiento para que la gestión actual de los residuos sólidos orgánicos se fortalezca.

6. MARCO TEÓRICO

Sobre los residuos sólidos En Colombia los términos desecho y residuo se encuentran equiparados, es decir, se pueden usar sin distinción, concibiendo que ambos hacen alusión a lo que subsiste después de haber realizado una actividad, trabajo, proceso u operación (Ochoa, 2018). Se define desecho como todo lo que es generado como producto de una actividad, ya sea por la acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos, formándose una masa heterogénea que, en muchos casos, es difícil de reincorporar a los ciclos naturales (Bustos Flores, 2009).

Como lo indica (Tchobanoglous, 1982) existen diferentes fuentes y tipos de residuos o desechos sólidos: basura o escombros, cenizas, residuos de plantas de tratamiento, desechos agrícolas, residuos peligrosos, desechos de alimentos, entre otros.

Estos últimos, son los residuos de animales frutas o vegetales que resultan del manejo, preparación, enfriamiento e ingestión de alimentos. La característica más importante de estos desechos es que son altamente putrescibles y se descomponen rápidamente. A menudo, la descomposición conducirá al desarrollo de olores ofensivos. En muchos lugares, la naturaleza putrescible de estos desechos influenciará apreciablemente el diseño y la operación del sistema de recolección de desecho. Además de las cantidades de desechos de alimentos producidos en residencias se producen cantidades considerables en cafeterías, restaurantes y en instalaciones institucionales grandes como hospitales, prisiones e instalaciones asociadas con el mercadeo de alimentos, incluyendo tiendas y mercados al por mayor y menor (Tchobanoglous, 1982).

Las fuentes en donde se generan estos residuos, en general, están asociadas con el uso de la tierra y la zonificación. Aunque se puede clasificar las fuentes hasta un número indeterminado, se han encontrado útiles las siguientes categorías: 1) residencial, 2) comercial, 3) municipal, 4) industrial, 5) áreas libres, 6) plantas de tratamiento y 7) agrícola. Los residuos aeroportuarios se encuentran en la categoría de municipal y comercial (Tchobanoglous, 1982), y por tanto deben de

prestar bastante atención en el control y seguimiento, desde su origen y almacenamiento hasta su retirada y transferencia a los responsables de su tratamiento (CONAMA, 2014). Por esta razón es de vital importancia contar con estudios periódicos que permitan identificar las cantidades por tipos de residuos, volúmenes, densidades, humedad y poder calorífico, entre otros, para realizar actividades de tratamiento y aprovechamiento claras y seguras exigidas para grandes generadores y en medio de operaciones aéreas.

6.1. Caracterización de residuos sólidos

Para realizar una caracterización adecuada, se debe esclarecer la gestión de los desechos sólidos, la cual comprende cuatro actividades principales: Reducción, Reciclaje, Transformación y Vertido como se observa en la Figura 2. Con esto, se posibilita la reducción de algunos residuos susceptibles de aprovechar, el reciclaje es más efectivo y también los procesos de transformación (química, física o biológica), además, se aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios pues se permite una operación más eficiente.

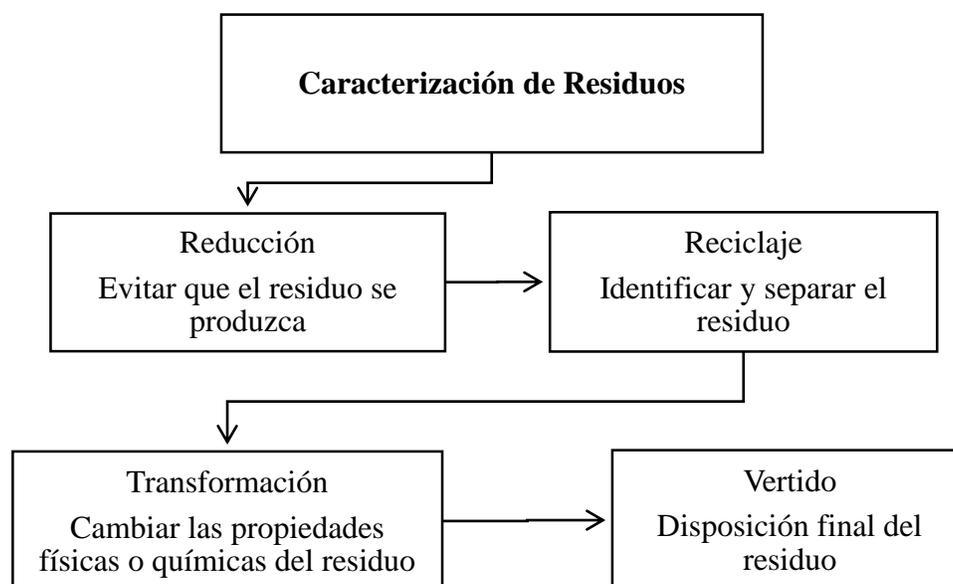


Figura 2. Fases en la gestión de residuos sólidos. Fuente: Elaboración propia.

6.2. Gestión de residuos sólidos orgánicos

Dentro de la categoría de residuos orgánicos aparecen con gran importancia los residuos generados por los alimentos en sus diferentes etapas de la producción, los cuales se pierden y desperdician en el país a razón de 9,76 millones de toneladas de alimentos al año, equivalentes al 34% de la oferta disponible de alimentos destinada a consumo humano (CONPES, 2016).

Cabe resaltar que la gestión de los residuos sólidos orgánicos debe iniciar desde una adecuada separación en la fuente, pues de esta depende que puedan ser aprovechables y no estén contaminados con otro tipo de residuos, los residuos orgánicos pueden convertirse en fertilizantes, abonos caseros, inclusive alimento para animales. A continuación, se muestran algunas de las formas en que se pueden tratar los residuos sólidos orgánicos:

- Compost:

El compostaje es un proceso natural y biooxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aerobios que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final una materia orgánica estable, libre de patógenos y disponible para ser utilizada en la agricultura como abono acondicionador (Arroyave y Vahos, 1999). Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos tipos: parámetros de seguimiento (temperatura, humedad, pH, aireación y espacio de aire libre) y parámetros relativos a la naturaleza del sustrato (tamaño de partícula, relación C/N y C/P, nutrientes, materia orgánica y conductividad eléctrica) (Moreno y Moral, 2008).

- Biogás:

Es un tipo de compost anaerobio, se lleva a cabo en contenedores sellados que permiten la recuperación y uso del biogás que se genera al descomponerse los residuos (Semarnat, 2002).

- Rehabilitación de suelos:

La riqueza en materia orgánica de los residuos orgánicos y su carácter coloidal mejorará el balance hídrico del suelo al aumentar la capacidad de retención hídrica lo que permitirá al suelo resistir mejor los periodos de sequía. La inducción de la actividad biológica y microbiológica por la adición de la enmienda orgánica constituye el mecanismo fundamental por el que tiene lugar la recuperación del suelo (Hernández, García, Sánchez, Bernal, y Carrillo, 2014).

- Torrefacción:

La Torrefacción es un tratamiento termoquímico de la biomasa que se produce a temperaturas de entre 200 y 300°C en ausencia de O_2 que produce cambios beneficiosos en la composición de la biomasa: reducción del contenido en fibras, aumento del poder calorífico y resistencia a la degradación (CENER, 2016).

- Pirólisis:

Es la descomposición térmica de la materia orgánica, en ausencia de oxígeno. Los compuestos basados en carbono contenidos en el residuo se descomponen dando gases, hidrocarburos condensables y residuos carbonosos (Castells y Velo, 2005).

- Oxidación:

Esta tecnología está basada en el uso de agentes oxidantes tales como peróxido de hidrógeno, ozono o hipoclorito de calcio para oxidar la materia orgánica. La oxidación con aire húmedo es un tratamiento que rompe enlaces presentes en los compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables, se realiza a altas temperaturas y presiones y se desarrolló originalmente para tratar lodos residuales (Regato, 2017).

6.3. Ciclo de la mejora continua

El ciclo de la mejora continua “Planear-Hacer-Verificar-Actuar” fue desarrollado inicialmente en la década de 1920 por Walter Shewhart, y fue popularizado luego por W. Edwards Deming, razón por la cual es frecuentemente conocido como “Ciclo de Deming”. El PHVA es un ciclo dinámico que puede desarrollarse dentro de cada proceso y en el sistema de procesos como un todo. Está íntimamente asociado con la planificación, implementación, control y mejor continua en los procesos de un sistema de gestión (Pérez y Francisco, 2007).

Para valorar el manejo actual de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC, se debe tener en cuenta su ciclo de gestión actual y determinar si cumple con etapas de alta eficacia con lo que se permitirá reducir costos, optimizar la productividad, ganar cuota de mercado e incrementar la rentabilidad de las organizaciones; así se logra, además, el mantenimiento de beneficios de una manera continua, progresiva y constante. Esto se puede determinar a través de la evaluación de su mejora continua.

6.4. Plan de mejoramiento

Un plan de mejoramiento consiste en la elaboración desde la organización de un instrumento que permita determinar y seleccionar las oportunidades de mejora e implementar las acciones requeridas que conlleven al cumplimiento de requisitos establecidos en la gestión y aumentar la eficiencia y eficacia del proceso dispuesto. Las mejoras deben incluir la mejora en la gestión considerando expectativas y necesidades futuras; corregir, prevenir o reducir los efectos no deseados; y mejorar el desempeño del ciclo de la gestión (ISO 9001, 2015).

7. MARCO LEGAL

Según el ministerio del medio ambiente, Colombia es uno de los países de América Latina que cuenta con una política desarrollada en forma explícita para la gestión de los residuos sólidos. La política nacional para la gestión de residuos sólidos se fundamenta, principalmente en la Constitución Colombiana del 1991, la Ley 99 del 1993, la Ley 192 de 1994, y el documento ONPES 2750 del ministerio del medio ambiente. Sin embargo, se muestran a continuación otras normas importantes para la gestión de los residuos sólidos:

- Ley 09 de 1979. Por la cual se dictan medidas sanitarias, específicamente en su artículo 28 habla del almacenamiento de basuras, el cual deberá hacerse en recipientes o por periodos que impidan la proliferación de insectos o roedores y que eviten la aparición de condiciones que afecten la estética del lugar.

- Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones. De acuerdo con lo dispuesto en esta ley, el transporte, el tratamiento, el aprovechamiento y la disposición de residuos son actividades complementarias al servicio público domiciliario de aseo y por lo tanto se consideran parte de él.

- Resolución 4730 de 2000 por la cual se adopta la política ambiental de la Aeronáutica Civil de Colombia, algunos de sus postulados son: a) Racionaliza el consumo de los recursos naturales, minimizando el uso de materiales peligrosos y reduciendo la generación de residuos (sólidos, líquidos, emisiones y ruido). b) Incluye en todos sus proyectos, obras, actividades y servicios criterios ambientales bajo los principios de desarrollo sostenible, prevención de la contaminación y mejoramiento continuo.

- Decreto 1713 de 2002 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Se establecen las definiciones referentes al manejo de residuos sólidos, tales como Separación en la fuente, recuperación, reutilización, tratamiento, recolección, relleno sanitario, entre otros. En el

artículo 67 se indican los propósitos de la recuperación y el aprovechamiento. En el artículo 71 se indican algunas formas de aprovechamiento de los residuos sólidos.

- Decreto 838 de 2005. Por el cual se modifica el decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Al igual que el decreto anterior indica algunas definiciones importantes y además enfatiza en las pautas que se deben seguir para la construcción, operación, control y monitoreo de los rellenos sanitarios.

- Decreto 2981 de 2013. Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo en su artículo 20 habla de los sistemas de almacenamiento colectivo de residuos sólidos, indicando que todo usuario agrupado del servicio público de aseo deberá tener una unidad de almacenamiento de los residuos sólidos que cumpla con los requisitos mínimos exigidos en esta norma. Además, en su parágrafo 4 del mismo artículo indica que las terminales de transporte deben establecer programas internos de almacenamiento y presentación de residuos, de modo que se minimice la mezcla de estos y se facilite el manejo y posterior aprovechamiento en especial de los de origen orgánico.

En el ICA 2018 entregado a la ANLA se deja la aclaración del manejo actual de los residuos orgánicos por parte del aeropuerto y se aclara el manejo de los mismos dentro de las instalaciones de centro de acopio del aeropuerto.

La empresa no desarrolla, ejecuta o gestiona; el proyecto piloto, de manejo de residuos orgánicos, para ser valorizados como compostaje. Dicho proyecto, está bajo la titularidad de la empresa GREEN GROUP. La ANLA, mediante la Resolución 25 del 15 de enero de 2016, confinó su decisión bajo el entendido, de que el citado proyecto era justificativo; de las acciones de manejo y disposición de los residuos sólidos orgánicos, generados en el Aeropuerto.

Con el ICA 2016, se allegó el documento suscrito por GREEN GROUP. Donde explica en qué consiste, el Proyecto Piloto de Manejo de Residuos Orgánicos y su proyección respecto al AIJMC.

No obstante, es necesario indicar, que AIRPLAN SAS, no hace parte del proyecto piloto de GREEN GROUP para el aprovechamiento de residuos orgánicos, toda vez que dentro de área intervenida por el proyecto no es posible por razones de seguridad permitir que el proyecto piloto de su gestora GREEN GROUP tenga un espacio, al menos en un mediano plazo.

Por lo anterior, AIRPLAN S.A.S cuenta con puntos, de acopio temporal de residuos orgánicos; los cuales son entregados en este momento a GREEN GROUP para su procesamiento y transformación en compost con valorizadores de dichos residuos. Es de recordar que la Empresa GREEN GROUP SAS, se dedica a la gestión integral y sostenible de los residuos peligrosos y no peligrosos en diversos sectores empresariales, entre ellos los producidos por el aeropuerto. GREEN GROUP SAS. El Grupo está conformado por las siguientes Empresas: Transformaciones Girasol SAS. Dedicada a la valorización de residuos plásticos; ECONCIENCIA. Dedicada a la transformación de resinas plásticas convertidas en Madera Plástica. PLANETA VERDE. Dedicada al manejo integral de residuos reciclables en el Oriente Antioqueño y GEOFUTURO SAS. Dedicada a la gestión de residuos reciclables y excedentes industriales.

Los Servicios son prestados por GREEN GROUP SAS, se hacen a través de Gestores Reconocidos, Certificados y Avalados por la Autoridad Ambiental; cumpliendo con la Normativa Legal. Entre dichos gestores se encuentran:

Ecologística Biochemical group

Biochemical group

Tecniamsa SA ESP

Rio aseo total ESP y

Los cedros parque ambiental

Es de señalar que la empresa GREEN GROUP, no alcanza el volumen de 20.000 t/año, por lo cual no requiere Licencia Ambiental. En virtud del Decreto 2150 de 1995, no es posible para CORNARE, o cualquier otra Corporación; establecer PMA, sobre aquellos proyectos, que en virtud de la ley, no requieren Licencia Ambiental. Por lo cual el PMA, aceptado como instrumento de seguimiento y control, por parte de CORNARE a GREEN GROUP, es de auto control; supeditado a las funciones, de seguimiento y control ambientales, de la citada Autoridad Ambiental. Dentro de sus funciones de administración, de los recursos naturales, dentro de su jurisdicción.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente el Aeropuerto Internacional JMC solicita a la ANLA, dar por cumplidos los requerimientos relativos al avance del proyecto piloto, ya que AIRPLAN SAS NO DESARROLLA O VA A DESARROLLAR UN PROGRAMA DE COMPOSTAJE, toda vez que no se plantea a mediano plazo en la posibilidad de establecer una planta de compostaje en el área de intervención del Aeropuerto por consideraciones de seguridad aeronáutica y excluirlos de próximos seguimientos.

8. METODOLOGÍA

8.1. Métodos para caracterizar y analizar los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto

La caracterización de los residuos sólidos establece recolectar información secundaria e información en el lugar a estudiar, de la siguiente manera:

- Identificación de infraestructura urbana para la gestión de residuos sólidos

Se verifica la infraestructura de la ciudad o región adyacente al Aeropuerto para el tratamiento y manejo de los residuos sólidos, es decir, cómo opera, que regulaciones implementan para la disposición final de sus residuos, puntos de reúso, reutilización y reciclaje de los residuos existentes. Luego se enfatizan los residuos sólidos orgánicos pues son los que se pretenden estudiar más detalladamente.

- Reconocimiento de la gestión de residuos sólidos en diferentes zonas del Aeropuerto

En visitas realizadas, se comprueba el personal o entidad a cargo de la gestión de residuos y la forma de obtener los datos de generación (Kg) de residuos orgánicos, además de sus potencialidades de aprovechamiento.

- Caracterización de residuos sólidos con énfasis en fracción orgánica

Se realizó durante dos semanas, en las que se cubren los días pico y valle (de operaciones aéreas). Para capturar posibles aumentos de desechos en el Aeropuerto debido a los mayores flujos de pasajeros, se caracteriza también en fines de semana; teniendo en cuenta los mayores o menores flujos, la caracterización puede ser referenciada en cualquier momento del año.

El propósito de la caracterización de los residuos sólidos es determinar y cuantificar su composición, y definir las características de los residuos orgánicos, quienes son los de mayor interés en el presente trabajo.

En cada uno de los días seleccionados para la actividad de pesaje, el cuarteo se llevó a cabo con una muestra de los residuos sólidos a los cuales se les midió el peso. Se recomienda tomar una

muestra de aproximadamente 1 m³ de los residuos recolectados y verter en un piso limpio, la muestra se mezcla y una parte se recolecta después de dividirla en tres cuartos (CEPIS, 2004) como se muestra en la Figura 3.

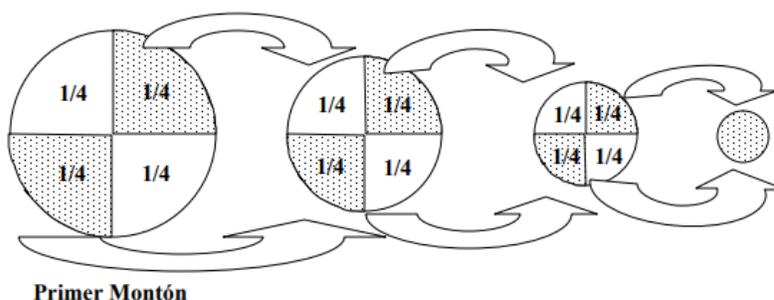


Figura 3. Método de cuarteo para caracterización de residuos sólidos.. Fuente: Guía para caracterización de residuos sólidos domiciliarios

La determinación de su composición física se realizó con el último montón de residuos sólidos obtenido en el método de cuarteo, para luego determinar el peso de cada residuo, Figura 4.



Figura 4. Actividad de separación de residuos por tipo y medición de peso para cada tipo de residuo.

- Medición de densidad o Peso Volumétrico

También se conoce como peso específico y se refiere al peso de un material por unidad de volumen. Para encontrar el volumen es necesario medir un contenedor, seleccionar una muestra

heterogénea de los desechos, colocar el material en el contenedor, registrar en un formato el volumen de desechos no compactados y aplicar la fórmula de densidad (Ecuación 1).

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \quad (1)$$

A todas las muestras de residuos sólidos orgánicos se les calculó la densidad colocándolos en un cilindro de volumen conocido el cual se agita por tres veces (para llenar los espacios vacíos) y se mide la altura del cilindro, donde llega la basura, Figura 5 y así se calcula el volumen de la basura y con esta información hallar la densidad (RAS, 2000).



Figura 5. Medición de la densidad, en un contenedor de volumen conocido.

- Cantidad de residuos sólidos orgánicos

Se pesó la totalidad de los residuos orgánicos con la balanza electrónica de peso. El pesaje se realizó en un intervalo de dos semanas. se tomaron las muestras un día de la semana laboral (de lunes a viernes) y un día fin de semana (sábado o domingo).

- Cálculo del contenido de humedad de los residuos sólidos orgánicos

Para determinar el contenido de humedad de los residuos sólidos orgánicos, se realizó un proceso de secado térmico con muestras que deben seleccionarse de los residuos generados en el

aeropuerto. El proceso de muestreo debe llevarse a cabo de acuerdo con la cantidad de residuos generados en los locales comerciales y la cantidad de residuos que se recolectan en estos establecimientos. En el caso de los desechos generados en el Aeropuerto JMC, se recolectaron muestras de desechos orgánicos tres veces al día durante aproximadamente 45 días. Las muestras pesaron aproximadamente 250 gramos, Se colocan en bolsas Ziploc para minimizar la descomposición y se almacenan en recipientes de plástico sellados, Figura 6.



Figura 6. Contenedores para toma de muestras de residuos en centro de recogida.

Las muestras de residuos se secan a una temperatura de 105 ° C durante veinticuatro horas aproximadamente, en un horno adecuado para esta función; La masa de los residuos debe registrarse antes y después del proceso de secado, para encontrar la cantidad inicial y final de agua y aplicar la fórmula de obtención de porcentaje de humedad (Ecuación 2) en cada muestra una vez que el desecho esté seco, Figura 7. Luego se almacena nuevamente en bolsas Ziploc y en un contenedor cerrado para conservarlo hasta que comience el proceso de análisis de energía y poder calorífico.

$$\omega = \frac{W_M}{W_W} \quad (2)$$

Donde,

ω = Contenido de humedad de los residuos sólidos

W_M = Peso de la mezcla

W_W = Peso del agua contenido en los residuos sólidos



Figura 7. Proceso de secado de residuos (horno) y residuos Orgánicos secos.

- Cálculo del Poder Calorífico

El poder calorífico se obtuvo de los análisis realizados en el laboratorio de Carbones de la Universidad Nacional de Colombia en donde fueron analizadas las muestras de los residuos sólidos orgánicos bajo el documento normativo ASTM D5865 – 13.

8.2. Métodos para valorar el manejo actual de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto

Internacional JMC

Para lograr este objetivo se selecciona el método de Ciclo de Mejora continua que ayuda a determinar y describir las actividades realizadas a través del ciclo de gestión de los residuos sólidos orgánicos en el Aeropuerto JMC. Se realizó la valoración del manejo actual de los residuos, a través de la siguiente estructura, Figura 8.

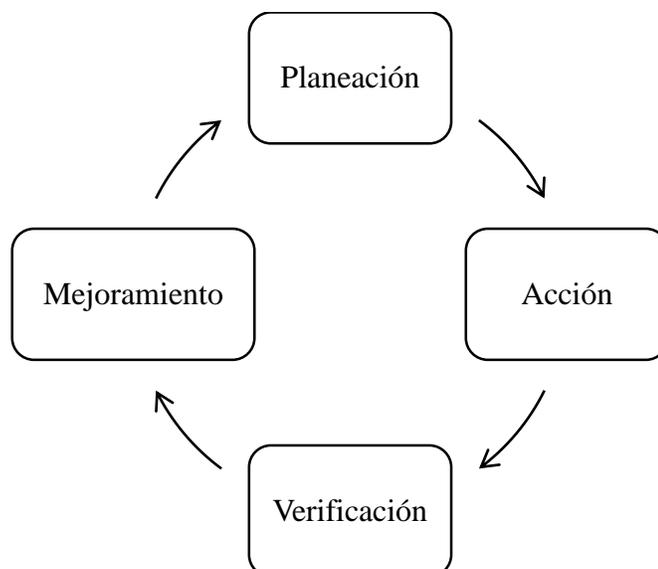


Figura 8. Ciclo de gestión PHVA.

Cada uno de los ítems anteriores muestra un análisis en la gestión de los residuos, además, se puede aplicar a todos los campos; en este caso para dar información sobre la gestión de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC, desde su generación hasta su disposición final y a partir de la definición esquemática de este modelo, se procede a determinar estrategias de mejora al sistema de gestión de residuos orgánicos.

8.3. Métodos para determinar medidas de mejoramiento en la gestión actual de los residuos sólidos orgánicos

Las mejoras en un sistema se deben tomar cuando no se está conforme con el sistema. Ante esta situación el método utilizado obrará de acuerdo al ciclo de gestión de la mejora continua, en su etapa de actuación. Es allí donde se establecen la toma de acciones para controlar, corregir y tomar medidas, evaluar la necesidad de acciones para eliminar las causas; implementar acciones o medidas correctivas revisando su eficacia y si es necesario, hacer cambios en el ciclo de gestión. La figura 9 esquematiza la forma de elaborar el instrumento de mejoramiento.



Figura 9. Esquema de acciones de mejoramiento

9. RESULTADOS

9.1. Resultados obtenidos en la caracterización y análisis de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC

9.1.1 Identificación de infraestructura urbana para la gestión de residuos sólidos

- Identificación de puntos de acopio, bodegas (ECAS)

En información obtenida del PGIRS actual de Rionegro, existen 18 unidades de acopio de residuos sólidos establecidas en el Municipio de Rionegro. El operador de Gestión de Residuos Sólidos Green Group con las cuales el Aeropuerto José María Córdova ha tenido actividades comerciales para el aprovechamiento de residuos sólidos como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Centros de acopio de residuos sólidos

Barrio	Frecuencia	Porcentaje
Alto del medio	2	11,1%
Centro	8	44,4%
Cuatro esquinas	2	11,1%
La laja	4	22,2%
Marinilla	1	5,6%
Santa Ana	1	5,6%
Total general	18	100%

Fuente: PGIRS Rionegro, 2015.

Estos establecimientos llevan en funcionamiento el tiempo suficiente para tener experiencia en temas relacionados con el reciclaje o la recuperación de re so con propósito de aprovechamiento. La mayoría tienen instalaciones en arrendamiento (61%) y el 90% labora 6 días a la semana. Además 13 de estos establecimientos cuentan con inscripciones en cámara de comercio y 11 poseen registro mercantil. Las actividades que realizan estas empresas tienen que ver con pretransformación, separación, clasificación, embalaje y almacenamiento de residuos.

El total de estas instalaciones no realiza aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos biodegradables, ocupando su actividad solo a residuos inorgánicos aprovechables.

- Identificación de infraestructura para la disposición final

Rionegro no posee relleno sanitario, por lo tanto, se llevan los residuos no aprovechables al relleno sanitario regional la pradera, el cual se encuentra a 91 km del municipio de Rionegro. Este relleno cuenta con licencia ambiental expedida por Corantioquia y en el depositan sus residuos no aprovechables o mezclados 22 municipios del departamento de Antioquia, incluyendo Rionegro. La razón por la cual Rionegro no cuenta con relleno sanitario se debe a las disposiciones aéreas del Aeropuerto Internacional JMC para lo cual no se permite presencia de aves cerca al cono de aproximación aérea el cual está regulado por la Aerocivil (Airplan, 2013)

- Identificación de aprovechamiento residuos orgánicos

El Aeropuerto Internacional JMC genera un promedio mensual de 60 ton de residuos sólidos (25% de ellas orgánicas), según datos suministrados por Green Group. No todos los locales comerciales generan residuos orgánicos y algunos establecimientos envían sus residuos al shut de basura directamente, mientras que otros se recolectan directamente del establecimiento.

Acorde con el PGIRS, el Municipio de Rionegro no tiene un programa o proyecto estructurado para el aprovechamiento de residuos orgánicos, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Balance de aprovechamiento de residuos orgánico municipio de Rionegro

Nº	Empresa	Cantidad de Residuos aprovechados (ton/mes)	Cantidad de Residuos aprovechados (ton/día)	Observaciones
1	Green Group	50	1,6	Residuos de generadores de Rionegro y Guarne
2	Parque Ambiental Los Cedros	42	1,4	Residuos de generadores de Rionegro principalmente: de alimentos, grasas y lodos de sistemas sépticos
3	La CAM (588 m3/mes: corte césped y poda árboles)	147(1)	4,9	Residuos de corte de césped y poda. Se entregan a operador en el Carmen de Viboral. La CAM, proyecta Centro de Compostaje, para final de año 2.015, de acuerdo a convenio entre el Municipio y la Empresa
	TOTAL	239	7,9	
	% de aprovechamiento Residuos Orgánicos		7	Se calcula con base en la disposición final de 97 ton/día, reportada por Emvarias-EPM+ Aprovechamiento Reciclables de 10 ton/día, reportados por Servimos y Planeta Verde

Fuente: PGIRS Rionegro, 2015.

De acuerdo con esta tabla anterior, el 50% (57 ton/día) del orgánico total diario se dispone en el relleno sanitario la pradera, desperdiciando gran cantidad de masa y energía en este lugar.

El total de estas instalaciones no realiza aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos biodegradables, ocupando su actividad solo a residuos inorgánicos aprovechables.

Esto se debe a las dificultades que ha tenido el municipio para localizar en su jurisdicción una infraestructura de estas, debido a que sus operaciones pueden atraer aves carroñeras atraídas por el gas metano (CH_4) que por naturaleza pueden generarse en procesos de compostación que es la alternativa más común en el territorio y ocasionar inconvenientes y peligros a la operación aérea.

El centro de acopio que se construyó para la selección y manejo de residuos del Aeropuerto Internacional JMC, cuenta con personal dedicado a la clasificación y recuperación del material y la adecuada disposición de los residuos que se generan, en cumplimiento de la normatividad ambiental vigente. El espacio físico de acopio se encuentra a las afueras del aeropuerto (a 700 m de la pista principal) y las actividades realizadas allí son: separación en la fuente, recolección, segregación y almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento, comercialización o disposición final. La fracción orgánica separada es llevada directamente a la disposición final (Parque Ambiental La pradera) debido al cierre parcial del parque Ambiental Los Cedros, donde se llevaban inicialmente (el cual también ha tenido dificultades con la comunidad por olores ofensivos) ya que aún no se tramita un convenio con la CAR y la cercanía al aeropuerto impide su tratamiento y aprovechamiento directo en sus instalaciones.

9.1.2 Caracterización de residuos sólidos con énfasis en fracción orgánica

Se realiza una primera caracterización en el mes de noviembre de 2017, Para realizarla, primero se determinó la cantidad de residuos entre orgánicos y no orgánicos para identificar su proporción. Se recolectaron tanto residuos ordinarios como residuos orgánicos, evidenciándose una mayor cantidad en los residuos ordinarios, esto porque los establecimientos como restaurantes y cafeterías donde se genera mayor residuo orgánico, existen en menor cantidad. En los días 3 y 4 se observa un aumento, comparándolos con los primeros dos días de muestreo, pues los fines de semana existe un mayor flujo de pasajeros en el Aeropuerto y por ende mayor generación de residuos tanto ordinarios como orgánicos. La recolección se realizó los días 29 y 30 de noviembre

(días 1 y 2, miércoles y jueves respectivamente) y los días 2 y 3 de diciembre del año 2017 (días 3 y 4, sábado y domingo respectivamente) como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Cantidad de residuos por establecimiento

Establecimiento	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4	
	Ord.	Org.	Ord.	Org.	Ord.	Org.	Ord.	Org.
Colombia Tropical	1,4	9,4			2	12,6		
Santa Elena	2,7				3,4			
Santa Clara	4,3				4,5			
Dunkin Donuts	1,2				3			
Juan Valdés	4,4	11,1	2,8		5	11,5	2,8	
Viena	20,9	9	7,4	18,4	21	12	7,5	23,8
Kokoriko	20,4	2,2	1		20	3,3	1,3	
Piccolo	0,5	7	1,8	12	1	8,7		
Johnny Carl		7,8				8,4	2,4	15
J y C delicias	2,3	3,9	1,9	2,3	3,5	4,5	2,3	4
Beer			2,8				3,8	
Shut 2			17,8				19	
Shut 3			0,9				1,9	
Shut 4	7		13,5		8		13,8	
Shut 5			0,6				1	
Shut 13	9,7		7,5		10		7,6	
Shut 14	4,9		5		6		6	
Shut 15	18,9		9,9		18		10	
Shut 12	18		11,4		17		11,7	

Fuente: Elaboración propia.

Después de tener los pesos de los residuos se procede a realizar la caracterización de residuos por el método del cuarteo, midiendo el peso para cada uno. Tabla 4.

Tabla 4. Método del cuarteo para los días muestreados.

Muestra	Tipo de residuo	Cantidad (kg)	Primer cuartil (kg)	Segundo cuartil (kg)	Densidad (kg/m ³)
Día 1	Orgánico	50,4	12,6	3,15	62
Día 2	Orgánico	32,7	8,17	2,04	49,6
Día 3	Orgánico	61	15,5	3,8	650,4
Día 4	Orgánico	42,8	10	2,6	500,1
Promedio		46,72	11,56	2,89	560,77

Fuente: Elaboración propia.

Según la información de la tabla 4, la caracterización arroja una cantidad para los 4 días muestreados en una semana, de 46.72 kg/día promedio de residuos orgánicos biodegradables. En una semana se podría proyectar una generación de 327.04 kg/semana; al mes podría proyectarse una generación aproximada de 1.5 toneladas. Se recalca que dicha generación obedece a locales comerciales ubicados en plataformas del aeropuerto sin contabilizar los residuos orgánicos biodegradables provenientes de vuelos nacionales. La densidad de los residuos sólidos orgánicos se encuentra en un promedio de 560.77 kg/m³, encontrándose en los rangos empleados frecuentemente para tipo de residuo comercial, residuos de comida (húmedos) con valores de 475 – 950 kg/m³ establecidos en el Título F del RAS 2000.

Una segunda caracterización de residuos orgánicos realizada el día 27 de mayo de 2018 (Domingo), se realiza con el fin de corroborar información en un día de alto flujo de pasajeros. Se recolectaron 5 muestras de residuos sólidos orgánicos para conocer su cantidad y su densidad, como se observa en la tabla 5. Además, se recolectaron también los residuos provenientes de vuelos nacionales.

Tabla 5. Muestras y horarios de segunda caracterización de residuos orgánicos

Número de muestra	Hora
1	6:00 am
2	8:00 am
3	10:30 am
4	11:30 am
5	5:00 pm

Fuente: elaboración propia.

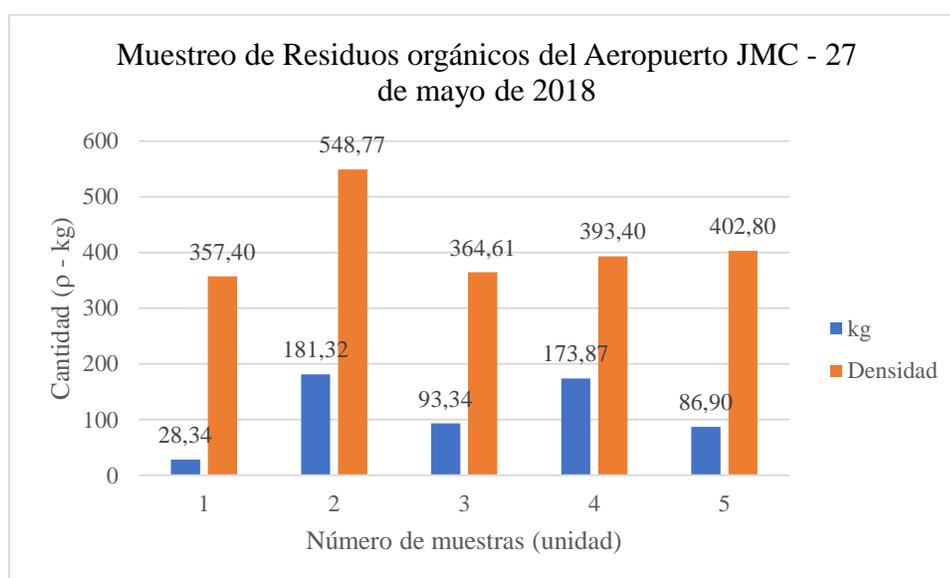


Figura 10. Muestreo de Residuos orgánicos del Aeropuerto JMC - 27 de mayo de 2018

Según la información de la Figura 10, la caracterización arroja una cantidad para este día de 563.7 kg de residuos orgánicos biodegradables. En una semana se podría proyectar una generación de 3946 kg/semana; al mes podría proyectarse una generación aproximada de 17.5 toneladas. El valor aumenta y es más coherente en la generación general de residuos sólidos orgánicos biodegradables, al tenerse en cuenta también los residuos generados en vuelos nacionales. La densidad de los residuos sólidos orgánicos se encuentra en un promedio de 450kg/m^3 , encontrándose un poco por debajo de los rangos empleados frecuentemente para tipo de

residuo comercial, residuos de comida (húmedos) con valores de 475 – 950 kg/m³ establecidos en el Título F del RAS 2000.

Al comparar los datos de cantidades de residuos sólidos orgánicos biodegradables con los datos aportados por Green Group desde 2014 hasta 2017 mensualmente, se puede determinar que los datos no son coincidentes y que las variaciones que han sufridos las generaciones han obedecido a inconvenientes administrativos, paros de empresas, aumentos de población que ingresa y sale del aeropuerto entre otras variables. Se muestra en la Figura 11, la cantidad de residuos orgánicos que han sido gestionados, desde el año 2014 hasta el año 2017, en las instalaciones del Aeropuerto Internacional JMC por parte de Green Group.

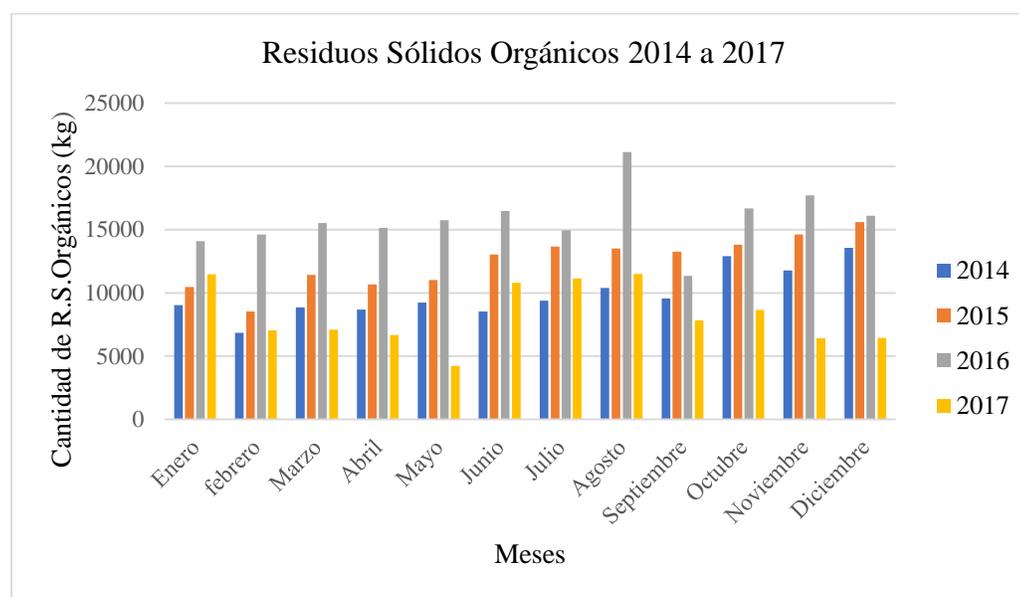


Figura 11. Generación de residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC.

9.1.3 Cálculo del contenido de humedad de los residuos sólidos orgánicos

En total fueron analizadas 14 muestras, en el laboratorio de química de la Universidad Católica de Oriente; Después de registrar su peso inicial y de llevarlas al horno por 24 horas, se muestra a continuación los datos de humedad hallados para cada una de las muestras analizadas.

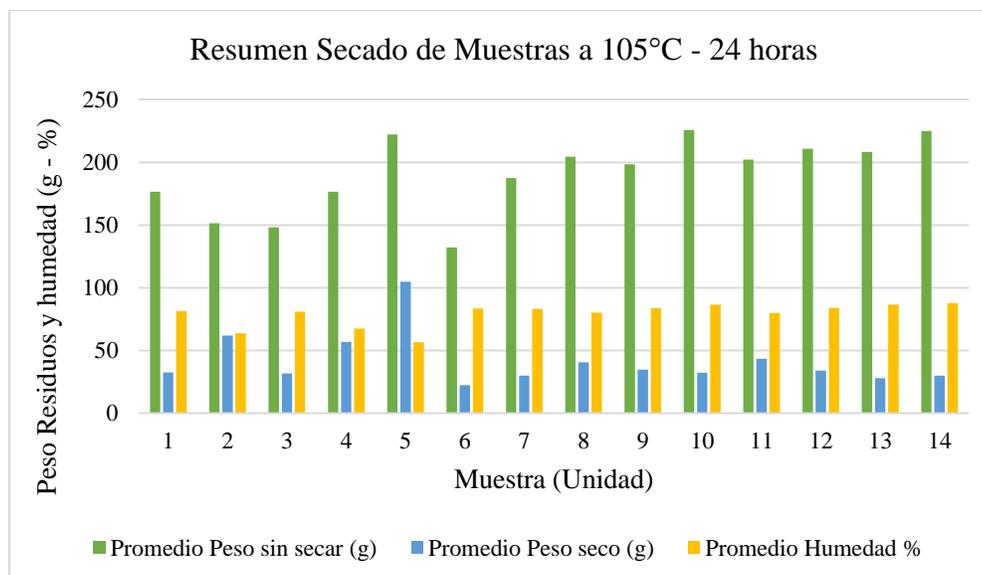


Figura 12. Contenido de humedad residuos orgánicos.

Acorde con la Figura 12 en las 14 muestras el dato menor de humedad fue de 56.58% (muestra 5) y el dato mayor fue de 87.64% (muestra 14). La humedad de los residuos sólidos orgánicos se encuentra en un promedio de 78.8%, encontrándose en los rangos empleados frecuentemente para tipo de residuo comercial, residuos de comida (húmedos) con valores de 50-80% establecidos en el Título F del RAS 2000.

9.1.4 Cálculo del Poder Calorífico

Los resultados obtenidos de los análisis realizados en el laboratorio de Carbones de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Poder calorífico de los residuos sólidos orgánicos.

FECHA DE ANÁLISIS	ENSAYO	DOCUMENTO NORMATIVO	RESULTADO	UNID.
9/10/2018	Poder Calorífico	ASTM D5865 - 13	4235	cal/g
9/10/2018	Poder Calorífico	ASTM D5865 - 13	17732	J/g

Fuente: Laboratorio de Carbones UN

El poder calorífico de los residuos sólidos orgánicos se encuentra en un promedio de 4.238 kcal/g, encontrándose por debajo de los rangos empleados frecuentemente para componentes energéticos de residuos de comida con valores de 833 – 1167 kcal/g establecidos en el Título F del RAS 2000.

9.2. Resultados obtenidos en la valoración del manejo actual de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC.

Se muestra a continuación el manejo de los residuos sólidos en general Figura 13 y después se enfatiza en los residuos orgánicos.

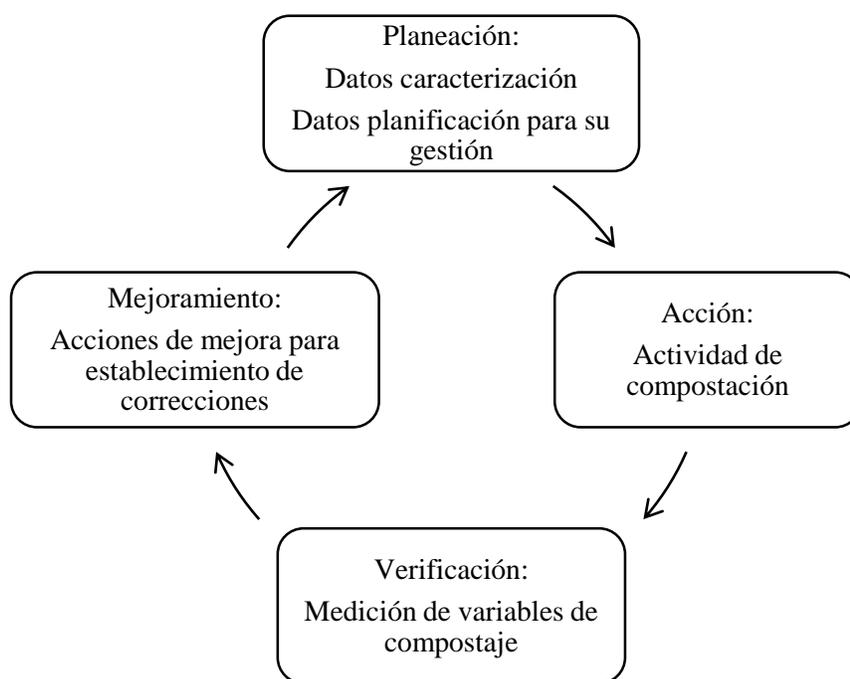


Figura 13. Ciclo PHVA en la gestión de residuos sólidos orgánicos.

Planeación

La caracterización de los residuos sólidos en el Aeropuerto Internacional JMC se realiza una vez al año teniendo en cuenta las orientaciones del plan de manejo ambiental aeroportuario

establecido por AIRPLAN; al mismo tiempo el operador de residuos sólidos Green Group realiza mediciones diarias de las condiciones de los residuos por tipo, que provienen de los establecimientos comerciales de la terminal y de la plataforma aérea. A pesar de que esta información es relevante, las caracterizaciones de residuos sólidos definidas por autores como Sakurai, la OPS/OMS y las reglamentaciones del Título F del RAS 2000, exigen determinar también su densidad, su volumen, su humedad y su poder calorífico con las finalidades de mejora en el tratamiento y aprovechamiento del mismo residuo.

Se muestra a continuación la cantidad de generación de residuos sólidos orgánicos en el Aeropuerto y que fueron ejecutados por Green Group, desde el año 2016 hasta el mes de agosto del 2019. Figura 14.

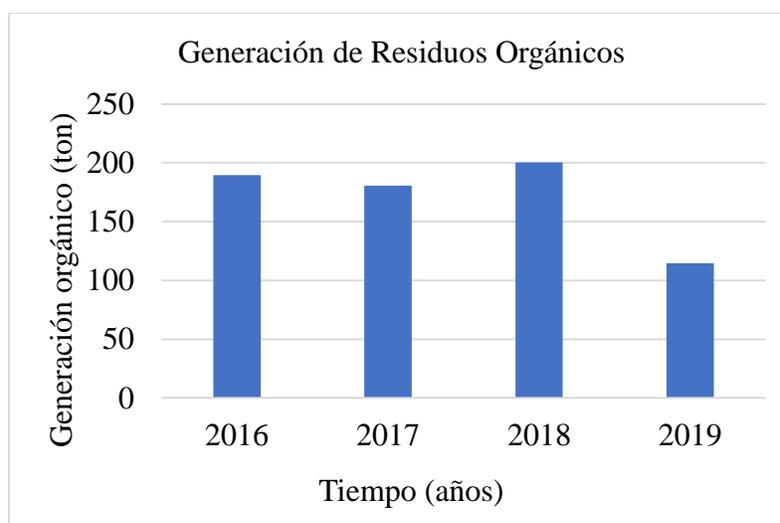


Figura 14. Generación de residuos orgánicos Aeropuerto Internacional JMC.

La figura anterior es importante desde el punto de vista estadístico, es decir, al momento de cuantificar y mostrar cifras, pues se tienen datos desde el 2016 indicando un control adecuado en el registro de la cantidad de residuos orgánicos que se disponen, bien sea en el relleno sanitario La Pradera o en el parque ambiental Los Cedros para realizar su compostaje; sin embargo, no se han

especificado otro tipo de actividades de aprovechamiento, estudios de factibilidad o pruebas que se pueden aplicar para darle nuevas formas de tratamiento a estos residuos.

Acción

El Manual de Servicios de Aeropuertos En su capítulo 10 (Aprovechamiento incompatible de tierras en los alrededores del Aeropuerto), indica que uno de los usos de tierra que han causado problemas en los Aeropuertos son los basurales y vertederos públicos, agregando que para disminuir los peligros aviarios en el Aeropuerto o en sus inmediaciones, es preciso asegurarse de que no se permitan usos incompatibles de tierras. Además, el Aeropuerto Internacional JMC tiene establecido que en un radio de 13 km está prohibido realizar actividades de compostación o cualquier otra actividad que implique peligro aviario.

Esta terminal aérea realizaba la disposición de residuos orgánicos en Los Cedros Parque Ambiental S.A.S pero el 9 de noviembre de 2018 se impone medida preventiva y se hacen requerimientos a ésta entidad (Los Cedros) según la resolución 112-4804 que en su artículo primero menciona que se impone medida de suspensión de actividades, por tal motivo y en cumplimiento del PMA del terminal aéreo se buscan alternativas de aprovechamiento de éste tipo de residuos en la zona y no se llega a feliz término, por tanto se inicia desde esa fecha la disposición en La Pradera.

Actualmente existe un nuevo espacio físico con infraestructura adecuada para tratar los residuos inorgánicos, Figura 15. Allí se hace la separación de los residuos recolectados en el aeropuerto y los residuos orgánicos son enviados a La Pradera, como se menciona anteriormente.



Figura 15. Centro de Acopio actual Aeropuerto JMC

Verificación

Lo que ha querido la actual administración del Aeropuerto Internacional JMC es compostar los residuos orgánicos biodegradables en un espacio adecuado y permitido. En una planta de compostaje, su funcionamiento debe controlar y medir la temperatura, humedad y pH diariamente. Se deberán medir, además, variables de generación de olores ofensivos. La finalidad de su medición es determinar cuando el proceso se encuentra en etapas de transformación, maduración y estabilización como se muestra en la Figura 16, la cual indica las diferentes etapas en todo el proceso de compostaje, teniendo en cuenta su temperatura y pH

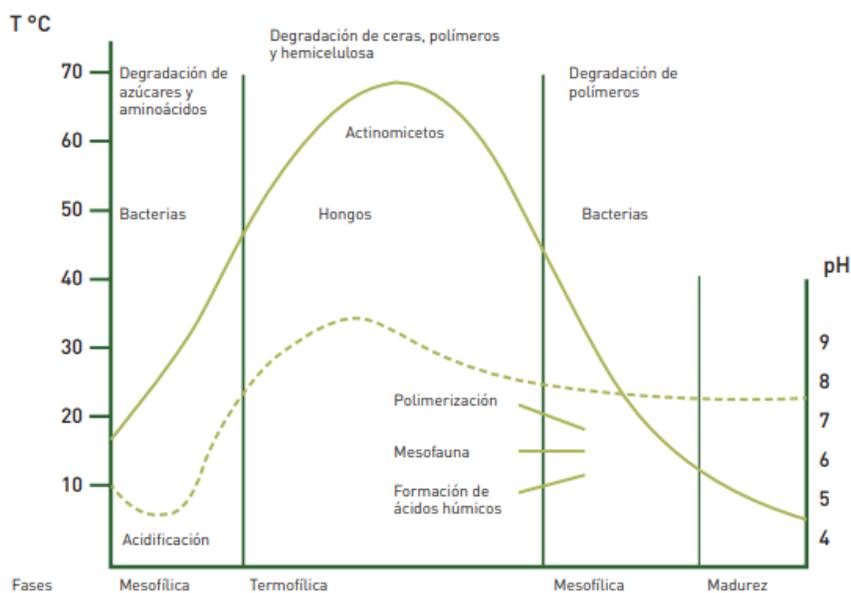


Figura 16. Etapas de compostaje, evolución de la temperatura y el pH.. Fuente: Manual de Compostaje (Sepúlveda y Alvarado, 2013)

Mejoramiento

Las mejoras propuestas por el Operador Aeroportuario y la empresa gestora de residuos tienen que ver con una prueba piloto a baja escala que se está realizando, por fuera del radio de operación del Aeropuerto. Lo que se pretende es valorar el aprovechamiento para determinar la calidad del compostaje y del abono producido.

Este mejoramiento permitirá que los residuos sólidos orgánicos se manejen de manera directa por el gestor de residuos sólidos del Aeropuerto en un lugar adecuado, sin tener que ser trasladados para su tratamiento al parque Los Cedros del municipio de Cocorná o para su disposición final al relleno sanitario La Pradera, disminuyendo así los altos costos por el transporte hacia dichos establecimientos.

Indica además, la ingeniera ambiental del Aeropuerto Internacional JMC que Se debe contar con proyectos que justifiquen realizar una modificación al plan de manejo ambiental de operación

del aeropuerto vigente pues esta respaldado por la ANLA y una modificación acarrearía un costo, entonces es pertinente no hacer las modificaciones, hasta que se cumpla el año de vigencia del plan, que sería en el 2020. Actualmente las mejoras en cuanto al sistema de gestión de residuos sólidos en el Aeropuerto se realizan por medio de circulares internas (González L. F., 2019).

9.3. Determinación de medidas de mejoramiento para la gestión actual de los residuos sólidos orgánicos

Teniendo en cuenta los resultados de la caracterización de residuos sólidos y la valoración del manejo actual de los residuos sólidos orgánicos se determina finalmente la siguiente evaluación de mejora con su correspondiente actividad de corrección, revisando el manejo de los residuos sólidos orgánicos desde el proceso de planeación hasta la mejora, como se observa en la tabla 7

Tabla 7. Plan de mejora a la actividad de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto JMC

Actividad	Evaluación de mejora	Actividad de corrección	Indicador de mejora
Planeación	Medición de variables de la actividad de caracterización.	Medir variables de: <ul style="list-style-type: none"> - Densidad - Volumen - Humedad - Poder Calorífico 	Número de mediciones al año.
	Definición de actividades diferentes a la compostación para el aprovechamiento.	Formulación y Evaluación de alternativas de aprovechamiento	Número de alternativas evaluadas
Acción	Disposición y aprovechamiento de residuos orgánicos en sitios más cercanos para no mezclarlos con los residuos No Aprovechables	Buscar y acordar sitios cercanos para el aprovechamiento de los residuos orgánicos.	Km recorridos semestralmente
Verificación	Medición de variables de la actividad de compostaje	Medir variables de: <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad - pH - Olores ofensivos 	Valores de variables, dentro del rango establecido
Mejoramiento	Prueba piloto a baja escala para compostar eficientemente los residuos orgánicos	Reducir la cantidad de residuos orgánicos enviados al relleno sanitario	Kg de residuos orgánicos compostados

10. CONCLUSIONES

A través de la caracterización de los residuos sólidos orgánicos del Aeropuerto Internacional JMC, se pudo establecer que la terminal aérea genera un promedio mensual de 15 ton de residuos sólidos orgánicos biodegradables considerándose un gran generador que, sin embargo, aún no cuenta con un sitio de disposición final o aprovechamiento adecuado en el Municipio de Rionegro desaprovechando las posibilidades energéticas o de biomasa que contienen los desechos generados.

La primera caracterización realizada arrojó un dato de 1.5 ton de residuos orgánicos biodegradables. Sin embargo, Se recalca que dicha generación obedece a locales comerciales ubicados en plataformas del aeropuerto sin contabilizar los residuos orgánicos biodegradables provenientes de vuelos nacionales. La segunda caracterización arroja un dato de 17.5 ton, siendo más coherente en la generación general de residuos sólidos orgánicos biodegradables, al tenerse en cuenta también los residuos generados en vuelos nacionales, en comparación con los datos suministrados por el operador de residuos Green Group, sin embargo, se puede determinar que los datos no son coincidentes y que las variaciones que han sufrido las producciones han obedecido a inconvenientes administrativos, paros de empresas aéreas, aumentos de población que ingresa y sale del aeropuerto, entre otras variables.

La densidad de los residuos sólidos orgánicos se encuentra entre $560,77 \text{ kg/m}^3$ y 450 kg/m^3 encontrándose en rangos acordes a estimaciones generales de densidad de residuos orgánicos para este tipo de lugares de comercio. La humedad de los residuos sólidos orgánicos se encuentra en un promedio de 78,8%, encontrándose en los rangos empleados frecuentemente para tipo de residuo comercial, residuos de comida (húmedos) con valores de 50-80% establecidos en el Título F del RAS 2000. Y finalmente, el poder calorífico se encuentra en un promedio de 4,238 kcal/g,

encontrándose por debajo de los rangos empleados frecuentemente para componentes energéticos de residuos de comida con valores de 833 – 1167 kcal/g establecidos en el Título F del RAS 2000.

Desde el año 2018 los residuos sólidos orgánicos generados en el Aeropuerto Internacional JMC están siendo enviados directamente al relleno sanitario La Pradera, debido a que el parque ambiental Los Cedros, donde se disponían anteriormente para su tratamiento y generación de abono orgánico, fue cerrado; Sumado a esto, actualmente no se cuenta con otras alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

Se está realizando una prueba piloto a baja escala, para el compost de los residuos sólidos orgánicos generados en el Aeropuerto, pretendiendo que sea un producto de alta calidad y que cumpla con los estándares fijados para que el abono pueda ser comercializado, además se espera que la planta sea en un sitio más cercano, comparado con los sitios donde se disponían y eran tratados anteriormente los residuos sólidos orgánicos; reduciendo con esto los altos costos y la contaminación ambiental por el transporte de dichos residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., & Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Panamericana.
- Airplan. (2013). *PLAN DE OPERACIONES AEROPUERTO INTERNACIONAL JOSÉ MARÍA CÓRDOVA*. Rionegro.
- Amaya Navas, Ó. D. (2016). *La Constitución Ecológica de Colombia*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Amaya, J. (2005). *Planeación y estrategia: gerencia y software para el control de los planes. Maestría en administración de empresas*. Universidad Santo Tomás de Aquino.
- ANI. (26 de marzo de 2018). *Más de 59 millones de viajeros transitan al año por los aeropuertos a cargo de la ANI*. Fuente: ANI Agencia Nacional de Infraestructura:
<https://www.ani.gov.co/mas-de-59-millones-de-viajeros-transitan-al-ano-por-los-aeropuertos-cargo-de-la-ani>
- Arroyave, S., & Vahos, M. (1999). *Evaluación del proceso de compostaje producido en un tanque biorreactor piloto por medio de bioaugmentación*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia .
- ASUR. (17 de noviembre de 2017). *ASUR anuncia el total de tráfico para Diciembre del 2017*.
Fuente: ASUR Aeropuertos del Suroeste: www.asur.com.mx
- Bustos Flores, C. (2009). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*, 25.
- Castells, X., & Velo, E. (2005). La Pirólisis. Em X. Castells, *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Barcelona: Díaz de Santos.

- CENER. (2016). *CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES*. Fonte: CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLE: http://www.cener.com/wp-content/uploads/2016/01/F.4-torrefaccion_ESP.pdf
- CEPIS. (2004). *ANEXO 2. GUÍA PARA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS*. Lima.
- CEPIS/OPS. (26 de Agosto de 1999). *Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Colombia*. Fonte: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/analisis/colombia/colombia4.html>
- CONAMA. (2014). *El reciclaje en el marco de los sistemas aeroportuarios sostenibles*. Madrid: OSAER.
- CONPES. (2016). *POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS*. Bogotá D.C.
- Dinero. (29 de 08 de 2015). *¿Cómo se produce la basura en el mundo?* Fonte: <https://www.dinero.com/economia/articulo/generacion-basura-mundo/212829>
- El Tiempo. (18 de Octubre de 2016). *Estos son los departamentos que más producen basura en el país*. Fonte: <https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/departamentos-que-mas-generan-basura-en-colombia-49143>
- González , C., & Días, L. (2019). *Tecnologías escalables para recuperación de bioresiduos urbanos*. *Biblioteca EMP*.
- González, L. F. (21 de agosto de 2019). *Residuos Orgánicos JMC*. (G. Gómez, Entrevistador)
- Hernández, M. T., García, C., Sánchez, F., Bernal, M. P., & Carrillo, R. (2014). *DE RESIDUO A RECURSO El Camino hacia la Sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Digitales.
- Herrera, C., Gómez, A., & Ortega, S. (2010). *Colombia: hacia una economía baja en carbono*. Bogotá: ANDI.

- ISO 9001. (2015). *Nueva ISO 9001* . Fuente: Mejora Continua: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/10-3-mejora-continua/>
- Ley 99. (1993). *Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Mercado, D. A. (17 de diciembre de 2017). Con ampliación del aeropuerto, Antioquia abre su cielo al mundo. *EL TIEMPO*.
- Meriño, E. (s.d.). *El Hangar Colombiano*. Fuente:
http://themerinos.com/el_hangar_colombiano/jose_maria_cordova.htm
- Montes, C. (2018). *Estudio de los Residuos Sólidos en Colombia*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*. Mexico: Mundi prensa.
- Nieto, D. (2013). *SKRG- José María Cordova*. Fuente: SKRG- José María Cordova:
<https://aerorionegro.wordpress.com/>
- Ochoa, M. (2018). *Gestión Integral de residuos. Análisis normativo herramienta para su implementación* . Bogotá: Universidad del Rosario.
- Ospina Zapata, G. (15 de octubre de 2016). Plan Maestro del José María Córdoba valdrá \$1,2 billones. *El Colombiano*, p. 1.
- Pérez, P., & Francisco, M. (2007). *Reflexiones para implementar un sistema de gestión de la calidad en cooperativas y empresas de economía solidaria*. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.
- PMD. (2016). *Plan Maestro de Desarrollo* . Rionegro: Unión temporal Rionegro.

- Portafolio. (05 de Diciembre de 2016). Fonte: <https://www.portafolio.co/economia/el-aeropuerto-de-rionegro-el-que-mas-crecio-en-pasajeros-502086>
- Ramírez, A. (9 de julio de 2006). *EL portal de la Aviación*. Fonte: EL portal de la Aviación: <https://www.aviacol.net/aeropuertos-colombianos/medellin-rionegro-jose-maria-cordova-skr-g-mde.html>
- RAS. (2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS - 2000. SECCIÓN II. TÍTULO F. SISTEMA DE ASEO URBANO*. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico.
- Regato, J. (2017). *CICLO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*. México D. F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Rodríguez, S. (2011). Residuos Sólidos en Colombia: Su manejo es compromiso de todos. *L'espirt Ingénieux*, 6.
- Sánchez Pavón, B. (2014). *El reciclaje en el marco de los sistemas aeroportuarios sostenibles*. Observatorio de la Sostenibilidad Aeroportuaria.
- Semarnat. (2002). *Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos*. México.
- Sepúlveda, L., & Alvarado, J. (2013). *Manual de Compostaje. Manual de aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de sistemas de compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá*. Medellín: Área metropolitana del Valle de Aburrá.
- Tchobanoglous, G. (1982). *Desechos sólidos principios de ingeniería y administración*. 1982: Ambiente y Recursos Naturales Renovables.