



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y  
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS  
DISPONIBLES CON RIESGO EPIDEMIOLÓGICO  
PROVENIENTES DE VUELOS INTERNACIONALES PARA  
SER IMPLEMENTADAS EN COLOMBIA**

Karen Johanna Fajardo Zarta

Cindy Lorena Ferrucho Becerra

Universidad de Antioquia  
Facultad De Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2019



Análisis de las alternativas de tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos disponibles con riesgo epidemiológico provenientes de vuelos internacionales para ser implementadas en Colombia

**Karen Johanna Fajardo Zarta**

**Cindy Lorena Ferrucho Becerra**

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de:

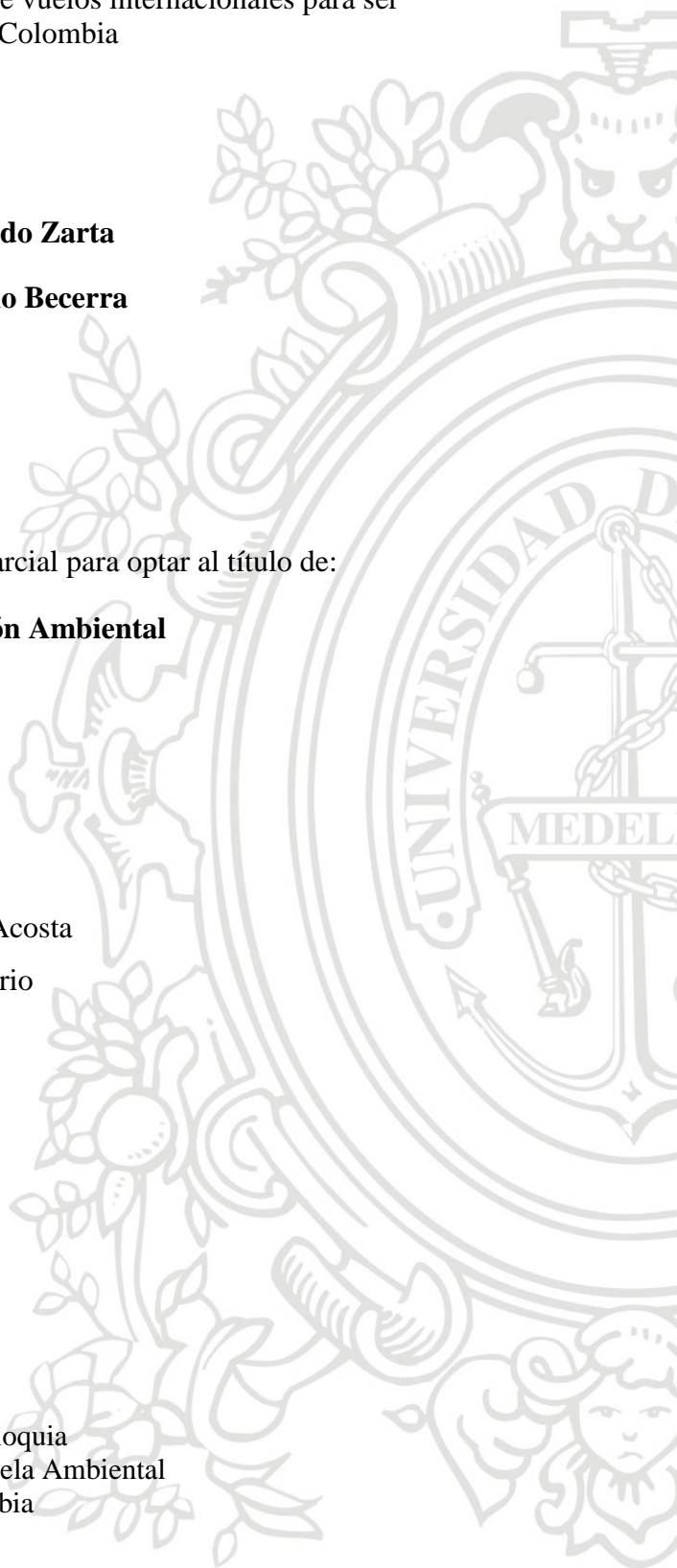
**Especialización en Gestión Ambiental**

Asesor(a):

Faber Esteban Gil Acosta

Ingeniero Sanitario

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2019



## TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	1
1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	3
2	Objetivos.....	4
2.1	Objetivo general .....	4
2.2	Objetivos específicos.....	4
3	Metodología.....	4
4	Marco teórico.....	6
4.1	Residuos Epidemiológicos Inorgánicos .....	6
4.2	Impactos Ambientales .....	8
4.3	Tratamiento de Residuos Sólidos.....	9
4.4	características de los residuos de vuelos internacionales.....	12
4.5	Alternativas de Inactivación y Tratamiento de Residuos con Riesgo Epidemiológico 16	16
5	Gestión de RVI: nivel internacional a local.....	20
5.1	Estado del arte RVI .....	20
5.1.1	Gestión de RVI a nivel mundial.....	21
5.1.2	Gestión de RVI a nivel América Latina.....	27
5.1.3	Gestión de RVI a nivel local.....	29
6	Análisis y Resultados.....	31
6.1	Alternativas de tratamiento de residuos de alta eficiencia en Colombia.....	33
6.1.1	En materia de costos .....	35
7	Conclusiones.....	38
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

**LISTADO DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Clasificación de los Residuos Hospitalarios y Similares .....	14
<b>Figura 2.</b> Estimación de residuos composición basada en los datos de cinco Grandes .....	16
<b>Figura 3.</b> Common Recyclable Materials Found at Airports (Environmental Protection Agency (EPA), 2009) pag. 11.....	26
<b>Figura 4.</b> Resumen de indicadores de desempeño ambiental en todos los aeropuertos.....	29
<b>Figura 5.</b> Generación de RVI segundo semestre de 2017 Aeropuerto el Dorado.....	44
<b>Figura 6.</b> Generación mensual de RVI - 2018 Aeropuerto el Dorado .....	44



**LISTADO DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Etapas de la Metodología.....	5
<b>Tabla 2.</b> Residuos Inorgánicos susceptibles de aprovechables .....	8
<b>Tabla 3.</b> Descripción de Residuos Inorgánicos susceptibles de Aprovechamiento .....	8
<b>Tabla 4.</b> Ventajas y desventajas de las alternativas de tratamiento de residuos .....	11
<b>Tabla 5.</b> Características para un Agente Infeccioso .....	15
<b>Tabla 6.</b> Estándares Máximos de Microorganismos .....	17
<b>Tabla 7.</b> Costos de tratamientos .....	36



**LISTADO DE ANEXOS**

Anexo A . Cifras de Generación RVI Aeropuerto Internacional el Dorado - Bogotá.....	44
Anexo B . Oferta Económica Interaseo S.A.S ESP .....	45
Anexo C . Oferta Económica grupo Veolia.....	45
Anexo D . Decreto Residuos Aeronaves Internacionales .....	45



## Resumen

La presente monografía contiene el resultado de la revisión bibliográfica y análisis realizados frente a las alternativas de tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos con riesgo epidemiológico provenientes de vuelos internacionales existentes y aplicadas a nivel mundial y las cuales son susceptibles de ser implementadas en Colombia.

Actualmente se genera impacto ambiental debido a que la incineración es la única alternativa de tratamiento avalada en Colombia para el tratamiento de los residuos sólidos provenientes de vuelos internacionales, de acuerdo a lo reglamentado en el Decreto 1601 de 1984 expedido por el Ministerio de Salud al igual que lo establece el Decreto 1071 de 2015 del Ministerio de Agricultura en su capítulo 1 artículo 2.13.10.1.1. y por tanto no se permite hacer uso de otros métodos contemplados en la Resolución 1164 de 2002. Aseveración que se encontró sin un fundamento investigativo amplio y asertivo; dado que la incineración tiene asociados varios impactos ambientales como la emisión de gases a la atmósfera que contienen dioxinas y furanos, en comparación con los métodos de tratamiento de alta eficiencia como autoclave, microondas y radiación de los cuales existen estudios que han permitido establecer que la radiación y las microondas son ambientalmente más amigables, con bajos costos de inversión, y adicional a que se permite que los residuos tratados con estas tecnologías sean manejados como ordinarios o aprovechables. De acuerdo por la cifras reportadas por OPAIN, concesionario del Aeropuerto Internacional el Dorado en la ciudad de Bogotá-Colombia, en promedio mensual, se generan de 65 a 70 toneladas de residuos provenientes vuelos internacionales. Estas acciones en pro del medio ambiente no serían altamente costosas y en la medida de que el material se pueda recuperar y reintegrar a un proceso productivo la inversión inicial sería rápidamente recuperable.

La metodología de investigación permitió acceder a documentos de carácter internacional y local, con lo cual se logró consolidar información de la caracterización de residuos de vuelos internacionales, los cuales se componen en su mayoría por materiales

potencialmente aprovechables así: 13% plásticos, 26% archivo, 1% aluminio, 20% son residuos compostables, 14% periódico y solo el 26% son residuos. Los RVI cuentan con más de un 70% de material potencialmente aprovechable, sin embargo; el marco normativo en Colombia, es limitante y no permite el aprovechamiento y comercialización de estos. Por lo que OPAIN se encuentra perfeccionando y promoviendo un Decreto para la modificación de estos procesos de tratamiento en el país y encaminar a la industria aérea a procesos tendientes a la implementación de una economía circular.

**Palabras claves:** Tratamientos de alta eficiencia, Residuos de Vuelos Internacionales, Incineración, Economía Circular, Residuos aprovechables.

*“En este siglo de progreso, con el conocimiento que tenemos sobre química y con la maquinaria más completa a nuestra disposición, me parece un paso hacia a la barbarie destruir estos valiosos materiales con el simple objetivo de deshacernos de ellos, mientras al mismo tiempo nos desesperamos por obtener esos mismos materiales extrayéndolos de otras fuentes.” (Tangri, 2003)*



**Abstract**

This monograph contains the result of the literature review and analyses carried out against the alternatives of treatment and use of solid waste with epidemiological risk from existing international flights and applied to and which are likely to be implemented in Colombia.

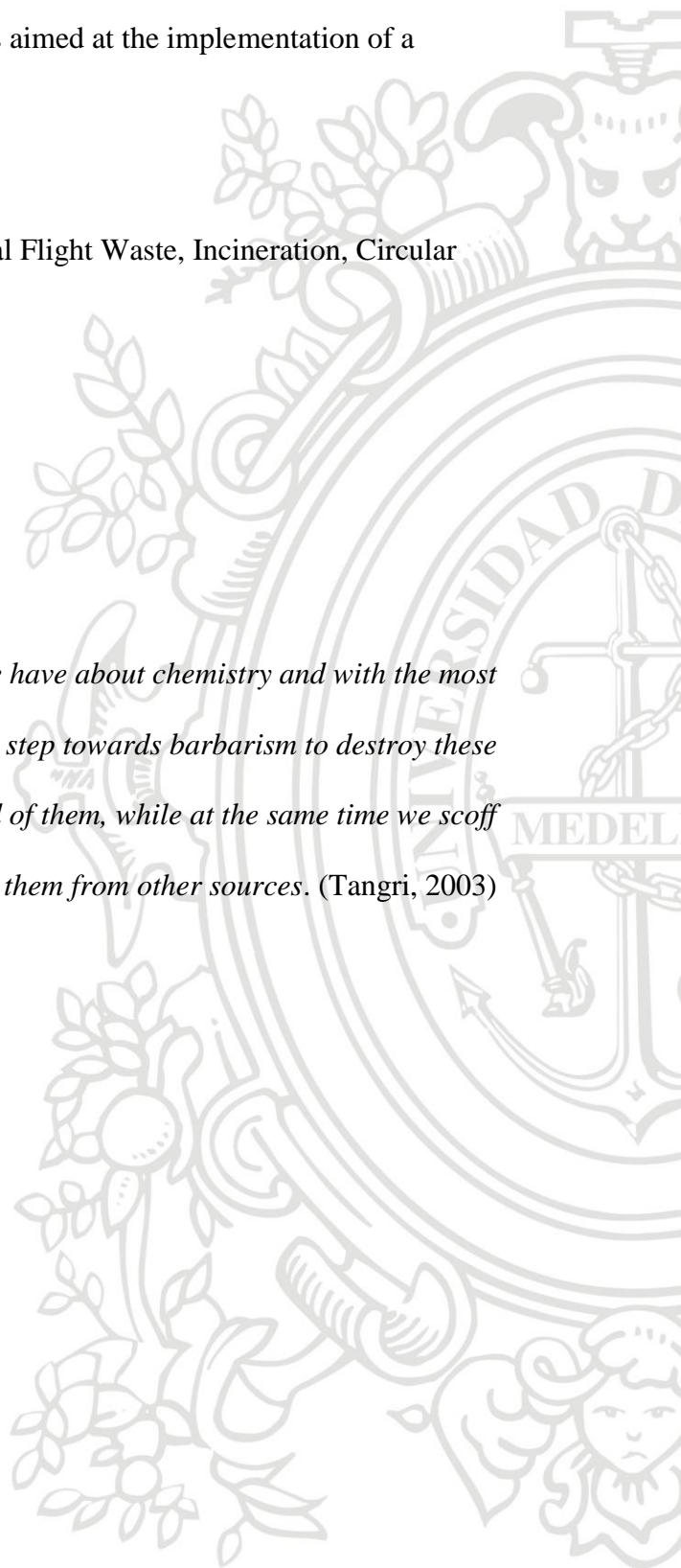
Environmental impact is currently being generated because incineration is the only treatment alternative endorsed in Colombia for the treatment of solid waste from international flights, as regulated in Decree 1601 of 1984 issued by the Ministry of Health as established by Decree 1071 of 2015 of the Ministry of Agriculture in Chapter 1 Article 2.13.10.1.1. and therefore it is not permitted to use other methods referred to in Resolution 1164 of 2002. Assertion that was found without a broad and assertive investigative basis; incineration has associated with several environmental impacts such as the emission of gases into the atmosphere containing dioxins and furans, compared to high-efficiency treatment methods such as autoclave, microwave and radiation of which there are studies that have made radiation and microwaves environmentally amicable to be environmentally friendly, with low investment costs, and additional to allowing waste treated with these technologies to be handled as ordinary or usable. According to the figures reported by OPAIN, a concessionaire of El Dorado International Airport in the city of Bogota-Colombia, on average monthly, 65 to 70 tons of waste from international flights are generated. These actions for the environment would not be highly costly and to the extent that the material can be recovered and reintegrated into a productive process the initial investment would be quickly recoverable.

The research methodology allowed access to international and local documents, which consolidated information on the characterization of international flight waste, which are mostly composed of materials potentially usable as this: 13% plastics, 26% archive, 1% aluminum, 20% are compostable waste, 14% periodic and only 26% are waste. The RVI have more than 70% potentially usable material, however; the regulatory framework in Colombia,

is limiting and does not allow the use and commercialization of them. So OPAIN is perfecting and promoting a Decree for the modification of these treatment processes in the country and directing the airline industry to processes aimed at the implementation of a circular economy.

**Key Words:** High-efficiency treatments, International Flight Waste, Incineration, Circular Economy, Recyclable waste

*In this century of progress, with the knowledge we have about chemistry and with the most complete machinery at our disposal, it seems to me a step towards barbarism to destroy these valuable materials with the simple aim of getting rid of them, while at the same time we scoff at getting those same materials by extracting them from other sources. (Tangri, 2003)*



## 1 Introducción

### 1.1 Antecedentes

En Colombia la incineración es la única alternativa de tratamiento para los Residuos Provenientes de Vuelos Internacionales -RVI según la normativa actual vigente Decreto 1601 de 1984 expedida por el Ministerio de Salud al igual que lo establece el Decreto 1071 de 2015 del Ministerio de Agricultura en su capítulo 1 artículo 2.13.10.1.1: “Destrucción de residuos y desperdicios. Todos los residuos y desperdicios de comidas provenientes de las aeronaves internacionales que hagan escalas o servicios de cabotaje en los aeropuertos del país, deberán ser destruidos por incineración” (Decreto 1071 , 2015, pág. 267). Estas medidas se realizan con el propósito de mantener las condiciones sanitarias óptimas, reduciendo el riesgo de propagación de enfermedades causadas por el manejo inadecuado de residuos contaminados con patógenos y que según el anexo III del Decreto 4741 de 2005, se consideran como residuos peligrosos al tener características infecciosas dado que contienen agentes patógenos (Sanabria Amortegui , 2017) y ponen en riesgo la salud de la población colombiana por una posible epidemia.

Diez (10) Aeropuertos Internacionales operan en el territorio Colombiano, ubicados en diferentes departamentos; uno de los más grandes es el Aeropuerto Internacional el Dorado Luis Carlos Galán Sarmiento ubicado en la ciudad de Bogotá D.C. donde operan 30 aerolíneas de pasajeros más 25 aerolíneas de carga, (ODINSA - Empresa de concesiones del Grupo Argos, 2018) se realizan en promedio 800 vuelos y se movilizan 32,7 millones de pasajeros al año (El Dorado, 2018); según los informes Índices de Calidad Ambiental – ICA realizado por OPAIN S.A.y presentado ante la Autoridad de Licencias Ambientales ANLA, el Dorado genera en promedio aproximadamente entre 68,7 a 71,5 toneladas de residuos sólidos provenientes de vuelos internacionales (RVI) mensualmente y se generan 2,29 a

2,38 toneladas diarias en promedio en la operación en el aeropuerto El Dorado. (OPAIN S.A., 2017) Las cuales por disposición normativa son incineradas.

Estas cifras anteriores generan cierta preocupación dados los impactos ambientales que se derivan del proceso de la incineración, tales como: contaminación atmosférica, emisiones de dióxidos de azufre, dióxidos de nitrógeno, material particulado entre otros, afectando de forma directa a la población circundante al área donde están ubicados los hornos incineradores y así mismo afectando la calidad atmosférica del lugar generado dispersión de los contaminantes por acción del viento; debido a lo anterior a nivel mundial se ha optado el uso de tratamientos de inactivación y esterilización para residuos y estas tecnologías han empezado a ser foco de atención en todo el mundo. En Europa la esterilización de residuos por medio de microondas (Zimmerman, 2017) es hoy en día una innovación, sin dejar de lado el uso por ejemplo del autoclave. Estados Unidos no se ha sesgado al tratamiento de los residuos con características epidemiológicas determinando que dichos residuos pueden ser tratados por medio de: Incineración a Cenizas, Esterilización “(cocinar basura regulada a una temperatura interna de 212 °F durante 30 minutos)” y Rectificado y descarga en un sistema de alcantarillado aprobado, (United States Department of Agriculture (USDA), 2012).

En la presente monografía se analizan las diferentes alternativas de tratamiento existentes a nivel mundial y local para la inactivación de residuos con características epidemiológicas como los RVI que sean aplicables en Colombia sin poner en riesgo la salubridad del país, permitiendo que dichos residuos sean inactivados, clasificados e incorporados en nuevos ciclos productivos de economía circular y evitar así la explotación de los recursos naturales en búsqueda de materia prima. Con estas alternativas se proyecta una propuesta para la modificación de la normatividad actual vigente relacionada con los RVI y así Colombia se encamine hacia procesos ambientalmente más amigables para el tratamiento

de estos residuos con el fin de descartar la incineración y promover el aprovechamiento de residuos con el fin de incorporarlos en una economía circular a la cual le apunta hoy el País.

## 1.2 Planteamiento del problema

Los puntos de entrada internacionales, ya sea por vía terrestre, marítima o aérea, son sitios propicios para la aplicación de medidas sanitarias encaminadas a prevenir la propagación internacional de enfermedades. Por este motivo, en el Reglamento Sanitario Internacional - RSI (2005) acogido en Colombia a través del decreto 3518 de 2006 en su artículo 34 donde se designó al Ministerio de Protección Social como el Centro Nacional de Enlace – CNE “siendo una unidad de inteligencia epidemiológica y sanitaria, que cumple las funciones de monitoreo, evaluación y de notificación a la OMS de emergencias de Salud Pública de Importancia Internacional que se registren en el país” (Florez Gutierrez , 2005, pág. 10). Se actualizaron muchas de las disposiciones de la edición previa a ese respecto (Florez Gutierrez , 2005).

En Colombia debido a la normatividad aplicable al caso, no se han realizado estudios de caracterización de residuos que permitan establecer la cantidad de materiales susceptibles de aprovechamiento, sin embargo dentro de la hipótesis del presente documento se estima que más del 50% de los residuos provenientes de vuelos internacionales son potencialmente aprovechables, lo cual reduciría estos impactos ambientales generados por las emisiones de los residuos que van a incineración, por lo que con esta monografía se pretende identificar alternativas viables de tratamiento y aprovechamiento de aquellos residuos sólidos que tengan riesgo epidemiológico en especial de los provenientes de vuelos internacionales que permitan estipular métodos de esterilización e inactivación en el que se destruyan estos microorganismos patógenos y de esta manera permitir que muchos más residuos sean ingresados a las cadenas productivas aplicando el modelo de economía circular que se propone a nivel del país en la búsqueda de un desarrollo sostenible y sustentable.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Realizar revisión bibliográfica de las alternativas existentes para el tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos con riesgo epidemiológico que puedan ser aplicadas a los residuos sólidos provenientes de vuelos internacionales

### 2.2 Objetivos específicos

- ❖ Realizar una revisión bibliográfica del marco normativo aplicable a los residuos sólidos provenientes de vuelos internacionales a nivel internacional y local.
- ❖ Comparar alternativas de manejo y tratamiento de los residuos sólidos con riesgo epidemiológico provenientes de vuelos internacionales establecidas y aplicadas a nivel mundial.
- ❖ Proponer alternativas de manejo y/o tratamiento para los residuos sólidos generados en viajes internacionales que sean susceptibles de aprovechamiento.

## 3 Metodología

Con el fin de dar respuesta a la problemática planteada frente al manejo y tratamiento de los RVI, el Presente trabajo de monografía tiene su principal enfoque en la revisión bibliográfica donde intervienen diferentes técnicas utilizadas tales como recopilación documental, análisis de contenido y entrevistas; también se acudió a las solicitudes de cotizaciones para poder establecer valores reales en el mercado actual en Colombia

A continuación, se describen las diferentes etapas metodológicas utilizadas para llevar a cabo la presente monografía.

**Tabla 1.** Etapas de la Metodología

	<b>ETAPA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>I</b>	Recopilación de la información	<p>La recopilación de información se centró en la búsqueda de de la informes académicos, tesis, artículos, normatividad actual información vigente en Colombia, además se realizó la búsqueda en las diferentes bases de datos de la Universidad de Antioquia con las siguientes ecuaciones de búsqueda (tesauro):</p> <p>“biological waste” AND “Treatment”</p> <p>“microwave” AND “review”</p> <p>“microwave” AND “inactivation” OR “waste”</p> <p>“airports” AND “waste management”</p> <p>Entre otras.</p> <p>Las principales bases de datos utilizadas fueron: Scopus, Sage, Scielo, Science Direct.</p>
<b>II</b>	Descripción y Análisis	<p>Se realizó una revisión documental crítica que permitió un acercamiento al problema planteado, se clasificaron cada uno de los documentos recopilados en categorías de Internacional, Nacional y Local buscando centralizar la información para la construcción del marco teórico y estado del arte del tema en cuestión. La recopilación bibliográfica de los últimos quince años, permitió definir y conocer las alternativas de inactivación viables disponibles y aplicables en Colombia. Se realizó un acercamiento a entes aeroportuarios lo que permitió mayor conocimiento frente al foco de generación de los residuos de vuelos internacionales principal eje de esta monografía.</p>
<b>III</b>	Resultados y conclusiones	<p>Con base en la información recolectada se generó un panorama sobre el manejo de los residuos de vuelos internacionales actualmente y se plantearon las posibles alternativas de inactivación y tratamiento disponibles y aplicables a Colombia De manera continua se realizaron asesorías virtuales con el asesor asignado por la Universidad de Antioquia.</p>

Fuente: las autoras

## 4 Marco teórico

### 4.1 Residuos Epidemiológicos Inorgánicos

Entiéndase por residuos Sólidos (RS) que son aquellos materiales, objetos, sustancias o elementos sólidos generados en las actividades de producción o consumo que no tienen valor para la persona que lo genera y por ende lo descarta; los residuos sólidos poseen una fracción orgánica biodegradable y otra inorgánica no biodegradable, esta clasificación es según su composición. En la no biodegradable la descomposición natural de los residuos es muy demorada debido a sus particulares características químicas, de allí que su manejo y disposición final adquiera relevante importancia en la prevención de la contaminación ambiental. (García, Acosta, Toyo, Rodríguez, & El Zauahre, 2014).

Alguno de los residuos biodegradables como latas, envases de vidrio, plásticos, gomas y entre otros, no se descomponen fácilmente y tardan mucho tiempo en degradarse tendiendo a convertirse en focos de contaminación además de producir múltiples impactos negativos sobre la salud de las personas, animales y medio ambiente en general (Rondón Toro, Szantó Narea, Pacheco, Contreras, & Gálvez, 2016). Problemática que actualmente se está viviendo en el mundo, cada vez crece más la población de manera exponencial por lo que hay un uso desmedido y descontrolado de estos residuos cuya inadecuada disposición generalmente se realiza en botaderos a cielo abierto o llevados a incineración, este último el que ha despertado particularmente interés para llevar a cabo esta monografía buscando tratamientos alternos.

Muchos son los países de la Unión Europea (UE), América Latina y El caribe (ALC) que buscan promover un crecimiento económico, así como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que con los objetivos de Desarrollo del Sostenible (ODS) aplicables a este tema (Kowszyk & Maher, 2018) han empezado a buscar medidas correctivas para volver a



incorporar estos residuos en procesos productivos convirtiéndolos en materia prima (Resolución 1164, 2002).

Una inadecuada disposición de los residuos puede generar enfermedades como diarreas, infecciones respiratorias, propagar virus, bacterias, parásitos, atraer vectores como mosquitos, roedores, convirtiéndose en un problema epidemiológico; por lo que en la actualidad en Colombia existen programas como son los objetivos de basura cero, consisten en reducir de manera progresiva los residuos no biodegradables creando conciencia y políticas de responsabilidad extendida de manera que se promueva aprovechar los residuos inorgánicos (Solíz T, 2013). Por años se ha implementado en Colombia la incineración de desechos un proceso inadecuado si no se cuenta con los equipos de control adecuados además de hacer una clasificación previa de los residuos inorgánicos a incinerar; emite gases y sustancias peligrosas a la atmósfera como dioxinas y furanos por la incineración de plásticos, pilas entre otras, siendo tóxicas y cancerígenas.

El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) es una agencia federal de los Estados Unidos encargada de realizar Investigaciones y recomendaciones para la prevención de enfermedades y lesiones relacionadas con el trabajo, ha estudiado casi seiscientos productos con “límites permisibles” en humanos lo que quiere decir que la población está expuesta a riesgos potenciales de sufrir problemas de salud colectiva (Secretaría de Salud de Bogotá). Según el procedimiento propuesto por Ojeda Benítez los residuos se agrupan en tres grandes categorías: reciclables orgánicos, los no reciclables y los reciclables inorgánicos, este último de interés para esta monografía, cuyos residuos se agrupan de la siguiente manera:

**Tabla 2.** Residuos Inorgánicos susceptibles de aprovechamiento

Clasificación del residuo	Tipo
<b>PLASTICO</b>	PET, HDPE, LDPE, PP, entre otros
<b>VIDRIO</b>	Vidrios claros, ámbar y verdes
<b>METALES</b>	Latas de los alimentos procesados y
<b>ENVASES TETRAPACK</b>	Envases de bebidas y alimentos procesados
<b>ALUMINIO</b>	Latas de Aluminio, otros tipos de Aluminio
<b>OTROS INORGÁNICOS</b>	Loza y cerámica, materiales de construcción

Fuente: instructivo de gestión nacional de residuos sólidos aeroportuarios I-DA- 01 Pág. 8

**Tabla 3.** Descripción de Residuos Inorgánicos susceptibles de Aprovechamiento

Residuo	Descripción
<b>PAPEL Y CARTON</b>	Papeles y cartones no húmedos, ni impregnados de aceites
<b>VIDRIO</b>	Vidrios de botellas de gaseosas, tragos, jugos
<b>PLASTICO</b>	Plásticos de botellas de gaseosas, tragos, jugos y bolsa plástica
<b>METALES</b>	Metales de latas de cerveza y objetos de hierro, acero, aluminio entre otros

Fuente: Tomado de PGIRS para el aeropuerto internacional Alfonso Bonilla Aragón bajo la norma ISO 14001 pág. 53

En Colombia estos residuos post consumo podrían estar siendo manejados como residuos aprovechables según el “Plan de gestión integral de residuos sólidos para el Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón de la Ciudad de Palmira – Valle bajo la norma ISO 14001.” (Hoyos Taborda, Diego Fernando *et all*, 2010).

#### 4.2 Impactos Ambientales

La forma como se ha manejado la disposición de los residuos sólidos en el mundo, contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) ya sea por la generación de CH<sub>4</sub> a partir de vertederos o la generación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a través de incineración (World Bank, 2010) así como una cantidad de residuos secundarios más

peligrosos que los originales como suele suceder con los residuos provenientes de los vuelos internacionales que son descargados en Colombia, que al ser catalogados como de riesgo epidemiológico tienen que ser incinerados según la normatividad actual vigente, Decreto 1071 de 2015 artículo 2.13.10.1.1 del Ministerio de Agricultura y Decreto 1601 de 1984 del ministerio de Salud. .

### **4.3 Tratamiento de Residuos Sólidos**

El tratamiento de residuos sólidos consiste en reducir el riesgo de generar contaminación, eliminar las sustancias tóxicas que pueda contener y a su vez mantener la salubridad de la población (Thrift, 1967) de tal manera que con una serie de operaciones, el residuo tienda a modificar ya sea sus características físicas, morfológicas, químicas o biológicas. En Colombia, el capítulo 1 artículo 3 del decreto 4741 de 2005 incorporado en el Título 6 Residuos peligrosos Capítulo 1 Sección 1 Objeto, Alcance y Definiciones artículo 2.2.6.1.1.3 Definiciones del Decreto 1076 de 2015 se define el tratamiento como:

El conjunto de operaciones o técnicas por las cuales se modifican las características de los residuos peligrosos, teniendo en cuenta el riesgo y el grado de peligrosidad de los mismos, para incrementar las posibilidades de aprovechamiento o para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), 2015, pág. 461).

El objetivo de realizar tratamiento a los residuos sólidos es la de finalmente poder reciclar ese residuo por lo que hay que hacer una previa selección del material estudiando su conformación para así mismo aplicar el tratamiento adecuado para ser utilizado como materia prima, fuente de energía o finalmente una correcta disposición en vertedero.

Existen varios tipos de tratamiento para los residuos sólidos generados, tales como: incineración, tratamiento biológico esterilización en autoclave entre otros

**Incineración**, un método físico donde se emplea el calor seco que permite destruir la carga microbiana de un residuo u objeto a partir de la combustión hasta que este quede reducido a cenizas, es usual el uso de esta técnica para la eliminación de residuos biopeligrosos es decir aquellos que son de un solo uso o como en el caso de pacientes con patologías infectocontagiosas, razón por la que ha sido el único tratamiento que le han dado a los residuos provenientes de los vuelos internacionales una vez estén en territorio Colombiano al considerándolos la normatividad actualmente vigente como una amenaza epidemiológica (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio).

**Autoclave**, es un método físico que usa calor húmedo es decir vapor de agua a presión generando vapor saturado para producir la hidratación, coagulación e hidrólisis de las albúminas y las proteínas en las células microbianas (Decreto 1601, 1984), este método suele ser utilizado para la esterilización de equipos médicos, sin embargo hay estudios que sugieren que podría ser una alternativa a la incineración ya que se ha probado en laboratorio para desechos sólidos clínicos con seis bacterias, sin embargo es claro que falta una investigación más exhaustiva y que no se limite solo al laboratorio. (Kadir, Rahman, Hossain, Sarker, & Balakrishnan, 2012).

**Microondas**, se emplea usualmente en tratamiento de residuos infectocontagiosos provenientes de hospitales y clínicas cuyos residuos sólidos son triturados y se les inyecta vapor para luego exponerse continuamente a ondas para su desinfección. El primer equipo de este tipo se instaló en Alemania en la década de los 80 (Odriozola, 1996), la tecnología ya se encuentra expandida por 40 estados de EE.UU y existen unidades para tratar los residuos infecciosos con microondas en numerosos países tales como Francia, Alemania, Suiza, Italia, EE.U. (Odriozola, 1996).

**Radiación es:**

Proceso de destrucción de los patógenos por disociación química y ruptura de sus células causadas por el flujo de electrones, los cuales son emitidos por un filamento y acelerado por un campo eléctrico de alto voltaje, destruyendo los microorganismos patógenos. (Misterio de salud Perú, 1998, pág. 31).

A continuación se describen las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas existentes para la inactivación de residuos con características epidemiológicas.

**Tabla 4.** Ventajas y desventajas de las alternativas de tratamiento de residuos

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Incineración	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Reduce el volumen en un 90% de patógenos, si opera a las temperaturas requeridas.</li> <li>*No hay necesidad de acondicionar los residuos previamente al proceso</li> <li>*Se puede contar con sistemas móviles de incineración</li> <li>*Se pueden tratar los residuos comunes y biocontaminados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Destrucción total de dioxinas, PCBs, SOx, NOx entre otros.</li> <li>*Riesgos en la operación, se pueden provocar fogonazos, incendios y quemaduras al operador</li> <li>*Se requiere de personal entrenado y capacitado para su operación y mantenimiento</li> <li>*No se puede realizar aprovechamiento de los residuos posterior a su aplicación</li> </ul>
Autoclave	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Reduce el volumen en un 40%, con un sistema complementario de trituración de desechos se alcanza hasta un 70%.</li> <li>*Destrucción total de patógenos si se opera a las temperaturas, presiones y tiempos</li> <li>*No hay necesidad de acondicionar los residuos previamente al proceso</li> <li>*Se puede contar con sistemas móviles de esterilización vapor</li> <li>*Bajo costo de inversión, operación y mantenimiento</li> <li>*Tiene efluentes estériles</li> <li>*Fácil operación</li> <li>*posterior a su aplicación los residuos pueden ser reciclados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Riesgos de quemaduras en caso de mala operación</li> <li>*Requiere de una línea de vapor o casa fuerza para que sus costos de operación sean convenientemente bajos</li> <li>*El sistema requiere de un sistema complementario de destrucción de desechos (trituración)</li> <li>*Con este tipo de tecnología no se pueden desinfectar los residuos de papales, textiles o que posean sustancias alcalinas, o grasa entre otras, es decir aquellos que se quemen, volatilicen o licuen a 180°C.</li> </ul>
Microondas	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Reduce el volumen en un 60%</li> <li>*No hay necesidad de acondicionar los residuos previamente al proceso</li> <li>*Se puede contar con sistemas móviles</li> <li>*Se pueden tratar los residuos comunes y biocontaminados</li> <li>*Bajo riesgo en su operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Se requiere de personal entrenado y capacitado para la operación y mantenimiento.</li> <li>*Altos costos de inversión y mantenimiento</li> <li>*Las temperaturas de tratamiento (95°C) no eliminan todo el espectro de patógenos presentes en los residuos</li> </ul>

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Radiación	<ul style="list-style-type: none"> <li>*No hay efluentes ni emisiones gaseosas peligrosas</li> <li>*No usa productos químicos</li> <li>*Olor y niveles de ruido muy reducidos</li> <li>*Su operación implica un bajo impacto ambiental por ausencia de emisiones peligrosas, asimismo, no hay sobrecarga de los vertedores municipales.</li> <li>*Posterior a su aplicación los residuos pueden ser reciclados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Se tiene formación de ozono durante la operación del equipo (efecto corona)</li> <li>*Se requiere de personal capacitado para la operación y mantenimiento del equipo</li> <li>*Aunque mínimo, existe riesgo de radiación</li> <li>*Altos costos de inversión, operación (energía) y mantenimiento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Destrucción total de patógenos</li> <li>*Se necesita acondicionar los residuos previamente al proceso, el haz de electrones puede ser retenido por vidrio y otros materiales de mayor densidad</li> <li>*Se pueden tratar los residuos comunes y biocontaminados</li> <li>*No tiene efluentes ni emisiones gaseosas peligrosas</li> <li>*Posterior a su aplicación los residuos pueden ser reciclados.</li> <li>*No reduce el volumen de los residuos, no tiene alteración de forma física ni química.</li> </ul>	

Fuente: tomado y adaptado de Min Salud Perú Tecnologías de tratamiento de residuos de establecimientos de salud pag. 23,27, 30,31 y 33.

#### 4.4 Características de los residuos de vuelos internacionales

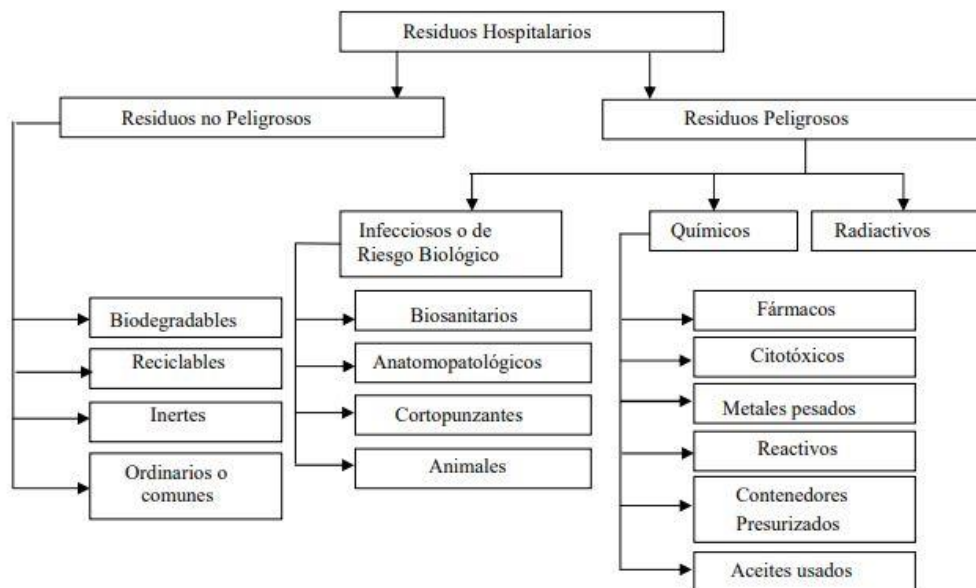
El Decreto 1071 de 2015 expedido por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Título 10. Sanidad Agropecuaria, Capítulo 1 Residuos y desperdicios provenientes de aeronaves internacionales en su artículo 2.13.10.1.1. Destrucción de residuos y desperdicios; determina: “Todos los residuos y desperdicios de comidas provenientes de las aeronaves internacionales que hagan escalas o servicios de cabotaje en los aeropuertos del país, deberán ser destruidos por incineración” (Decreto 1071 , 2015, pág. 267) Lo anterior es basado en el concepto de que estos residuos cuentan con características epidemiológicas que pueden afectar la salud pública del país; de acuerdo al Decreto 4741 de 2005, anexo III numeral 5.

Se establece:

Un residuo o desecho con características infecciosas se considera peligroso cuando contiene agentes patógenos; microorganismos (tales como bacterias, parásitos, virus, rickettsias y hongos) y otros agentes tales como priones, con suficiente virulencia y concentración como para causar enfermedades en los seres humanos o en los animales. (Decreto 4741 , 2005, pág. 26)

Dichas características han de ser comparables con las establecidas en el Manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia expedido en 2002 por parte del Ministerio de Salud (Resolución 1164, 2002) donde se realiza una especificación de cuáles son los agentes patógenos asociados a los riesgos epidemiológicos que se pueden presentar en el país.

Los residuos peligrosos son aquellos producidos por el generador con algunas de las siguientes características: “corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos” (Decreto 4741 , 2005, pág. 2). Se puede entender que los residuos de vuelos internacionales según la normatividad legal vigente cuentan dentro de la clasificación de los residuos hospitalarios y similares, sin embargo, después de realizar una revisión bibliográfica sobre los residuos provenientes de vuelos internacionales buscando el fundamento de por qué son clasificados en categoría de residuos epidemiológicos (Decreto 1601, 1984) no se encontró un soporte técnico y científico que sustente esto y que sea comparado con lo anteriormente descrito.



**Figura 1.** Clasificación de los Residuos Hospitalarios y Similares

Fuente: tomado de MPGIRSH – 2002 pag. 17

Como se observa en la figura anterior los residuos de vuelos internacionales no están tipificados dentro de los residuos infecciosos o de riesgo biológico, sin embargo, actualmente en Colombia el único proceso de disposición final para estos residuos es la Incineración, método que tiene asociados diferentes impactos ambientales.

En el Decreto 2676 de 2002 expedido por el Ministerio de Ambiente (ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares define en su Capítulo II Definiciones artículo 4 residuos hospitalarios y similares como: “son sustancias, materiales o subproductos sólidos, líquidos, o gaseosos, generados por una tarea productiva resultante de la actividad ejercida por el generador” ( Decreto 2676, 2002, pág. 4). También dentro del desarrollo del decreto se hace mención a la desactivación de los residuos en el capítulo V Gestión Integral de residuos hospitalarios y similares en el artículo 12 Segregación en la fuente, desactivación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final determina:



Todo generador de residuos hospitalarios y similares debe llevar a cabo la segregación de sus residuos peligrosos, desactivación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, y disposición de forma ambiental y sanitariamente segura, cumpliendo los procedimientos que para efecto establezcan los Ministerios del Medio Ambiente y salud. ( Decreto 2676, 2002, pág. 9)

Para realizar un proceso de desactivación en un residuo con riesgo biológico o infeccioso se debe tener en cuenta si presenta dentro de sus características diferentes agentes patológicos (Garcia Orjuela, 2011) como los descritos en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Características para un Agente Infeccioso

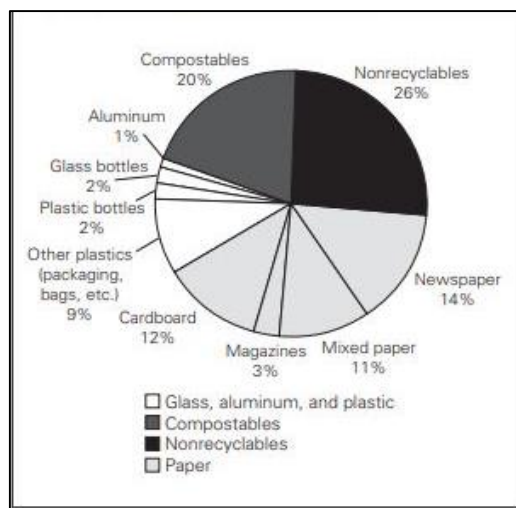
<b>CARACTERISTICAS</b>
Patogenicidad
Virulencia
Especificidad
Toxigenicidad
Dosis infectante
Inmunogenicidad

Fuente: las autoras, adaptado de (Garcia Orjuela, 2011)

Con base en lo anterior se requiere conocer la composición de los residuos generados por las aerolíneas para poder aplicar lo determinado en el artículo 12 del decreto 2676 de 2002; dichos residuos presentan una composición y cantidad variada dependiendo esto de la longitud y duración de los vuelos de las aerolíneas; (Atkin, 2006) los residuos generados incluyen los empaques de comida y bebidas, alimentos sin consumir, periódicos, revistas, diferentes tipos de papel incluyendo los tiquetes de abordaje de los pasajeros (Atkin, 2006).

En la figura 2 se presentan las cantidades en porcentajes de los residuos generados por las aerolíneas; datos basados en la gestión de la información por parte de los 5 aeropuertos más grandes de Estados Unidos (Atkin, 2006).

Se deduce que un 74% de la composición de los residuos provenientes de aeronaves son potencialmente aprovechables y que solo el 26 % de estos residuos son residuos ordinarios. En Colombia sin embargo no se han realizado caracterizaciones generales de los residuos de vuelos internacionales debido a su categorización como residuos con riesgo epidemiológico como lo determina el Decreto 1076 de 2015.



**Figura 2.** Estimación de residuos composición basada en los datos de cinco Grandes Aeropuertos de EEUU (tomado de Trash landings, Atkin, P. (2006) pag. 2)

#### 4.5 Alternativas de Inactivación y Tratamiento de Residuos con Riesgo Epidemiológico

En el Decreto 2672 de 2002 en el artículo 13 numeral 2.1 se determinan, la desactivación, tratamiento y disposición final de los residuos infecciosos:

Todo residuo infeccioso debe desactivarse y luego ser tratado en plantas de incineración, o en hornos de las plantas productoras de cemento, que posean los permisos o licencias ambientales correspondientes, o se podrán usar métodos de desactivación de alta eficiencia exceptuando los residuos anatomopatológicos, que garanticen la desinfección de los residuos infecciosos. ( Decreto 2676, 2002, pág.

10)

Sustentado en lo anterior en el manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia determina que después de un proceso de inactivación de residuos los agentes patógenos relacionados en la Tabla 6, deben ser caracterizados y sus valores deben ser ND= No Detectable (Resolución 1164, 2002).

**Tabla 6.** Estándares Máximos de Microorganismos

Microorganismos	Límite máximo
Hongo moniliform proliferating	ND
Bacillus subtilis	ND
Bacillus stearothermophilus	ND
Enterococcus faecalis	ND
Mycobacterium tuberculosis hominia	ND
Herpesvirus	ND
Poliovirus	ND
Staphilococcus aureus	ND
Pseudomona aeruginosa	ND

Fuente: tomado de MPGIRSH – 2002 pag. 38.

Cabe aclarar que en Colombia no se han llevado a cabo procesos de caracterización específicos para los RVI que se generan en los aeropuertos del país, ni de su composición, ni de sus componentes microbiológicos, por tanto, no hay bases teóricas ni sustentables que permitan refutar o afirmar lo descrito en cuanto a la composición microbiana de estos residuos.

Dentro de las diferentes alternativas de tratamiento de los residuos con riesgo epidemiológico se encuentran las de alta efectividad tales como: Autoclave de calor húmedo, autoclave de calor seco, radiación, microondas, uso de gases, equipos de arco voltaico, incandescencia (Resolución 1164, 2002) siendo estas las más aceptadas por el manual de procedimientos para la gestión de residuos Hospitalarios y similares para su implementación y búsqueda de cumplimiento con los estándares máximos de microorganismos presentes en los residuos.

Una de las principales técnicas que plantea es la **desactivación mediante autoclave** de calor húmedo, donde este vapor actúa como un transportador de energía y su poder calorífico penetra en los residuos a tratar, destruyendo así a los microorganismos patógenos; esta tipo de inactivación requiere presión de vapor, temperatura y tiempo de residencia (Resolución 1164, 2002).

Para los residuos objeto de esta monografía una de las deficiencias que se podría encontrar en el tema es que no es aplicable para residuos impregnados de grasas o alimentos que este contenidos en ellos, además la rama de los plásticos debido a las altas temperaturas tendría cambios en su composición física ya que se desintegrarían y no podrían ser objeto de aprovechamiento así como tampoco aquellos materiales que sean sensibles a la humedad como sería el caso de los cartones y envases tetra pack, por lo que esta técnica sería idónea para la mayoría de productos sanitarios, textiles, vidrios, cerámicas y objetos de caucho (Union Europea, 1995).

También se contempla la **desactivación por calor seco** en el que este proceso se emplea aire seco a una temperatura mayor o igual a los 180°C; este método no puede ser utilizado en textiles, papeles o sustancias que posean sustancias alcalinas o grasas (Resolución 1164, 2002). Al igual que la alternativa anterior este proceso limita los materiales a tratar con potencial de aprovechamiento ya que en los contenidos de los residuos de vuelos un 29% de su composición son residuos de fibras de todo tipo como por ejemplo: periódico, cartón y revistas. (Atkin, 2006) Véase la Figura 2.

Existe otra técnica de desactivación por **radiación** la cual contempla la “exposición de residuos a la acción de un espectro electromagnético, como el ultravioleta para superficies o materiales poco densos y delgados, o mediante el uso de otro tipo de radiación como los rayos gamma, más penetrantes” (Resolución 1164, 2002)

A nivel mundial debido a la necesidad de disminuir los impactos generados por los residuos hospitalarios y similares se han realizado diferentes investigaciones dirigidas hacia la búsqueda de diferentes técnicas de inactivación de los riesgos asociados a estos tipos de residuos por tanto la **desactivación por microondas** es una técnica que en los últimos años tiene a la comunidad científica muy interesada en ella; esta técnica “Destruye microorganismos por el aumento de temperatura dentro de la masa de residuos” (Resolución 1164, 2002, pág. 38) Siendo el principal beneficio de la energía de microondas la entrega directa de la energía a los materiales con capacidad de absorción de microondas, permitiendo la calefacción volumétrica de las muestras (Zimmerman, 2017). Este método es relativamente nuevo y la información es muy limitada, sin embargo existe estudios que garantizan su eficacia, además es una metodología que presenta bastantes ventajas tales como que los residuos pueden ser tratados in situ, es un proceso rápido que no emplea más de 2 horas, los costos de operación son más bajos en comparación a otros métodos de desactivación y además permite los residuos después de su desactivación de agentes patógenos sean tratados como un residuo convencional. (Zimmerman, 2017).

El autor Pisani et al (Júnior, Silva Tonuci, & Mello Innocentini, 2008), explican que el calor generado por microondas es una de las alternativas de tratamientos para residuos de la salud, funciona generando una onda electromagnética con frecuencia de 2450 MHz a través de un proceso de resonancia, la onda es absorbida por las moléculas de agua existentes en el residuo que proporciona aumento del grado de agitación de las moléculas que provoca la disipación de calor provocando la destrucción de los microorganismos presentes en el residuo, investigación que complementa el autor Mahdi (Mandi & Gomes, 2018) quien reconoce que aplicando el tratamiento por medio de microondas, la bacteria *Gran Positiva S. Aureus* es más resistente y menos sensible a la radiación generada por las microondas que la

E.Coli, sin embargo sigue siendo el tratamiento por microondas de los más utilizados por su efectividad para la desinfección de los desechos..

Otros métodos no convencionales son la **desactivación mediante uso de gases** y la **desactivación por incandescencia**; en el primero se utilizan gases desinfectantes sobre los residuos a tratar, sin embargo la literatura indica que existe riesgos asociados a la misma y además se asocia con costos elevados de operación ya que se requiere de equipos y procedimientos bastante especializados (Resolución 1164, 2002). La segunda técnica trata de la desactivación por incandescencia, donde el residuo es introducido en una cámara sellada conteniendo gas inerte donde una corriente eléctrica rompe las membranas moleculares de los microorganismos presentes en los residuos creando un ambiente plasmático. (Resolución 1164, 2002).

## **5 Gestión de RVI: nivel internacional a local**

### **5.1 Estado del arte RVI**

Los procesos de recolección y clasificación en un área aeroportuaria implican diferentes procesos operativos que involucran varias empresas u organizaciones que realizan sus labores en el área de rampa o plataforma de un aeropuerto; la generación de residuos de vuelos internacionales –RVI inicia en el vuelo donde cada pasajero y tripulación genera diferentes residuos los cuales arriban con el avión al aeropuerto internacional, seguido de esto intervienen las empresas de asistencia en tierra quienes son las encargadas de realizar los procesos de aseo y limpieza de la cabina y áreas de pasajeros en el avión y son estas empresas de asistencia en tierra (Ground Handling) las que recolectan los residuos en bolsas para ser retirados de la aeronave, seguido de ello estos residuos son entregados a las empresas recolectoras de residuos quienes gestionan según la normatividad actual vigente del país en donde los residuos fueron recepcionados.

### 5.1.1 Gestión de RVI a nivel mundial.

La Organización Internacional de Aviación Civil Internacional – ICAO es un organismo perteneciente a las Naciones Unidas, establecido en 1944 para gestionar la administración y la gobernanza del convenio sobre aviación Civil Internacional (Convenio de Chicago) firmado el 7 de diciembre de 1944. La ICAO colabora con los 193 países miembros de los cuales Colombia hace parte y grupos industriales para la construcción de las normas y practicas recomendadas de la aviación civil internacional (International Civil Aviation Organization (ICAO), s.f.).

En el Año 2018 la ICAO publico la guía Waste Management at Airports la cual tiene por objeto la gestión adecuada de los desechos que se produzcan o lleguen al emplazamiento aeroportuario y que necesiten un tratamiento adecuado. (International Civil Aviation Organization (ICAO), 2018) Guía en la cual se definen los diferentes tipos de residuos que se pueden generar en un aeropuerto e informa sobre la importancia de que los aeropuertos caractericen los residuos que se generan en sus instalaciones. (International Civil Aviation Organization (ICAO), 2018).

En el continente europeo se han adelantado diferentes procesos de medición y cuantificación de los residuos que se generan en sus principales aeropuertos internacionales, tal es el caso del Aeropuerto Internacional Larnaca de Chipre (LIA) donde se determinaron los diferentes tipos de residuos que se pueden generar dentro de una aeronave, en este estudio se muestrearon en total 27 vuelos de 4 diferentes aerolíneas que descargaban sus residuos en el LIA de Chipre, la evaluación indicaba que los hábitos y la ética del pasajero y la política de cada aerolínea producían diferentes tipos de residuos, los resultados arrojaron que cada uno de los pasajeros produjo aproximadamente 75,53 g de residuos en el año 2015. (Tofalli, Loizia, & Zorpas, 2017). Sumándose a esta iniciativa El Aeropuerto Internacional de Copenhague ubicado en Dinamarca realizó el estudio sobre las estrategias y sistemas de

gestión para los residuos que se generan en este aeropuerto, siendo las principales fuentes de estos residuos los generados en las aeronaves y los residuos derivados de la explotación económica de la cual es objeto este aeropuerto (Baxter, Srisaeng, & Wild, 2018). La estrategia utilizada se basa en la categorización de los residuos que pueden ser generados en un aeropuerto internacional subdividiendo en 7 categorías a los residuos que se pueden encontrar en una terminal aérea de la siguiente manera: 1) residuos sólidos municipales; 2) residuos de construcción y demolición; 3) residuos verdes; 4) residuos de remediación alimentaria; 5) residuos de los vuelos de aeronaves; 6) residuos de la lavatorio; y 7) los desechos de limpieza y reparación de derrames (Baxter, Srisaeng, & Wild, 2018). En consecuencia es necesario que los aeropuertos identifiquen sus fuentes de generación de residuos y las formas de promover su disminución particularmente por medio del reciclaje, compostaje e introducción de tecnologías de tratamiento que reduzcan los costos de la eliminación y por ende los impactos ambientales asociados a estos procesos. (Baxter, Srisaeng, & Wild, 2018). La cultura de los actores involucrados en la explotación comercial o industrial dentro de una terminal aérea cumple un papel muy importante para poder desarrollar procesos de reducción y reciclaje de residuos sólidos (Town & Folk-Blagbrough, 2018); siendo estos procesos claves para realizar categorizaciones precisas de cada uno de los diferentes residuos que se pueden generar en los aeropuertos.

De igual manera en Japón país miembro de las naciones unidas desde 1956 se ha preocupado por la gestión de sus residuos especialmente los generados en sus aeropuertos, el aeropuerto Internacional de Kansai en Osaka Japón han caracterizado los residuos producidos y generados en sus instalaciones entre los cuales están los RVI conocidos como residuos de vuelo (deplaned waste) se determina que su composición contiene botellas, latas, papeles, vasos de plástico, artículos de servicio, desperdicios de alimentos, así como toallas de papel (Baxter, Srisaeng, & Wild, Sustainable Airport Waste Management: The Case of Kansai



International Airport, 2018) y determina que para minimizar los impactos al medio ambiente el aeropuerto debe reducir el volumen de los desechos generados, esto puede lograrse mediante el reciclado, el compostaje, la reutilización de desechos y la introducción de tecnologías sin desechos (Baxter, Srisaeng, & Wild, Sustainable Airport Waste Management: The Case of Kansai International Airport, 2018).

Según el artículo los aeropuertos cuentan con tres opciones para la eliminación de residuos: Reciclar, Incinerar y los vertederos, llama la atención que en el proceso de incineración se busca incinerar los residuos en una central térmica combinada (CHP) que produzca calor y/o electricidad, (Baxter, Srisaeng, & Wild, Sustainable Airport Waste Management: The Case of Kansai International Airport, 2018) con lo cual se aprovecharía el poder calorífico de los residuos y se reduciría el impacto sobre la utilización de recursos hídricos o de combustibles fósiles para la producción de energía.

Así mismo en India se realizó en el 2015 una caracterización sobre los residuos generados en un avión de donde se determinó que se generaban residuos como: 1% Aluminio, 2% Vidrio, 2% Botellas de plástico, 9% otros artículos plásticos, 12% Cartón, 14% Periódico, 14% otros papeles, 20% materiales compostables, y restante 26% No-Reciclables. (Mehta, 2015) Cabe aclarar que la cantidad de residuos varía según el tipo de aeronave, la carga de pasajeros y la duración del vuelo (Mehta, 2015). Con estas cifras se puede afirmar que los residuos generados en las aeronaves son materiales valiosos y que en su mayoría son reciclables siendo un promedio de 25% a 35 % (Mehta, 2015) de generación, se plantea además que el reciclaje es una opción amigable con el medio ambiente ya que ahorra energía, conserva los recursos naturales y reduce las emisiones contaminantes (Mehta, 2015).

Claus Hecking investigador Alemán de la revista Spiegel Online manifiesta que en un vuelo de Hamburgo a Roma se acumulan residuos de cada pasajero al final de un vuelo donde de los cuatro millones de pasajeros que viajan al año, se generan 5.8 millones de kg de

residuos sólidos, es decir 1.43 kg por pasajero, datos que son suministrados por la Asociación Internacional de Transporte Aéreo - IATA (Hecking, 2018) Son muchos los estados o países que clasifican los desechos de la cabina de los aviones, pero así mismo hay países que por sus normas consideran estos residuos sólidos de RVI como biopeligrosos y requieren de incineración inmediata para su destrucción como lo expone Jon Godson experto de desechos de la IATA; por tanto cerca del 80% de los residuos terminan en los vertederos o incinerados como manifiesta Matt Rance, jefe de la firma de consultoría con sede en Londres MNH Sustainable Cabin Services que desarrolla conceptos para evitar desechos en las aerolíneas. (Hecking, 2018).

La revista Spiegel Online también realizó un análisis acerca de las aerolíneas encontrando que son muy reacias a hablar del problema que se tiene con los residuos sólidos debido a sus políticas de calidad y control de datos por lo cual la información de cuantos residuos generan no es accesible al público y tampoco es libre acceso a consulta, sin embargo hay aerolíneas comprometidas como United Airlines quien declara recolectar vasos de plástico y cajas de papel para reciclar y convertirse en una aerolínea libre de plástico en cinco años. El grupo Lufthansa lanzó una iniciativa llamada “Flygreener” con el objetivo de reducir los desechos. La línea Kranich ha estado utilizando platos de plástico reutilizables en clase Economy desde 2017 y piensan en 2019 incorporar un nuevo vaso de plástico hecho de plástico parcialmente reciclado, al igual que ya han creado auriculares reutilizables para la aerolínea australiana Qantas que solo funcionan en el avión, se recogen antes de aterrizar y tienen un sistema de limpieza y reprocesamiento el cual es más rentable. (Hecking, 2018)

En Cinco (5) de los aeropuertos más grandes de Estados Unidos como son El aeropuerto Internacional de los Ángeles (LAX) en estado de California, el Aeropuerto Internacional Fort Lauderdale (FLL) ubicado en el estado de Florida, el Aeropuerto Internacional de San Francisco (SFO), el Aeropuerto Internacional de Portland (PDX) y el

Aeropuerto Internacional Baltimore ubicado en la ciudad de Washington (BWI), se realizó la caracterización de los residuos generados en las terminales aéreas; siendo destacable las caracterizaciones que se realizaron en los residuos producidos por los pasajeros y tripulación en las aeronaves donde los resultados demostraron que más del 70% de que se genera en las aeronaves son residuos susceptibles de aprovechamiento. (Atkin, 2006), ver figura 2 del presente documento permitiendo así que se planteen indicadores de gestión de residuos y así poder evaluar las gestiones realizadas en estas áreas.

El ICAO establece que los Residuos de vuelos internacionales deben ser tratados con mayor rigurosidad ya que al provenir de un país con políticas y reglamentaciones diferentes a las del país receptor se pueden introducir plagas vegetales, enfermedades entre otros contaminantes (International Civil Aviation Organization (ICAO), 2018), lo anterior basado en Manual de Agricultura de los Estados Unidos en donde se determinan los métodos de eliminación de residuos son: Incineración a Cenizas, Esterilización “(cocinar basura regulada a una temperatura interna de 212 °F durante 30 minutos)” y Rectificado y descarga en un sistema de alcantarillado aprobado, todo esto aplicable a cualquier residuo que llega al territorio estadounidense exceptuando lo que ingrese de Canadá (United States Department of Agriculture (USDA), 2012). Con anterioridad la Agencia de Protección Ambiental - EPA publicó un documento denominado Desarrollo e implementación de un programa de reciclaje aeroportuario en el cual de igual manera se caracterizaron los residuos generados en los aviones lo cual se refleja en la figura 3, donde se observa claramente que los residuos generados en su gran mayoría son residuos potencialmente aprovechables, también la EPA establece que:

Cuando las aerolíneas se involucran con su programa de reciclaje, el tiempo es primordial. El personal de servicios de limpieza tiene tiempo limitado para asear una aeronave. Un programa con receptáculos de recogida de fácil acceso e instrucciones

claras facilitan que compañías aéreas participen activamente en el reciclaje.

(Environmental Protection Agency (EPA), 2009).

WHAT	WHERE											
	Public Terminals	Ticketing	Security Gates	Food Service Areas	Offices	Cargo Shipping	Maintenance Areas	Airport Grounds	Aircraft	Airfield Ramps	Construction Areas	Concessionaires, Retailers, Rental Car Facilities
Corrugated Cardboard				x	x	x	x		x			x
Mixed Paper	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Newspaper	x	x	x		x				x			
Glass	x	x	x	x	x	x	x		x			
Aluminum Cans	x	x	x	x	x	x	x		x			
Plastic Bottles	x	x	x	x	x	x	x		x			
Pallets						x						
Food Waste & Cooking Oil	x			x	x							
Organics/ Green Waste								x				
Electronics					x							
Used Tires							x					
Used Oil							x					
Scrap Metal						x	x				x	
Concrete											x	
Lumber											x	
Batteries					x							
Toner Cartridges					x							x
Plastic (non-bottles, e.g. film)						x	x					x

**Figura 3.** Common Recyclable Materials Found at Airports (Environmental Protection Agency (EPA), 2009) pag. 11.

La producción de desechos en los países en desarrollo ha generado preocupaciones en su manejo y tratamientos adecuados que minimicen el riesgo de los efectos adversos que se puedan generar en la salud pública y el medio ambiente, (Diaz , Savage, & Eggerth, 2005). En el documento Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries. Waste Management, (Diaz , Savage, & Eggerth, 2005) se describen algunos de los métodos de tratamiento y eliminación más comunes utilizados en el manejo de la salud infecciosa desechos en los países en desarrollo. Los métodos discutidos incluyen: autoclave; microondas desinfección química; combustión (baja, media y alta tecnología); y la eliminación en el suelo (vertedero, vertederos controlados, pozos y vertederos sanitarios). Se explican todas las alternativas de tratamiento y eliminación, incluida una descripción de los tipos de desechos que pueden y no Tratado. (Diaz , Savage, & Eggerth, 2005)

De acuerdo a la revisión bibliográfica efectuada, es notable que los países desarrollados y en vía de desarrollo, han convertido en una prioridad la búsqueda de alternativas de tratamiento de RVI que sean viables ambientalmente y económicamente, donde además puedan asegurar la incorporación de estos residuos a nuevos procesos productivos minimizando así los impactos ambientales que puedan estar asociados a las terminales aéreas.

### **5.1.2 Gestión de RVI a nivel América Latina**

En el Aeropuerto Internacional Viracopos en Sao Paulo – Brasil (Thales, Tomazini da Conceição, & Bernardes Teixeira , 2013), se generaron indicadores sobre los residuos que se generan en el aeropuerto basados en la normatividad actual vigente de Brasil Resolución del Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) 05/1993; la Resolución de Directorio Colegiado de la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA) 56/2008 y la NBR 8.843 (ABNT, 1996), que proporcionan directrices sobre las buenas prácticas en la gestión de residuos sólidos en tales lugares (Thales, Tomazini da Conceição, & Bernardes Teixeira , 2013), y dentro de la clasificación de sus residuos aeroportuarios en 5 grupos

A: riesgo biológico (generado en aeronaves, terminales de transporte y de carga); B: riesgo químico (generado en áreas industriales y de maniobras, como aceites, lámparas de mercurio y baterías); C: materiales radiactivos o contaminados con radioisótopos; D: residuo común; Grupo E: perfurocortante (cuchillas, agujas, ampollas de vidrio y cabelleras). (Thales, Tomazini da Conceição, & Bernardes Teixeira , 2013, pág. 132)

En Brasil el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento por medio de la Vigilancia agropecuaria internacional genera la regulación y supervisión de la gestión de los residuos según nombra Thales et al en su artículo, y que mediante el Manual de Procedimientos Operativos de la Vigilancia Agraria Internacional, anexo de la Instrucción

normativa 36/2006 de este Ministerio (Thales, Tomazini da Conceição, & Bernardes Teixeira , 2013) se establece la obligatoriedad de tratamiento en zona primaria (es decir, en el interior del sitio aeroportuario) de los residuos orgánicos a bordo de aeronaves en tránsito internacional, es así como se genera el indicador para las diferentes clases de residuos que para el caso de los RVI estarían catalogados en el grupo A en donde se establece que son almacenados en vertederos y recibirán tratamiento en zona primaria (Thales, Tomazini da Conceição, & Bernardes Teixeira , 2013).

Dentro de las recomendaciones que proponen los autores para el manejo de los residuos en el aeropuerto se establece “instalación y autorización de equipos de tratamiento de residuos sólidos, como el autoclave”. (Thales, Tomazini da Conceição, & Bernardes Teixeira , 2013, pág. 137)

Siendo el autoclave usada para el tratamiento de los residuos grupo A donde están involucrados los residuos de vuelos internacionales.

Grupo Aeroportuario del Sureste, S.A.B. de C.V. opera un grupo de aeropuertos en la región sureste de México bajo la marca comercial de ASUR. Estos aeropuertos se ubican en las ciudades de Cancún, Cozumel, Huatulco, Mérida, Minatitlán, Oaxaca, Tapachula, Veracruz y Villahermosa. (Grupo Aeroportuario del Sureste S.A.B. de CV (ASUR) , 2016), reporta en su informe de sostenibilidad para el año 2016 el manejo de los residuos peligrosos entre los que se presume se encuentran asociados los residuos de vuelos internacionales; dentro de los 9 aeropuerto se establece que “las sustancias y los artículos de este tipo son almacenados en instalaciones seguras, etiquetados correctamente y después entregados a empresas especializadas en la disposición de residuos peligrosos, en estricto cumplimiento con los reglamentos aplicables” (Grupo Aeroportuario del Sureste S.A.B. de CV (ASUR) , 2016, pág. 34). A continuación se muestra las cantidades generadas en conjunto de los 9 aeropuertos para el año 2016:

PARÁMETRO	UNIDAD	2014	2015	2016	%DE CAMBIO ('16 vs '15)
CONSUMO TOTAL DE AGUA	m3	909,949	927,038	870,931	-6.1%
DESCARGA TOTAL DE AGUA	m3	258,660	255,009	329,390	29.2%
CONSUMO TOTAL DE ELECTRICIDAD	kWh	74,288,610	76,500,287	91,293,333	19.3%
	GJ	267,439	275,401	328,656	19.3%
TOTAL DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS	kg	11,888	16,616	15,399	-7.3%
TOTAL DE RESIDUOS NO PELIGROSOS GENERADOS	t	1,647.7	2,761.6	5,275.4	91.0%
CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE	l	491,514	537,332	541,449	0.8%

**Figura 4.** Resumen de indicadores de desempeño ambiental en todos los aeropuertos

Fuente: tomado de (Grupo Aeroportuario del Sureste S.A.B. de CV (ASUR) , 2016) pag.

36.

De acuerdo a lo anterior se hizo notable que la investigación sobre alternativas de tratamiento para los residuos de RVI es bastante limitada y pocos países latinoamericanos han invertido en este tema, por tanto cifras específicas de generación de RVI no son objeto de investigación y mucho menos las alternativas para su inactivación. Consideramos que es necesario que las autoridades ambientales de cada país promuevan aún más estas investigaciones y se realice inversión por parte de los gobiernos, para los estudios e implementación de tecnologías de tratamiento. Adicional la segregación de la información de las cantidades de recolección por parte de los operadores de aseo en las terminales aéreas es de vital importancia para poder determinar cantidades reales de generación de residuos por corriente y así mismo poder plantear acciones de mejora en sus procesos de gestión integral de residuos.

### 5.1.3 Gestión de RVI a nivel local

En Colombia como ha sido mencionado anteriormente son pocos los estudios realizados en el tema, además porque la normatividad vigente en el país, es un limitante para el desarrollo de estos estudios al igual que los controles y demás políticas de privacidad que manejan los entes aeroportuarios.

Una investigación bajo la modalidad de tesis de la Universidad de la Salle para optar por el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario, realizada por el ingeniero Juan Sebastián García Orjuela en el año 2011, realiza un acercamiento a la clasificación de los residuos de vuelos internacionales y además desarrolla un muestreo microbiológico buscando determinar las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de los agentes patógenos contaminantes más importantes; su investigación tomo varios vuelos de diferentes destinos y diferentes tiempos de vuelo pero una sola aerolínea, los resultados muestran una nula participación en estos residuos de dichos agentes patógenos (García Orjuela, 2011), sin embargo por decreto estos residuos en el país se consideran que son de riesgo epidemiológico y por tanto su disposición final se está realizando por Incineración. (Decreto 1071 , 2015)

Este tratamiento tiene asociados diferentes impactos ambientales mencionados anteriormente en el numeral 1 Impactos Ambientales del presente documento, lo que, lo hacen poco amigable con el ambiente, sin embargo y comparando a los residuos de vuelos internacionales con las características epidemiológicas que tienen asociados los residuos hospitalarios y similares, el Manual de Procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares contempla otras opciones de tratamiento con menor impacto ambiental.

En la ciudad de Bogotá D.C. Se encuentra ubicado el aeropuerto Internacional Luis Carlos Galán Sarmiento el Dorado, La concesionaria Opain S.A. administra y opera el principal aeropuerto de Colombia, además trabaja en su mantenimiento, expansión, explotación comercial y modernización (ODINSA - Empresa de concesiones del Grupo Argos, 2018) para el 2018 se consolida como el 1 aeropuerto en movimiento de carga en toda Latinoamérica con un flujo de carga de 741.501 ton y también como el tercer aeropuerto a nivel Latinoamérica en movimiento de pasajeros con 32,7 millones de personas movilizadas



durante este mismo año a través de las 30 aerolíneas de pasajeros que convergen en este aeropuerto internacional. (ODINSA - Empresa de concesiones del Grupo Argos, 2018).

Opain S.A. vigila y controla el proceso de gestión ambiental ligado esté al tema de recolección y disposición de residuos generados en el aeropuerto, el Dorado cuenta con licencia tramitada frente a la Autoridad Ambiental de licencias Ambientales – ANLA frente a esta Autoridad Opain reporta las cantidades de generación de residuos entre los cuales está la generación de RVI de la terminal aérea.

Para el año 2017 se generaron en promedio 71,5 ton/mes de RVI las cuales son incineradas en un municipio cercano a Bogotá D.C. de igual manera para el 2018 según los informes de Índices de Calidad Ambiental - ICA semestrales que presentó OPAIN ante el ANLA se encuentra que en promedio se generaron 68,7 toneladas al mes. Ver Anexo A.

## **6 Análisis y Resultados**

Los residuos de vuelos internacionales RVI estarán presentes dentro de las generaciones de residuos de todos los aeropuertos internacionales de mundo, son una parte integral que no se puede eliminar, pero si mejorar, buscando la reducción de sus impactos ambientales en el país que los recepciona, estos RVI son una transferencia de residuos a nivel mundial donde su gestión deben acoplarse a las diferentes políticas del país a donde arriban; las cantidades de generación de RVI deberían ser una prioridad para las naciones donde están ubicados los aeropuertos con lo que se lograría obtener una cifra de generación a nivel nacional y con ello se podrían generar diferentes estrategias de gestión integral de residuos entre ellas la implementación de manera reglamentada de alguno de los métodos de alta eficiencia en los procesos de inactivación de los RVI contribuyendo a la mejora del medio ambiente del país receptor.

A nivel mundial se ha generado la norma ISO 26000 la cual habla de la responsabilidad social empresarial donde uno de los pilares es la responsabilidad empresarial frente al medio

ambiente (ver Anexo II). Las aerolíneas son un ente activo dentro de la cadena de generación y por eso el compromiso de la minimización de la generación de los residuos es muy importante, las iniciativas adoptadas por las aerolíneas como United Airlines y Lufthansa como lo nombra la revista Spiegel Online repercuten en el ámbito aeronáutico mundial; esta aerolíneas arriban a Colombia dejando sus residuos a disposición de nuestra gestión ambiental regulada por la normatividad, donde en el Decreto 1071 de 2015 se establece que RVI deben ser incinerados por su consideración como residuos con riesgo epidemiológico establecido también por el Decreto 1601 de 1984. Lamentablemente si una aerolínea internacional no escatima en esfuerzos por utilizar en sus vuelos materiales que sean potencialmente aprovechables, en Colombia estos esfuerzos se frenan y además aumentan en su impacto ambiental al llevarlos a incineración, como es el presente caso de estudio.

La normatividad actual en Colombia presenta ambigüedad en cuanto a su interpretación del concepto de residuos, ya que permite la interpretación en que si cierto material se puede volver a utilizar no es un residuo, como ejemplo de ello se puede evidenciar en el manejo de los procesos de Caterin que se define “como el servicio que provee de comida y bebida a fiestas, eventos y prestaciones en general” (InEventos, 2019) entre los cuales está la provisión de los servicios de comida y bebida a las aeronaves, en el proceso de desabordaje de los residuos generados, las losas son apartadas al igual que las botellas de licores que no son terminadas, estos elementos que bien podrían interpretarse como RVI ya que provienen de otro país, se gestionan diferente, las losas son inactivadas en procesos de esterilización y los licores son nuevamente abordados en otro vuelo, es aquí donde esta ambigüedad de la norma establece vacíos importantes que podrían ser bien aprovechados con la gestión ambiental donde la inclusión de los procesos de inactivación de alta eficiencia son protagonistas principales de este proceso, ya que como lo investigo Atkin en *Trash landings. How Airlines and Airports Can Clean Up Their Recycling Programs*. NRDC *The Earth’s Best Defense* más

del 70 % de los residuos generados en las aeronaves son residuos susceptibles de aprovechamiento y por tanto podrían ser tratados por medio de estos procesos de alta eficiencia, lo anterior también es sustentado por el Manual de Agricultura de la EPA adaptado por el ICAO, en donde a pesar de establecer que los RVI deben ser tratados con mayor rigurosidad por los riesgos asociados a la introducción de plagas y/o enfermedades dentro de las opciones de tratamiento está incluida la de esterilización. Las cantidades de residuos aprovechables que se generan en los vuelos también son nombradas por la EPA quien establece en Developing and Implementing an Airport Recycling Program del 2009 que los residuos de las aeronaves (aircraft) en su mayoría tienen gran potencial para ser aprovechables y también es enfático en que la participación activa de las aerolíneas en los programas de reciclaje, donde el ajuste de sus tiempos operacionales juega un papel bastante importante para hacer efectivo.

### **6.1 Alternativas de tratamiento de residuos de alta eficiencia en Colombia.**

Al considerar los RVI como un residuos con riesgo epidemiológico (riesgo biológico), los hace comparables con los residuos hospitalarios infecciosos, los cuales en el Decreto 2672 de 2002 son definidos y además se plantean las alternativas de desactivación, tratamiento y disposición final que sea segura ambientalmente, entre estas alternativas están las de alta eficiencia como son: autoclave, microondas, radiación, las cuales presentan tanto ventajas como desventajas según lo reflejo la investigación bibliográfica adelantada en la presente monografía.

Frente a los Objetivos del Desarrollo Sostenible -ODS de la Agenda de 2030, podemos establecer que si Colombia acoge una o varias de estas tecnologías de alta eficiencia para el tratamiento de los RVI, el país se alinearía con el cumplimiento del ODS 12: Garantizar modalidades de producción y consumo responsable y el ODS 13: Adaptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (Kowszyk & Maher, 2018), al buscar la

incorporación de los residuos sólidos potencialmente aprovechables en la Economía Circular que se define como:

El valor de los productos se mantiene por tanto tiempo como sea posible. Se minimiza el uso de los recursos y la generación de residuos y cuando un producto alcanza el fin de su vida útil, se utiliza de nuevo, proporcionando enormes beneficios económicos, contribuyendo a la innovación, el crecimiento y la creación de empleo.

(Kowszyk & Maher, 2018)

Y al promover alternativas de tratamiento más amigables con el medio ambiente que no generen tantos impactos ambientales negativos como los que se asocian a la incineración.

En Colombia pocas empresas realizan la esterilización de algunos elementos por medio del Autoclave, dentro del listado de las empresas gestoras de residuos que están autorizadas para realizar procesos de tratamiento de residuos por medio del autoclave figuran solo 6 Incineradores: BOK en Cundinamarca, Promoambiental en la Ciudad de Cali, Orco S.A ubicada en Cartagena, Ingeambiente del Caribe, Ecocapital en la ciudad de Bogotá y Descont S.A. ESP en Bucaramanga. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). Es notable que en este listado no se está nombrado otro tratamiento de alta eficiencia y por lo tanto es evidente la limitación que ejerce la normatividad en estos procesos de gestión de residuos sólidos, solo el Autoclave está presente en este anexo aparte de la incineración, lamentablemente el tratamiento por autoclave no permite la reincorporación como material aprovechable de los residuos plásticos y compuestos por celulosa y/o contener grasa al cambiar sus propiedades fisicoquímicas (Misterio de salud Perú, 1998) por tanto no se contempla como la alternativa que se alinea a los ODS 12 Y 13 del desarrollo sostenible.

El parque tecnológico de Cali de la empresa gestora Tecniamsa es una organización del grupo Veolia (Drupal, Havas Worldwide París, 2008), la cual cuenta con un portafolio de servicios especializados para la gestión de residuos, entre los cuales se encuentra el

tratamiento de residuos por medio del proceso de alta eficiencia de microondas. Dentro de la investigación llevada a cabo, es el único gestor que actualmente cuenta con esta tecnología en Colombia.

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas (Misterio de salud Perú, 1998) de cada una de las alternativas de alta eficiencia planteamos que las mejores alternativa de tratamiento aplicables a los residuos de vuelos internacionales RVI son las que permiten que estos residuos se vuelvan a reintegrar a un ciclo productivo como los son: tratamiento por microondas y tratamiento por radiación; a pesar de que estas tecnologías implican un costo de inversión, esta puede ser recuperable mediante economía circular que se busca implementar, teniendo en cuenta que los materiales que después de ser inactivados pueden ser potencialmente aprovechables, representando para las empresas gestoras un gran beneficio. Adicional estas dos tecnologías tiene asociados pocos impactos ambientales negativos, sustentado esto en la revisión bibliográfica realizada donde autores como Zimmerman y el Ministerio de Salud del Perú ratifican que estos tratamientos son ambientalmente más amigables porque no producen emisiones contaminantes (Zimmerman, 2017) y todos los desechos pueden ser tratados, caso contrario a lo sucedido con el autoclave que limita su aplicación a solo ciertos residuos.

### **6.1.1 En materia de costos**

La implementación de cualquiera de las tecnologías de alta eficiencia para el tratamiento de residuos y buscando ser aplicados para la inactivación de los RVI implica un costo por el tratamiento, por tanto en la presente monografía se cotizó el valor del tratamiento por incineración y costo de tratamiento por microondas.

El grupo veolia realiza el tratamiento por microondas y se encuentra ubicada en ciudad de Cali - Valle del Cauca donde en el Anexo C se evidencia una cotización de servicios para la empresa Sodeca Latam y algunas especificaciones técnicas de equipo Ecoesteryl, en cuanto

a los incineradores, son varias las compañías que cuentan con este servicio en diferentes ciudades del país siendo así más accesible para las empresas recolectoras de residuos que operan dentro de los aeropuertos. Una de estas compañías es Interaseo S.A. ESP quienes cuentan con un horno incinerador en el municipio de Mosquera - Cundinamarca. En los Anexo B y C se evidencian las cotizaciones suministradas por estas compañías.

**Tabla 7. Costos de tratamientos**

<b>Costo de incineración por Kg de residuo</b>	<b>Costo de tratamiento por microondas por Kg de residuo</b>
Interaseo S.A. ESP	Grupo Veolia
\$ 1517,40	\$ 1350

Fuente: las autoras

Los anteriores valores demuestran que el costo asociado al tratamiento de residuos de RVI por medio de un tratamiento de alta eficiencia no es elevado en comparación al costo de una incineración, sin embargo se debe tener cuenta el limitante de la ciudad en donde esta tecnología es ofertada, ya que esto implica costos de transporte, que para el caso del Aeropuerto el Dorado sería el costo de la movilización de aproximadamente de 2,29 a 2,38 Ton de residuos desde la ciudad de Bogotá,

De acuerdo a lo anterior, y a los costos de referencia consultados, sugerimos que los operadores como Opain realicen inversiones para la adquisición de estos equipos de alta eficiencia para que el tratamiento se pueda realizar in situ y así se eviten los costos del transporte intermunicipal, así mismo se recomienda realizar un análisis costo beneficio en el que se incluyan los beneficios ambientales.

Dentro de los compromisos ambientales con los que cuenta Opain como concesionario del Aeropuerto Internacional el Dorado, y en concordancia con los análisis bibliográficos y de costos, se adelanta el Decreto proyecto para la modificación de la normatividad actual vigente (ver anexo D) y que por tanto en Colombia finalmente se permita tratar a los RVI por los métodos de alta eficiencia que son aplicables en Colombia, desplazando a la incineración como único método de tratamiento para los residuos de RVI.



## 7 Conclusiones

- Se concluye que aproximadamente más del 70% de los residuos provenientes de vuelos internacionales son materiales con potencial de aprovechamiento: el 13% plásticos, 26% archivo, 1% aluminio, 20% son residuos compostables, 14% periódico y solo el 26% son residuos ordinarios; estas cantidades pueden variar dependiendo de la aerolínea, la frecuencia y duración del vuelo.
- La normatividad ambiental vigente en Colombia contempla una sola alternativa de disposición final para los residuos de RVI consistente en la incineración, sin embargo, en la revisión bibliográfica realizada se puede determinar que existen varias alternativas de alta eficiencia para el tratamiento de estos residuos, con menos impactos ambientales. Se requiere que el Gobierno Nacional, incentive una nueva reglamentación frente a la gestión de los RVI, la cual permita incorporar nuevas tecnologías en la gestión adecuada de estos residuos en cumplimiento a los ODS de la agenda 2030.
- Las metodologías de alta eficiencia para el tratamiento de residuos sólidos que permiten la reincorporación de los RVI a ciclos productivos son: microondas y radiación. Ambos métodos presentan menores impactos al ambiente y bajos costos de inversión. Su implementación permite que un gran porcentaje de residuos después de ser tratados puedan ser reincorporados en proceso productivos.
- Si bien tanto el tratamiento con autoclave como por ondas es de las tecnologías más idóneas para el tratamiento de los residuos e incrementar el aprovechamiento de estos gracias a la reducción de patógenos que podrían poner en riesgo la salud pública, el autoclave es una técnica muy limitante ya que no cualquier material se puede esterilizar por la forma como opera esta máquina; todo material que contenga celulosa como el papel o periódico no podría luego de someterse al tratamiento, ser aprovechado ya que por funcionar con vapor alteraría la morfología del residuo, el tratamiento por medio de



microondas por el contrario funciona con vibraciones electromagnéticas que exclusivamente afectaría las moléculas de agua para que generen fricción y el calor suficiente para esterilizar.

- En Colombia, no se ha realizado una caracterización de RVI en la cual se incluyen todas las aerolíneas de vuelos internacionales que entreguen residuos en Colombia, diferentes tipos de vuelo y además diferentes destinos. Por lo anterior se recomienda realizar una caracterización de residuos de vuelos y además una ampliación de la caracterización microbiológica, como la realizada por el ing. García (García Orjuela, 2011) para los vuelos de una sola aerolínea en la ciudad de Bogotá.
- Se concluye que el costo de inversión para la implementación de la tecnología de microondas es menos por kilogramo, en comparación con la actividad de incineración, sin embargo los costos de transporte intermunicipal de cantidades de RVI como las generadas en el aeropuerto El Dorado incrementan el costo de manera significativa por lo cual se recomienda realizar el estudio de inversión en la compra de un equipo para tratar los residuos de Insitu.
- Es necesario una evaluación más exhaustiva en pro de modificar la normatividad actual vigente en Colombia, que se argumente en procesos científicos de análisis técnicos, económicos, funcionales y operacionales que permitan la utilización de las tecnologías de alta eficiencia para el tratamiento de los RVI.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkin, P. (2006). Trash landings. How Airlines and Airports Can Clean Up Their Recycling Programs. *NRDC The Earth's Best Defense*, 1 - 52.
- Baxter, G., Srisaeng, P., & Wild, G. (2018). An Assessment of Airport Sustainability, Part 1—Waste Management at Copenhagen Airport. *resources*, 1-24.
- Baxter, G., Srisaeng, P., & Wild, G. (2018). Sustainable Airport Waste Management: The Case of Kansai International Airport. *Recycling*, 1-22.
- Daza, D., Tello Espinoza, P., Martínez Arce, E., Soulier Faure, M., & Terraza, H. (2010). *Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe*. Organización Panamericana de la Salud - OPS; Banco Interamericano de Desarrollo - BID; Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). Obtenido de <https://publications.iadb.org/en/regional-evaluation-urban-solid-waste-management-latin-america-and-caribbean-2010-report>
- Decreto 1071 . (2015). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*. Colombia.
- Decreto 1601. (1984). *Ministerio de Salud*. Colombia.
- Decreto 2676. (2002). *Ministerio del Medio Ambiente*. Colombia.
- Decreto 4741 . (2005). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT*. Colombia.
- Diaz, L., Savage, G., & Eggerth, L. (2005). Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries. *Waste Management*, 626–637.
- Drupal, Havas Worldwide París. (2008). *Veolia*. Obtenido de : <https://www.veolia.com.co/>
- El Dorado. (2018). Obtenido de <https://eldorado.aero/>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2009). *Developing and Implementing an Airport Recycling Program*. United States of America.
- Florez Gutierrez, A. (2005). *Reglamento Sanitario Internacional 2005 Un Compromiso de Todos*. Bogotá D.C. : Equipo de Sanidad Portuaria, MPS Colombia.
- García, H., Acosta, Y., Toyo, L., Rodríguez, L., & El Zauahre, M. (01 de 07 de 2014). Percepción del manejo de residuos sólidos urbanos (fracción inorgánica) en una comunidad universitaria. *Multiciencias*, 247-256. Obtenido de <https://www.redalyc.org/html/904/90432809002/>
- García Orjuela, J. ( 2011). *Determinación de características de Infecciosidad y propuesta técnica para la Gestión Integral de Residuos Sólidos generados en vuelos internacionales Avianca*. Bogotá D.C. : Universidad de la Salle .
- Grupo Aeroportuario del Sureste S.A.B. de CV (ASUR) . (2016). *Informe Anual de Sostenibilidad*. Mexico.
- Hecking, C. (5 de Junio de 2018). *Was vom Bordmenü übrig bleibt*. Obtenido de Spiegel On Line : <https://www.spiegel.de/reise/aktuell/plastikmuell-auf-flugreisen-muellberge-und-wie-man-sie-vermeidet-a-1211102.html>

- Hoyos Taborda, Diego Fernando et all. (2010). *PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL AEROPUERTO INTERNACIONAL ALFONSO BONILLA ARAGON BAJO LA NORMA ISO 14001*.
- InEventos. (2019). *InEventos Colombia*. Obtenido de <https://www.ineventos.com/co/blog/que-es-un-catering.aspx>
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2018). *Waste Management at Airports ECO AIRPORT TOOLKIT*. Montreal, Quebec Canada .
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (s.f.). *ICAO Uniting Aviation* . Obtenido de International Civil Aviation Organization: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>
- Júnior, R. P., Silva Tonuci, L., & Mello Innocentini, M. D. (2008). *Inativação de pseudomonas aeruginosa em resíduos de serviços de saúde por microondas*. Obtenido de [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522008000300007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522008000300007&script=sci_arttext)
- Kadir, M. O., Rahman, N. N., Hossain, S., Sarker, Z., & Balakrishnan, V. (2012). Treatment of Clinical Solid Waste Using a Steam Autoclave as a Possible Alternative Technology to Incineration. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 855-867.
- Kowszyk, Y., & Maher, R. (2018). *Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC*. Hamburgo - Alemania: Federal Foering Oficce.
- Malik, A. (2008). *Steam treatment, recycling and power (STRAP) the municipal solid waste: UK perspective*. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/13549830802260266>
- Mandi, A. B., & Gomes, C. (22 de Mayo de 2018). *Effects of microwave radiation on micro-organisms in selected materials from healthcare waste*.
- Mehta, P. (2015). Aviation waste management: An insight. *International Journal of Environmental Sciences*, 5(6), 179-186.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2015). *Decreto 1076* . Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Marzo de 2014). *Quimicos.Minambiente.gov.co*. Obtenido de [http://quimicos.minambiente.gov.co/images/Respel/otros\\_documentos/anexo\\_9\\_5\\_listado\\_empresas\\_gestoras\\_autorizadas\\_corte\\_31\\_03\\_14.pdf](http://quimicos.minambiente.gov.co/images/Respel/otros_documentos/anexo_9_5_listado_empresas_gestoras_autorizadas_corte_31_03_14.pdf)
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (s.f.). *Reglamento Técnico del Sector de agua Potable y Saneamiento Básico*. Colombia: Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico.
- Misterio de salud Perú. (1998). *Tecnologías de Tratamiento de residuos solidos de establecimientos de salud*. Lima.
- Narro Robles, D. J., Ruiz Matus, D. C., & al, e. (2018). *Manual de procedimientos Estadarizados de Operación en materia de Vigilancia Epidemiológica Internacional*. Ciudad de Mexico: LGD Brebda Liliana Escobeto Lopez .

- ODINSA - Empresa de concesiones del Grupo Argos. (2018). *Conexiones Estrategicas Memoria Anual 2018*. Bogota D.C.
- Odriozola, V. (Junio de 1996). *La incineración de residuos hospitalarios daña la salud, mas vale prevenir que curar*. Obtenido de BSVDE: [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_reas/e/fulltext/curar.pdf](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_reas/e/fulltext/curar.pdf)
- OPAIN S.A., C. A. (2017). *Informe ICA*. Bogotá D.C.
- OPAIN S.A., C. A. (2018). *Informe ICA*. Bogotá D.C.
- Resolucion 1164. (2002). *Ministerio de Ambiente y Ministerio de Salud*. Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia, Colombia.
- Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía General para la Gestion de Residuos Solidos Domiciliarios*. Ministerio de Desarrollo Social . Santiago de Chile: Naciones Unidas CEPAL. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40407-guia-general-la-gestion-residuos-solidos-domiciliarios>
- Salud, M. d. (1997). *Conductas Básicas en Bioseguridad: Manejo Integral*. Bogotá D.C.
- Sanabria Amortegui , F. A. (12 de Septiembre de 2017). *Procedimiento Manejo de Residuos Provenientes de Vuelos NAL e INTER*. Obtenido de OPAIN S.A.: <https://www.opain.co/ambiental.php>
- Secretaria de Salud de Bogota. (s.f.). *Documento marco sistema de vigilancia epidemiológica ambiental (SISVEA)*. Bogotá: Direccion de Salud Publica. Obtenido de <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Protocolos%20de%20Vigilancia%20en%20Salud%20Publica/Sisvea.pdf>
- Solíz T, M. (5 de 9 de 2013). *Exposición, vulnerabilidad y perfil epidemiológico de trabajadores informales en el botadero a cielo abierto del cantón Portoviejo, Ecuador*. Obtenido de <https://www.uasb.edu.ec/documents/10181/423786/Informales+Portoviejo+%5BFernanda+Soliz%5D/21035a9d-434f-4987-a2cd-afd7263276a2>
- Tangri, N. (2003). *Incineración de residuos: una tecnología muriendo*. Ciudad de Quezon, Filipinas: GAIA, Alianza Global Anti-Incineración.
- Thales, A., Tomazini da Conceição, F., & Bernardes Teixeira , B. (2013). Indicadores para a gestão de resíduos sólidos em aeroportos e sua aplicação no Aeroporto Internacional de Viracopos, Campinas, São Paulo. *Eng Sanit Ambient*, 131-138.
- Thrift, H. (1967). *Solid Waste/Disease Relationships, A Literature survey*. Cincinnati: U.S. DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION, and WELFARE. Obtenido de <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/20014J7Y.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=Prior+to+1976&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&>
- Tofalli, N., Loizia, P., & Zorpas, A. (2017). Passengers waste production during flights. *Environmental Science and Pollution Research*, 35764–35775.

Town , M., & Folk-Blagbrough, S. (2018). Improving terminal waste diversion: Education, engagement and corporate culture at Vancouver International Airport. *JOURNAL OF AIRPORT MANAGEMENT*, 12(2), 186–197.

Union Europea. (1995). *Norma Europea EN-556*.

United States Department of Agriculture (USDA). (2012). *Manual for Agricultural Clearance*. Washington, D.C.: Agricultural Clearance.

*World Bank*. (2010).

Zimmerman, K. (2017). Microwave as an emerging technology for the treatment of biohazardous waste:A mini-review. *Waste Management & Research*, 471 - 439.



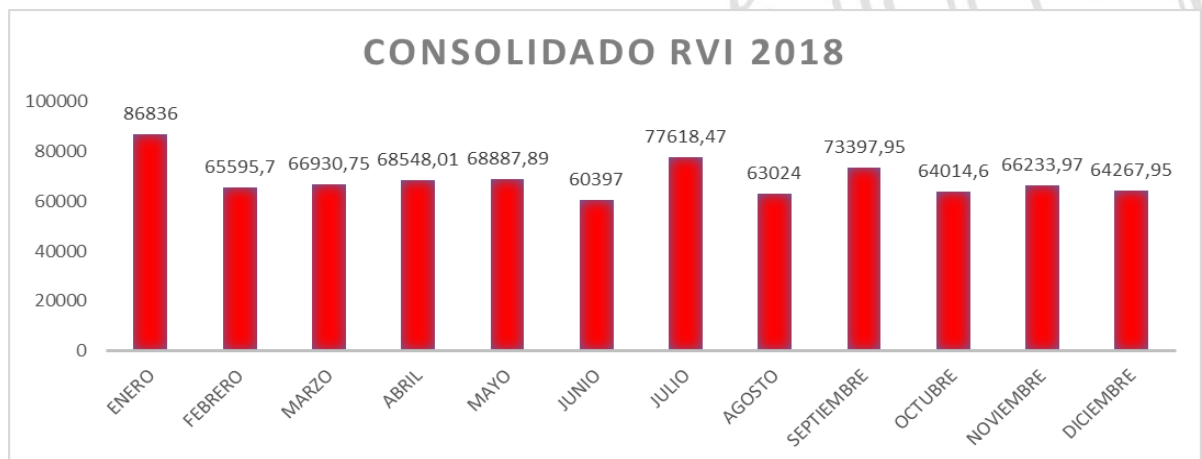
## Anexo A . Cifras de Generación RVI Aeropuerto Internacional el Dorado - Bogotá

Para el segundo semestre del 2017 los meses de mayor generación de RVI fueron julio y diciembre siendo coherentes con las temporadas altas del aeropuerto por ser meses de vacaciones escolares y empresariales. En la figura 6 se observan las cantidades generadas durante el año 2018 donde los meses de mayor generación son Enero y Julio donde también existe la relación de ser temporada alta para el aeropuerto.



**Figura 5.** Generación de RVI segundo semestre de 2017 Aeropuerto el Dorado

Fuente: Tomado de Informe ICA segundo semestre 2017 OPAIN S.A. presentado ante al ANLA (OPAIN S.A., 2017)



**Figura 6.** Generación mensual de RVI - 2018 Aeropuerto el Dorado

Fuente: Tomado de informes ICA primer y segundo semestre de 2018, OPAIN S.A. presentado ante el ANLA (OPAIN S.A., Informe ICA, 2018)

**Anexo B .** Oferta Económica Interaseo S.A.S ESP

**Anexo C .** Oferta Económica grupo Veolia

**Anexo D .** Decreto Residuos Aeronaves Internacionales

