ACTUALIZACION DE INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS PRODUCIDAS POR AVIONES COMERCIALES EN EL AEROPUERTO EL DORADO DE BOGOTÁ D.C y POLITICAS PARA DISMINUCION DEL IMPACTO AMBIENTAL

MARIA ALEJANDRA TIRADO NORIEGA

Proyecto de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniera Ambiental

Director:

Ing. German Camilo Lleras E.M.Sc

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

BOGOTÁ - COLOMBIA

2010

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN ……4
2. JUSTIFICACIÓN …… 5

3. MARCO TEÓRICO…… 6
   3.1 Contaminantes criterio…… 6
   3.2 Normatividad sobre calidad del aire en Colombia……11
   3.3 Normatividad ambiental según Organización Mundial de la Salud (OMS)……13

4. AVIONES QUE USAN EL AEROPUERTO EL DORADO ……14

5. CALCULO DE EMISIONES…….. 16
   5.1 Metodología según la EPA ……17
      5.1.1 Determinación de la altura de la capa de mezcla……17
      5.1.2 Actividad aeroportuaria ……18
      5.1.3 Tiempo de modo – TIM……20
      5.1.4 Procedimiento para el cálculo de emisiones comerciales…….21
         5.1.4.1 Cálculo de las emisiones provenientes de aviones comerciales……..23

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS……24
   6.1 Comparación con resultados obtenidos en estudio previo (año 2008)……..……..24
   6.2 Contribución de las emisiones de contaminantes producidas por aviones comerciales frente al inventario de emisiones de Bogotá…….25
   6.3 Comparación de tasas de emisión de contaminantes por ciclo LTO 25

7. POLITICAS A DESARROLLAR PARA DISMINUIR LA EMISIONES DE CONTAMINATES
   ATMOSFÉRICOS…… 31

7.1.1 Frente a las emisiones en el aeropuerto……31
7.1.2 Frente al calentamiento global……..
8. CONCLUSIONES……..3 .

9. RECOMENDACIONES……37

10. ANEXO 1 – TABLAS DE EQUIVALENCIA DE AERONAVES…….36

11. ANEO 2 – CÁLCULO DEL INVENTARIO DE EMISIONES MEDIANTE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA POR LA EPA…….37

12. ANEXO 3 – FACTORES DE EMISION DE AERONAVES SEGÚN LA EPA……..43

13. BIBLIOGRAFÍA……..51

1. INTRODUCCIÓN

A través de los años en el desarrollo de la humanidad, la búsqueda de minimizar los impactos que genera el hombre sobre el medio ambiente es cada vez más importante para la conservación de mismo. Es por eso, que la calidad del aire y la contaminación atmosférica se han convertido en un tema primordial y de interés público dado el notable deterioro que ha venido sufriendo la atmósfera en los últimos años. La contaminación es un fenómeno causado por diversas sustancias (actividad humana o por causas naturales) las cuales afectan el medio ambiente y la salud humana.

En la actualidad ha habido un incremento en el uso de los aviones por parte de la población como forma indispensable dentro del desarrollo del transporte y la economía dando como resultado un aumento en la contaminación atmosférica a causa de ellos. Adicionalmente, se ha comprobado que las fuentes móviles son las principales generadoras de contaminación atmosférica dentro de los centros urbanos. Por lo tanto para la ciudad de Bogotá dado su calidad de mega ciudad estos indicadores no pueden ser ignorados. Las políticas están enfocadas a mitigar los impactos que tienen las fuentes fijas y a las fuentes móviles en la calidad del aire. Desafortunadamente, en Colombia actualmente no se han desarrollado políticas frente a la contaminación atmosférica proveniente de los aviones, siendo ellos un factor contributivo dentro del deterioro de la calidad de aire que se respira.

Este trabajo tiene como fin realizar el estimativo del inventario de las emisiones producidas por los aviones comerciales que hacen uso del Aeropuerto “El Dorado” de la ciudad de Bogotá que nos permitan identificar la severidad del problema, así como generar políticas frente a la minimización de los impactos que estas puedan generar a la atmósfera y a la población aledaña.

2. JUSTIFICACIÓN

La ciudad de Bogotá ha presentado un crecimiento económico siendo una de la ciudad más importante en Latinoamérica, motivo por el cual el Aeropuerto “El Dorado” ha venido presentando un incremento en el tráfico aéreo diario.

En la actualidad alrededor del mundo mueren miles de personas a causa de la contaminación ambiental y la ciudad de Bogotá no es la excepción a esta problemática. Miles de personas en Bogotá sufren síntomas causados por el envenenamiento del aire pero el caso más crítico es para la población infantil la cual es más vulnerable a los cambios en el clima a causa de los contaminantes que se emiten a la atmósfera. Por esa razón es de vital importancia cuantificar el impacto que están generando los diferentes medios de transporte para minimizar los impactos sobre la salud humana y generar políticas ambientales en beneficio de la población.

Gracias a la Aeronáutica Civil, entidad especializada de carácter técnico la cual se encarga de brindar la prestación de servicios aeroportuarios y de apoyo a la navegación aérea, se puede dar cumplimiento a la normatividad ambiental existente y se minimice el riesgo al ambiente. Las actividades del campo ambiental dentro de esta entidad están enfocadas principalmente a la minimización de los niveles de ruido en la zona de operación, razón por la cual es necesaria la implementación de medidas que complementen la calidad ambiental y se busque consolidar la normatividad colombiana dentro de los márgenes estrictos en beneficio de la población.

Este trabajo se realiza con el fin de dar un estimado de las emisiones ocasionadas por los aviones dentro del aeropuerto “El Dorado “de la ciudad de Bogotá. Adicionalmente, uno de los propósitos de esta investigación es buscar el interés de la población para realizar más investigaciones a fondo sobre las emisiones de los aviones dentro de su recorrido en la atmósfera y las implicaciones que estas tienen frente al efecto invernadero y la calidad de vida de la población

3. MARCO TEÓRICO

3.1 CONTAMINANTES CRITERIO

En el estudio de la calidad del aire se evalúan una serie de contaminantes que son comunes y perjudiciales para la salud humana denominados contaminantes criterio. Por esa razón se han establecido normas a estos indicando concentraciones máximas permisibles en la atmósfera durante un periodo de tiempo; con el fin de proteger la salud humana. Los contaminantes criterio a estudiar precisamente por su influencia en la salud humana son los siguientes:

- Material particulado (PM_{10})

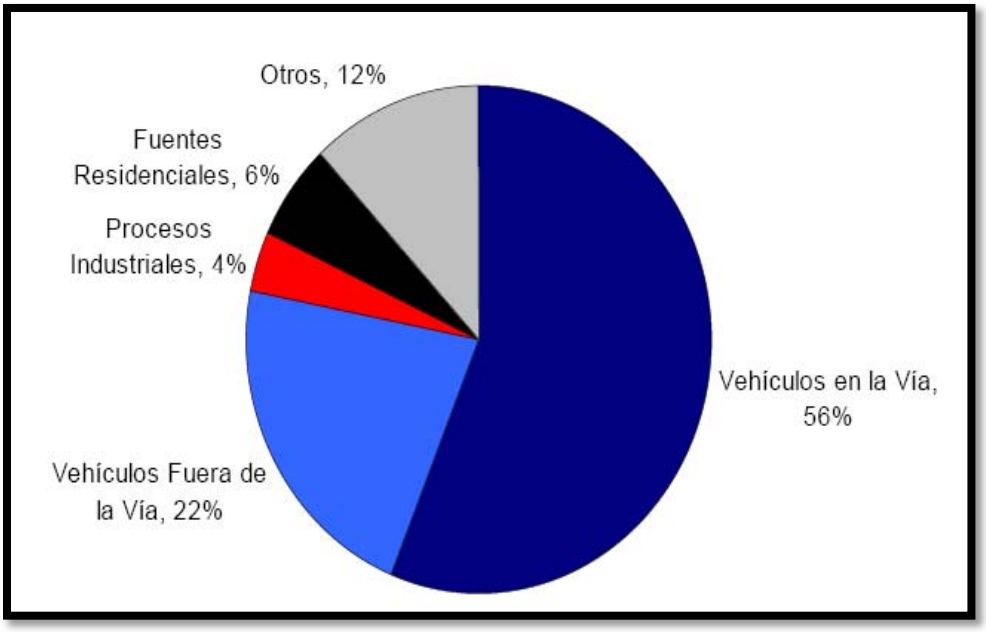
Constituyen una mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran en suspensión en el aire, se clasifican según su diámetro donde PM_{10} y $PM_{2.5}$ corresponde a diámetros menores a 10 micras y 2.5 respectivamente. Este material particulado proviene de tanto actividades naturales como antropogénicas; en las naturales se deben a incendios forestales y en las humanas a la quema de combustibles fósiles o sólidos, como la madera y el carbón. La incidencia de estos en la salud aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como el cáncer de pulmón.

- Monóxido de Carbono (CO)

Es un gas incoloro, inodoro y muy tóxico que se produce por la combustión incompleta de los combustibles fósiles. Este gas al inhalarse, tiene la capacidad de combinarse con la hemoglobina y reducir el transporte de oxígeno en el cuerpo. Por lo tanto la asfixia o sofocación se produce porque la sangre no transporta suficiente oxígeno en el cuerpo. Este gas se absorbe en la sangre a través de los pulmones. El Monóxido de Carbono afecta enormemente en la salud pública ya que si se expone en periodos prolongados produce anemia y falta de oxigeno en las células y tejidos; si la concentración es muy alta puede ocasionar la muerte.

La fuente principal de gas CO son los motores de combustión interna. El gas CO también se genera en operaciones industriales tales como respiración refinación de petróleo y manufactura de productos químicos. Una de las fuentes más importantes de generación de CO son las actividades de transporte y los sistemas de combustión industrial. Se estima que aproximadamente el 60% de las emisiones de Monóxido de Carbono provienen de las fuentes móviles. La gráfica a continuación muestra la distribución de emisiones de CO en un centro urbano.

Gráfica 1: Emisiones de Monóxido de Carbono en un Centro Urbano[1]



- *Dióxido de Nitrógeno (NO_2)*

Este es un gas altamente oxidante, soluble en agua. Es uno de los promotores de la neblina o smog fotoquímico. La formación del NO_2 en la atmósfera es el resultado de la oxidación de Óxido nítrico (NO) generado en la combustión interna de los motores los cuales se encuentran en muy altas temperaturas. El nitrógeno molecular proveniente del combustible fósil se une con el Oxígeno produciendo

[1] Notas de clase "Meteorología y calidad del aire" , Eduardo Behrentz , Universidad de Los Andes, Bogotá,Colombia

Óxido Nítrico, y este al tener contacto con el ambiente se transforma en Dióxido de Nitrógeno. El proceso se puede mostrar de la siguiente manera:

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO = Formación\ de\ Óxido\ Nítrico$$

$$2NO_g + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_2 = Formación\ de\ Dióxido\ de\ Nitrógeno$$

La principal fuente de emisión del Óxido de Nitrógeno es el uso de combustibles para fuentes fijas y móviles. También se generan de manera natural por actividad bacteriana y volcánica, pero la cantidad que se genera es muy baja en comparación a las emisiones de origen antropogénico.

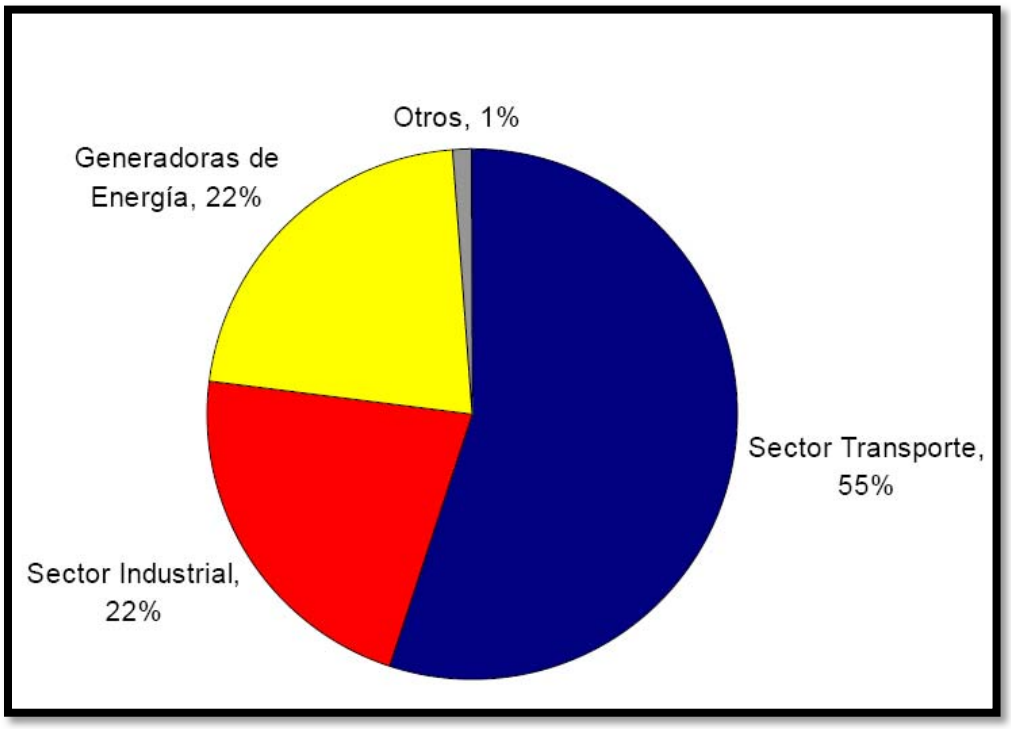
La presencia de Dióxido de Nitrógeno afecta al ambiente, cuando presencia de luz solar se disocia dejando que el Oxígeno atómico libre (O) reaccione con el Oxígeno molecular y se produzca Ozono troposférico (O_3) que es altamente oxidante. La reacción se muestra a continuación:

$$NO_2 + LUZ\ SOLAR \rightarrow O + NO$$

$$O + O_2 \rightarrow O_3$$

Por otra parte, el NO_2 reacciona con el radical OH produciendo Ácido Nítrico (HNO_3) generando lluvia ácida. Los efectos de la exposición del Dióxido de Nitrógeno de manera continua o frecuente puede causar enfermedades respiratorias especialmente en personas asmáticas. La distribución de NO_2 en un centro urbano se representa de la siguiente manera:

Gráfica 2: Emisiones de Dióxido de Nitrógeno en un Centro Urbano[2]



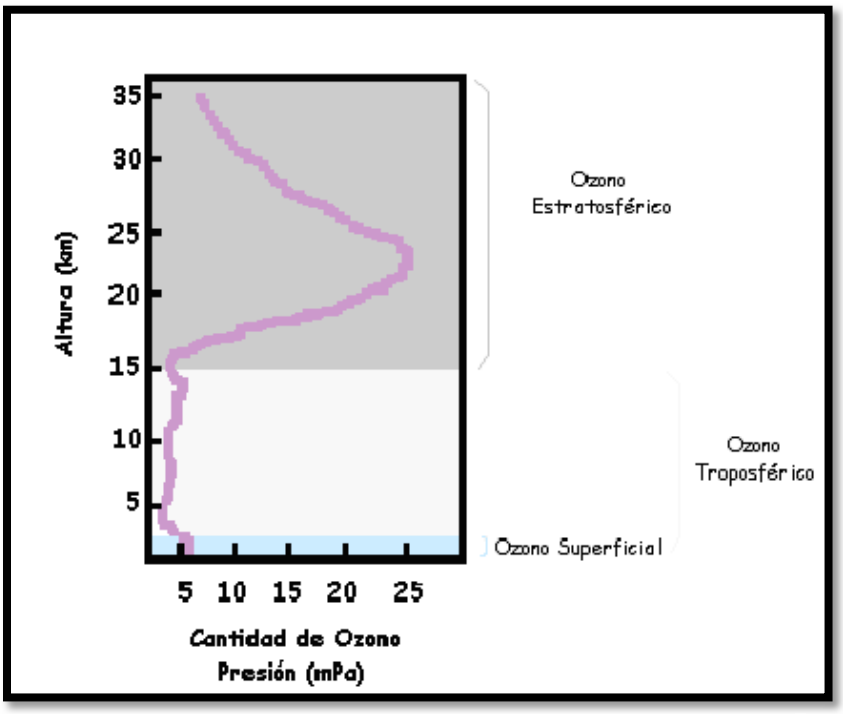
- Ozono (O_3)

El ozono es un gas incoloro e inestable. Además es una oxidante fuerte y fácil de producir pero también muy fácil de destruir. El O_3 es el principal componente de la bruma industrial y se forma por reacción fotoquímica con contaminantes emitido por los vehículos y la industria. Los mayores índices de ozono se registran cuando hay tiempo soleado. Este como los demás desencadena problemas respiratorios (ataques de asma y enfermedades pulmonares)

Alrededor del 90% de ozono se encuentra en la estratósfera entre los 16 y los 50 kilómetros. En la superficie se terrestre se encuentra hasta una altura de 16 kilómetros. El ozono ubicado en la estratósfera es catalogado como un ozono bueno y que funciona como un filtro de la radiación ultravioleta proveniente del sol. Sin embargo el ozono que se encuentra cerca de la superficie (troposfera) tiene un

[2] Notas de clase "Meteorología y calidad del aire" , Eduardo Behrentz , Universidad de Los Andes, Bogotá,Colombia

efecto contaminante y es perjudicial para la salud.la siguiente imagen muestra la distribución del ozono en la atmósfera.



Gráfica 3: Distribución del Ozono en la atmósfera[3]

- COV

La principal fuente de emisión de COV es la combustión de combustibles fósiles son liberados por la quema de combustibles como gasolina, madera, carbón o gas natural. También son liberados por disolventes y pinturas. Los compuestos orgánicos volátiles causan problemas a la salud ya que son liposolubles, es decir, tienen gran afinidad por las grasas permitiendo que se acumulen en diversas partes del cuerpo humano. Si se tiene contacto con ellos por un corto plazo puede causar dolor de cabeza, irritación en los ojos, mareo. El problema principal de los COV sobre la salud humana es porque pueden ser cancerígenos afectando el sistema nervioso central. Por otro lado, los COV´s juegan un papel importante dentro de la polución fotoquímica como precursores del ozono troposférico.

[3] IDEAM El ozono y su distribución en la altura www.ideam.gov.co

Es importante destacar que a pesar que no hay una normatividad existente para los compuestos orgánicos volátiles, estos se tienen en cuenta en el inventario d emisiones debido a su participación en la formación de ozono (O_3). Por otra parte los COV´s son precursores de material particulado fino el cual es más dañino para la salud dado su tamaño penetrándose hasta los alvéolos pulmonares.

3.2 NORMATIVIDAD SOBRE CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA

La normatividad sobre la calidad del aire en Colombia inicia en el año 1967 en el cual se instalaron las primeras redes para el monitoreo de la calidad del aire. Posteriormente, en el año 1973 se expidió la ley 23 cuyo objetivo era “prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”. En base a esta ley se creó en 1974 el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables. Posteriormente en el mes de Enero del año 1982 el Ministerio de salud pública expidió el Decreto 02 en el que se reglamentan parcialmente las normas en cuanto a emisiones atmosféricas.

En desarrollo al Decreto 948 de 1995 el decreto 02 de 1982 fue derogado; 11 años después surge la resolución 601 del 4 de Abril de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) la cual establece la nueva norma de calidad del aire para todo el territorio nacional. En esta resolución se establecen los valores máximos de referencia para los diferentes contaminantes criterio. Lo establecido en esta norma Nacional se muestra a continuación:

Tabla 1: Valores Máximos permisibles para cada contaminante criterio (Resolución 601 de 2006 MAVDT)

CONTAMINANTE	PERIODO	NORMA (Resolución 601 de 2006)	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PARTÍCULAS (PM10)	Anual	70	$\mu g/m^3$	Promedio aritmético de la concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	150	$\mu g/m^3$	
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2)	Anual	53	ppb	Promedio aritmético de la concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	80	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	1 hora	106	ppb	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	8 horas	8.8	ppm	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	35	ppm	Concentración promedio horaria
OZONO (O_3)	1hora	61	ppb	Concentración promedio horaria
	8 horas	41	ppb	concentración promedio en 8 horas

Todas las normas sobre la calidad del aire creadas anteriormente tienen como fin clasificar las especies contaminantes así como las concentraciones de estos en el ambiente, marcando a esta norma como un límite el cual se debe tener referencia para evitar daños en la salud y en el ambiente. Para el caso de Bogotá la Secretaría Distrital de Ambiente anterior (DAMA) expidió la Resolución 1208 de 2003 la cual establece las normas técnicas y estándares ambientales para prevenir la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire para la ciudad.

Tabla 2: Valores Máximos permisibles para cada contaminante criterio (Resolución 1208 de 2003 Secretaria Distrital de Ambiente)

CONTAMINANTE	PERIODO	NORMA (Resolución 1028 de 2003)	UNIDAD DE MEDIDA
PARTICULAS (PM10)	Anual	55	$\mu g/m^3$
	24 horas	155	$\mu g/m^3$
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2)	Anual	53	ppb
	24 horas	111	ppb
	1 hora	170	ppb
OZONO (O_3)	8 horas	56	ppb
	1 hora	79	ppb
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	8 horas	10	ppm
	1 hora	35	ppm

3.3 NORMATIVIDAD AMBIENTAL SEGÚN ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

La organización mundial de la salud es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas. Para la organización mundial de la salud, la contaminación atmosférica constituye un riego para la salud y se estima que 2 millones de prematuros mueren anualmente a causa de este problema. Las Directrices sobre Calidad del Aire de la OMS realizan un estudio más profundo sobre los efectos de la contaminación y se recogen los valores permisibles de los diferentes contaminantes criterio para evitar y reducir en un modo significativo los riesgos sanitarios.

Los valores permisibles dentro de la organización Mundial de la Salud, los cuales no afectarían a la población son los siguientes:

Tabla 3: Valores Máximos permisibles para cada contaminante criterio (Organización Mundial de la Salud)

CONTAMINANTE	PERIODO	NORMA (OMS)	UNIDAD DE MEDIDA
PARTICULAS (PM_{10})	Anual	20	$\mu g/m^3$
	24 horas	50	$\mu g/m^3$
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2)	Anual	40	$\mu g/m^3$
	1 hora	200	$\mu g/m^3$
OZONO (O_3)	8 horas	100	$\mu g/m^3$

4. AVIONES QUE USAN EL AEROPUERTO EL DORADO

Las aerolíneas que usan el Aeropuerto El Dorado para realizar sus operaciones cuentan con un itinerario de acuerdo al tipo de avión que cubren las diferentes rutas a nivel nacional e internacional. La información suministrada se observa en la tabla 4.

Tabla 4: Llegadas y salidas de aviones de las aerolíneas que usan el Aeropuerto El Dorado.

		LUNES		SABADOS	
AEROLINEA	TIPO EQUIPO	LLEGADAS	SALIDAS	LLEGADAS	SALIDAS
AEROGAL	B737-200	1	1	1	1
AEROLINEAS ARGENTINAS	B737-800	1	1	0	0
AEROREPUBLICA	E190	40	39	38	36
AIR CANADA	B767-300	0	0	1	0
AIR FRANCE	A343	1	0	1	1
AIRES	B737-800	28	28	28	28
	DH8B	30	29	23	22
AMERICAN	B767-200	2	1	2	1
	B757-200	0	1	0	1
AVIANCA	A320-200	47	43	38	39
	B767-300	4	5	4	3
	A320-300	4	4	4	5
	B757-200	8	8	8	8
	B767-200	1	1	2	2
	A319	6	7	6	7
	F100	50	48	49	49
	MD83	6	8	5	6
	F50	30	28	27	28
CONTINENTAL	B737-800	3	3	3	3
COPA	B737-100	2	2	2	2
CUBANA	A320-200	0	0	1	1
DELTA	B757-200	2	2	2	2
DUTCH ANTILLES SUCURSAL COLOMBIANA	F100	0	0	0	0
EASYFLY S.A	B41	9	6	5	5
IBERIA	A340-300	1	1	1	1
JETBLUE AIRWAYS CORPORATION	A320-200	1	1	1	1
LACSA	A320-200	1	1	1	1
LAN CHILE	B767-300	0	0	0	0
LAN PERU	A319	2	2	2	2
MEXICANA	A319	3	3	2	2
SERVICIO AEREO A TERRITORIOS NACIONALES SATENA	D328	5	9	6	6
	E145	10	8	6	7
	E170	6	7	4	5
SPIRIT AIRLINES	A319	1	1	1	1
TRANS AMERICAN AIRLINES S.A SUCURSAL COL	A319	2	2	2	2
VRG LINHAS AEREAS S.A SUCURSAL COLOMBIA	B737-800	1	1	0	0

Tabla 5: Características de los aviones que usan el Aeropuerto El Dorado.

		MOTOR
AIRBUS	319	2 MOTORES CFM56-5-A1
	320	2 MOTORES CFM56-5-A1
	340-300	4 Motores JT9D-7F
BOEING	737-2	2 motores JT8D-9A
	737-1	2 motores JT8D-9A
	737-5	a motores CFM56-3C-1
	757-2	2 motores pw2037
	767-2	2 motores CF6-80A2
	767-3	2 motores CF6-80C2B6
EMBRAER	E145	2 Motores Rolls Royce AE 3007A Turbofan
	E170	2 Motores Turbofan GE CF34-8E
	E190	
Fairchild Dornier	Dornier-328	2 Motores Pratt & Whitney 119C
FOKER	F50	2 Motores TAY MK 620-15
	F100	2 Motores TAY MK 620-15
McDonnell Douglas	MD83	2 Motores Pratt & Whitney JT8D-219
British Aerospace (Jet Stream)	J541	2 Motores Honeywell TPE331-14GR/HR Turboprop
De Havillan	DHB-8	2 Motores Turboprop

5. CÁLCULO DE EMISIONES

Para calcular las emisiones provenientes de los aviones comerciales en materia atmosférica se han desarrollado varios métodos para estimar los niveles de emisiones atmosféricas por diferentes agencias dependiendo de las necesidades y expectativas propias de los desarrollos tecnológicos de cada país.

La agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) se ha caracterizados por innovar en las actividades para mitigar el impacto ambiental que pueda generar diferentes factores sobre el ambiente. A su vez desarrollan esfuerzos investigativos para abordar ciertos temas que son inciertos para otras agencias en la manera de abordarlos. Es por eso que la EPA tiene un reconocimiento a nivel mundial por su veracidad y efectividad, razón por la cual la metodología usada se encuentra como apropiada para este estudio.

5.1 *Metodología según la EPA*

Para el cálculo de las emisiones producidas por los aviones comerciales que operan en el Aeropuerto El Dorado se usará la metodología recomendada por la EPA (U.S Environmental Protection Agency) la cual puede ser usada para cualquier Aeropuerto en el mundo en diferentes años. Los valores de las emisiones que se obtendrán de esta metodología son los aproximados de los diferentes aviones en estudio para el caso estudiado ya que este estudio da una información preliminar de las diferentes cantidades de contaminantes que se emiten a la atmósfera.

La metodología recomendada por la EPA se sintetiza en los siguientes pasos:

1. Determinar la altura de mezcla (análisis) para definir el aterrizaje y el despegue (LTO)
2. Determinar la actividad aeroportuaria en término de ciclos LTO.
3. Determinar la flota de aviones comerciales que usan el Aeropuerto “El Dorado”.
4. Seleccionar el factor de emisiones.
5. Estimar el tiempo de modo TIM.
6. Calcular las emisiones basadas en la actividad aeroportuaria, TIM y los factores de emisiones.

5.1.1 Determinación de la altura de la capa de mezcla

La altura de la capa de mezcla es el volumen atmosférico disponible en niveles cercanos a la superficie terrestre donde los contaminantes se dispersan y transportan. Con base a la tesis del estudiante de postgrado Jose Franklyn Ruiz Murcia de la Universidad Nacional titulada “Simulación de la contaminación atmosférica generada por fuentes móviles en Bogotá” se pudo obtener la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Debido a que esta altura depende

principalmente de la temperatura el promedio anual de la altura de la capa de mezcla en la estación de monitoreo del Aeropuerto “El Dorado” fue de 473 metros.

5.1.2 Actividad aeroportuaria

El análisis se va a realizar para un día hábil y un día del fin de semana los cuales corresponden al día lunes y sábado, siendo estos los que más número de vuelos presentan dentro de la semana. La información que se muestra a continuación fue suministrada por la Aeronáutica Civil Colombiana de acuerdo a los itinerarios de vuelos autorizados para el Aeropuerto “El Dorado”.

Tabla 6: Llegadas y salidas correspondientes al tipo de avión y día de la semana en el año 2009.

	LUNES		SABADOS	
TIPO DE AVION	LLEGADAS	SALIDAS	LLEGADAS	SALIDAS
AIRBUS 319	12	13	11	12
AIRBUS 320-200	53	49	45	47
AIRBUS 343	2	1	2	2
BOEING 737-100	2	2	2	2
BOEING 737-200	1	1	1	1
BOEING 737-800	36	36	34	34
BOEING 757-200	10	11	10	11
BOEING 767-200	3	2	4	3
BOEING 767-300	4	5	5	3
DHB-8	30	29	23	22
DORNIER-328	5	9	6	6
EMBRAER 145	10	8	6	7
EMBRAER 170	6	7	4	5
EMBRAER 190	40	49	38	36
FOKER 50	30	28	27	28
FOKER 100	50	48	49	49
J5-41	9	6	5	5
MD-83	6	8	5	6

Acorde con la información suministrada sobre el número de llegadas y salidas correspondientes a cada tipo de avión en referencia a los días lunes y sábados (días de estudio) se calcula el número de ciclos LTO (aterrizaje/despegue). Un ciclo LTO corresponde a un aterrizaje y un despegue sin importar que no se realicen de manera consecutiva. Adicionalmente, debido a que en unos casos ocurren más aterrizajes que despegues o viceversa, el cálculo del número de ciclos LTO fue aproximado al número entero mayor. La información obtenida se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 7: Ciclos LTO para cada tipo de avión y día estudiado.

	LUNES			SABADOS		
TIPO DE AVION	LLEGADAS	SALIDAS	CICLOS LTO	LLEGADAS	SALIDAS	CICLOS LTO
AIRBUS 319	12	13	13	11	12	12
AIRBUS 320-200	53	49	51	45	47	46
AIRBUS 3430-300	2	1	2	2	2	2
BOEING 737-100	2	2	2	2	2	2
BOEING 737-200	1	1	1	1	1	1
BOEING 737-800	36	36	36	34	34	34
BOEING 757-200	10	11	11	10	11	11
BOEING 767-200	3	2	3	4	3	4
BOEING 767-300	4	5	5	5	3	4
DHB-8	30	29	30	23	22	23
DORNIER-328	5	9	7	6	6	6
EMBRAER 145	10	8	9	6	7	7
EMBRAER 170	6	7	7	4	5	5
EMBRAER 190	40	49	45	38	36	37
FOKER 50	30	28	29	27	28	28
FOKER 100	50	48	49	49	49	49
JS-41	9	6	8	5	5	5
MD-83	6	8	7	5	6	6
TOTAL	309	312	315	277	279	282

5.1.3 Tiempo de modo – TIM

Un ciclo LTO se encuentra dividido en 5 componentes específicos:

1. Aproximación: medido desde el momento en que el contaminante entra a la zona de mezcla hasta que el avión aterriza.
2. Carreteo: es el tiempo gastado después del aterrizaje hasta que la aeronave es parqueada y el motor es apagado. También es el periodo entre el encendido del motor y el despegue.
3. Despegue: Caracterizado por la operación acelerada del motor. Comprende el tiempo hasta que la aeronave alcanza los 305 metros con respecto al suelo.
4. Ascenso: periodo después del despegue y concluye cuando la aeronave pasa la zona de mezcla.

El cálculo de los tiempos de modo –TIM dependen del altura de la capa de mezcla de acuerdo a lo desarrollado en el documento de la EPA “Procedures for Emissions Inventory Preparation, Volume IV: Mobile sources”. Los tiempos de modo son calculados para dos de los componentes del ciclo LTO. Los ajustes se calculan de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

Ascenso:

$$TIM_{ajustada} = TIM_{Inicial} * \left\lceil \frac{Altura\ de\ capa\ de\ mezcla - 152}{915 - 152} \right\rceil$$

Aproximación:

$$TIM_{ajustada} = TIM_{Inicial} * \left\lceil \frac{Altura\ de\ capa\ de\ mezcla}{915} \right\rceil$$

Tabla 8: Tiempos de modo –TIM para cada tipo de aeronave

TIEMPO DE MODO "TIM" (Minutos)						
TIPO DE AVIÓN	Operaciones/Modos de Despegue			Operaciones/Modos de Despegue		
	Carreteo	Despegue	Ascenso	Aproximación	Carreteo	Total
Aviones Comerciales						
Jumbo, y aviones de largo y mediano alcance	19	0,7	2,2	4	7	32,9
Turboprop	19	0,5	2,5	4,5	7	33,5
Pistón	6,5	0,6	5	4,6	6,5	23,2

5.1.4 Procedimiento para el cálculo de las emisiones comerciales

Para este procedimiento se usan los factores de emisión de cuatro contaminantes criterio los cuales son suministrados por la EPA y son observados en el anexo 2. Estos factores se encuentran determinados para cada modelo de aeronave dados en masa de contaminante emitida por tiempo transcurrido. El procedimiento para el cálculo del inventario de emisiones se desarrolla de la siguiente manera:

1. Determinar el tiempo de modo – TIM para cada una de las aeronaves

2. Calcular el total de emisiones para cada uno de los contaminantes multiplicando el factor de emisión de cada contaminante por su respectivo tiempo de modo y luego sumando cada uno de los resultados de los diferentes modos.

3. Calcular las emisiones totales anuales multiplicando el total de emisiones del paso anterior por el número de ciclos LTO.

Las ecuaciones aplicadas para determinar las emisiones por parte de la flota comercial son las siguientes:

$$ET_{YK} = \sum_{i} TIM_{YK} * EF_{XYK}$$

Donde

FE_{XYK}= Factor de emisión para un contaminante X para un modelo de avión Y en un modo de operación K (Kg/min)

TIM_{YK}= Tiempo de duración para un modo de operación K para un modelo de avión Y (min)

ET_{YK}= Emisiones totales para un contaminante X para un modelo de avión Y (Kg/LTO)

Adicionalmente, se calculan las emisiones producidas para cada tipo de avión de la siguiente manera:

$$ET_{F,XY} = ET_{YK} * LTO_Y$$

Donde

$ET_{F,XY}$= Emisiones totales para un contaminante X de un avión Y (kg/Año)

ET_{YK} = Emisiones totales para un contaminante X para un modelo de avión Y (Kg/LTO)

LTO_Y = Número de ciclos LTO anuales para un avión Y [LTO]

Finalmente se suman las emisiones anuales correspondientes a cada tipo de contaminante provenientes de los diferentes aviones tal como se ilustra en la siguiente ecuación:

$$ET_X = \sum ET_{F,XY}$$

Donde

$ET_{F,XY}$= Emisiones totales para un contaminante X de un avión Y (kg/Año)

ET_X= Emisiones totales para un contaminante X (kg/Año)

5.1.4.1 Calculo de las emisiones provenientes de los aviones comerciales

Los resultados obtenidos sobre las emisiones atmosféricas de contaminantes producidos por los aviones comerciales que usan el Aeropuerto El Dorado se observan en la tabla 9. Adicionalmente los procedimientos de cálculo se muestran en el anexo 2.

Tabla 9: Emisiones anuales producidas por cada tipo de avión

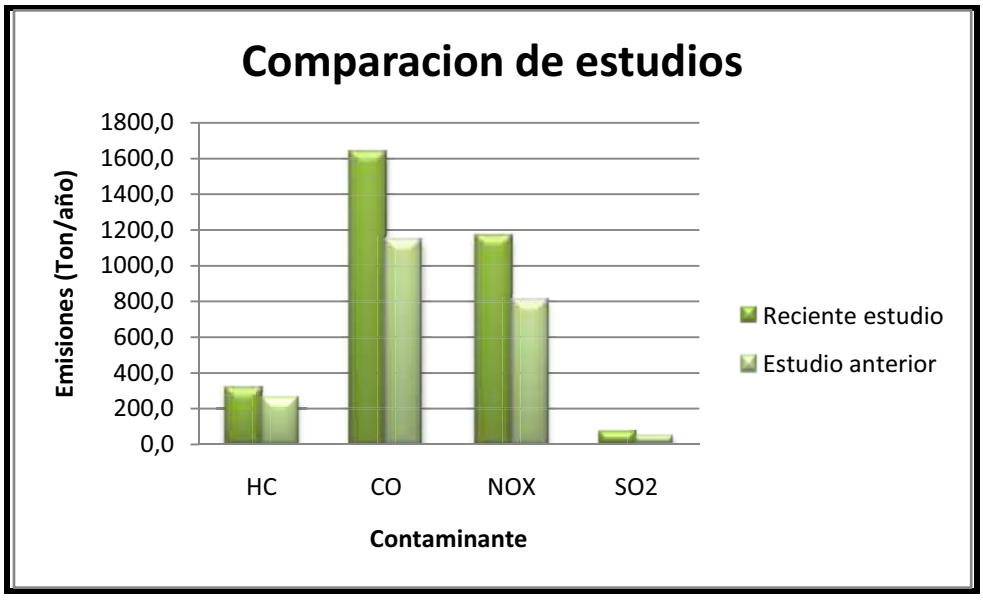
TIPO DE AVION		CICLOS LTO		CONTAMINANTE CRITERIO			
				HC	CO	NOX	SO2
		LUNES	SABADOS	[kg/Año]	[kg/Año]	[kg/Año]	[kg/Año]
AIRBUS	319	3302	1332	2443,7	27784,8	27198,6	1508,9
	320-2	12954	5106	9523,8	108285,3	106000,8	5880,8
	340-300	256	222	8636,9	37983,1	14734,4	727,4
BOEING	737-100	256	222	1216,7	4706,4	2277,5	185,7
	737-200	254	111	929,0	3593,8	1739,1	141,8
	737-500	9144	3774	7537,5	141503,8	83380,4	4962,0
	757-200	2794	1221	4191,1	43211,4	42669,3	2978,9
	767-200	762	444	3554,0	16649,0	18074,4	754,7
	767-300	1270	444	10099,8	47392,3	26944,3	1236,5
DASH HAVILLAND	DHB-8	7620	2553	39550,7	162021,7	2958,8	1231,3
FAIRCHILD DORNIER	DORNIER-328	2286	666	11476,8	47015,4	858,6	357,3
EMBRAER	145	1778	777	3346,1	22289,6	9392,4	772,5
	170	11430	555	15696,1	104556,0	44057,7	3623,5
	190	7366	4107	7456,2	125675,3	74053,5	4401,2
FOKER	50	12446	3108	20370,2	135691,7	57177,5	4702,5
	100	2032	5439	9784,3	65176,3	27463,9	2258,7
BRITISH AEROSPACE	JS-41	1778	555	9070,3	37156,9	678,6	282,4
MD DOUGLAS	MD-83	80010	666	142619,8	496007,9	627504,8	34501,0
			TOTAL (Kg)	307503,1	1626700,8	1167164,5	70507,2
			TOTAL (TON)	307,5	1626,7	1167,2	70,5

6. ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 Comparación con los resultados obtenidos en estudio previo (año 2008)

Los resultados obtenidos mediante el uso de la metodología desarrollada por la EPA para el cálculo de las emisiones atmosféricas de los aviones comerciales en el Aeropuerto el Dorado de Bogotá se muestran en la Gráfica 4. Con base en la tesis del estudiante Jorge Felipe Saavedra, titulada "Inventario de emisiones producidas por aviones comerciales en el Aeropuerto El Dorado de Bogotá" desarrollada en el año 2008, se puede hacer una comparación de los resultados obtenidos en las diferentes investigaciones sobre las emisiones de los aviones que usan el Aeropuerto el Dorado.

Gráfica 4: Comparación de los resultados con estudio en el año 2008.



Según los resultados obtenidos en esta investigación frente a los encontrados en la tesis elaborada en el 2008, las emisiones atmosféricas por parte de la flota de aviones representan un aumento significativo de contaminantes en el aire. Los aumentos corresponden a 51 Toneladas al año de hidrocarburos, 489 Toneladas al año de Monóxido de Carbono, 367 Toneladas de Óxidos de nitrógeno y 30

Toneladas por año de dióxido de Nitrógeno. Estos valores corresponden a incrementos de 20%, 43%, 46% y 74% respectivamente.

6.2 Contribución de las emisiones de contaminantes producidas por aviones comerciales frente al inventario de emisiones de Bogotá.

A continuación se muestran los resultados presentados en el informe anual de calidad del aire de Bogotá presentado por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) sobre la cantidad de contaminante que se emitió a la atmósfera Bogotana en el año 2009.Adicionalmente, se muestran los resultados finales de cada uno de los contaminantes analizados según la metodología de la EPA.

Tabla 10: Emisiones atmosféricas totales de Bogotá y la contribución de las aeronaves.

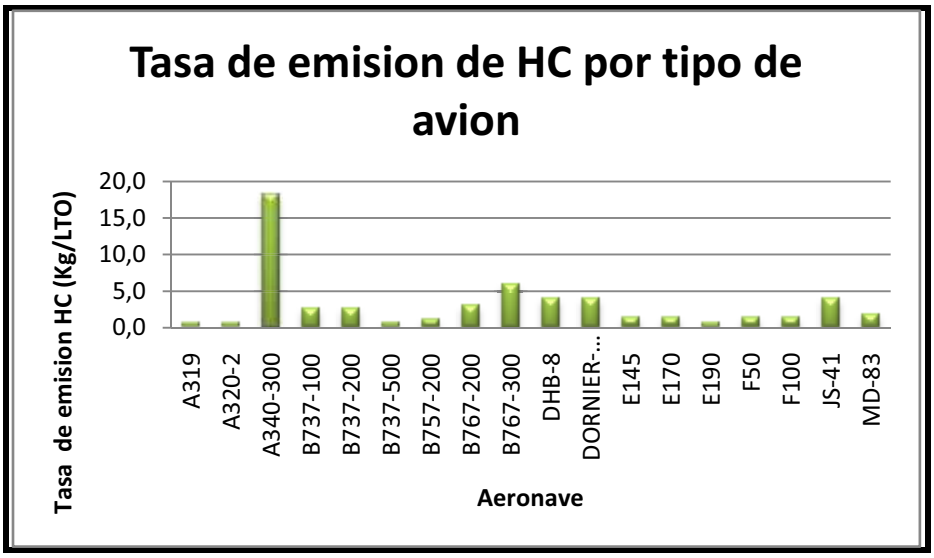
	CONTAMINANTE CRITERO (Ton/Año)			
	HC	CO	NOX	SO_2
Bogotá	60000	450000	30000	6000
Total estudio	307,5	1626,7	1167,2	70,5
% Contribución	0,51%	0,36%	3,89%	1,18%

Según lo anterior, se puede observar que las aeronaves comerciales aportan alrededor del 6% de las emisiones a la atmósfera Bogotana. Adicionalmente, se ha evidenciado un aumento de estas emisiones en comparación de aproximadamente un 3% de participación en el año 2008. Esto indica que la flota de aviones es un foco de políticas a desarrollar sobre el mejoramiento de la calidad del aire de la ciudad.

6.3 Comparación de tasas de emisión de contaminantes por ciclo LTO

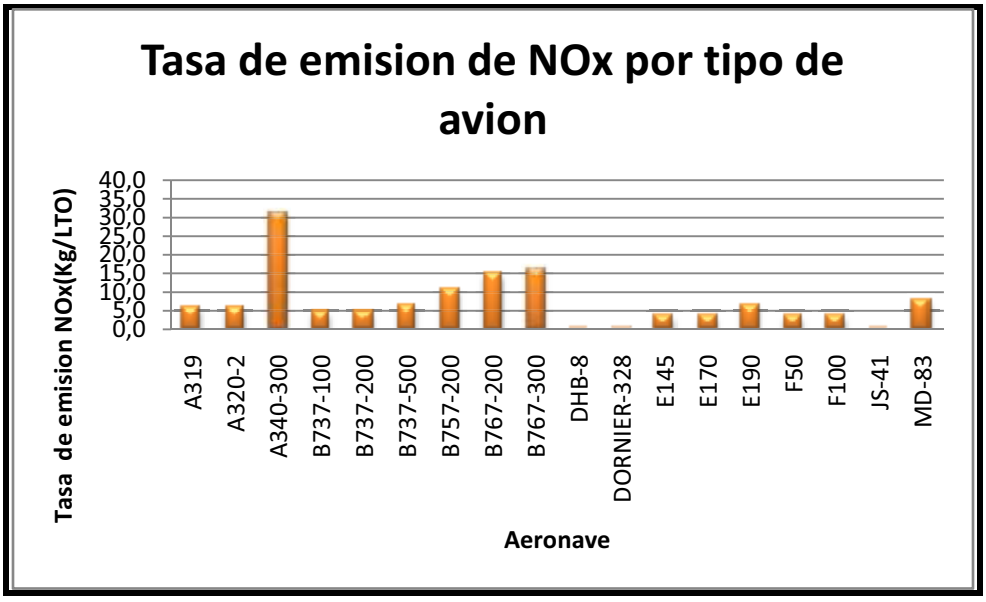
A continuación se realizara la comparación de las aeronaves comerciales estudiadas de acuerdo de la tasa de emisión que estas presenten por ciclo LTO para cada uno de los contaminantes criterio involucrados en el estudio.

Gráfico 5: Tasa de emisión de hidrocarburos por tipo de avión



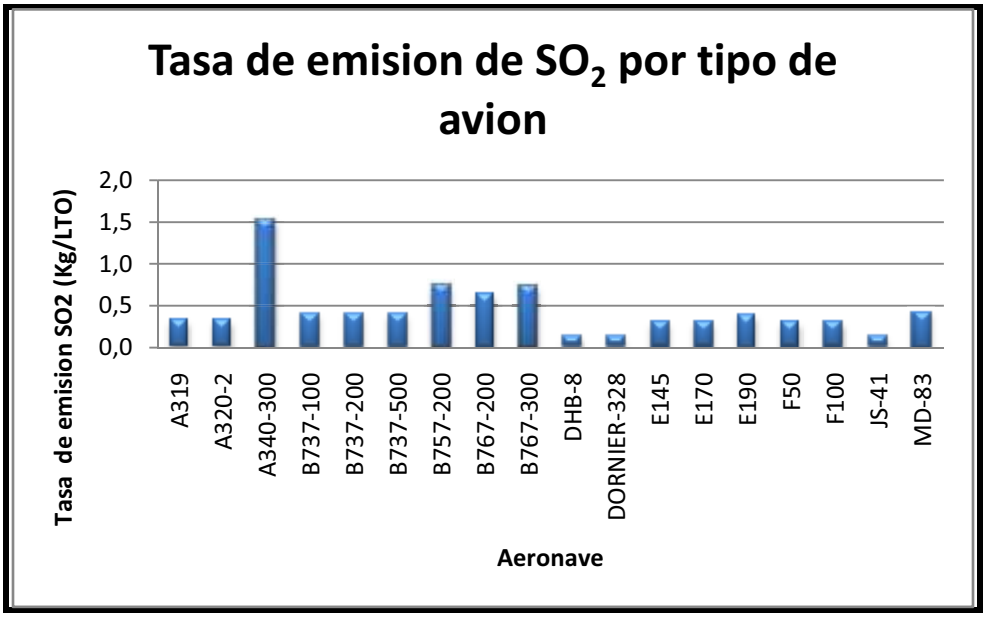
Las aeronaves que usan el Aeropuerto "El Dorado" presentan tasas de emisión bajas comparadas con el Airbus 340-300 que supera los 15 kg por ciclo LTO ejecutado.

Gráfico 6: Tasa de emisión de Óxidos de Nitrógeno por tipo de avión



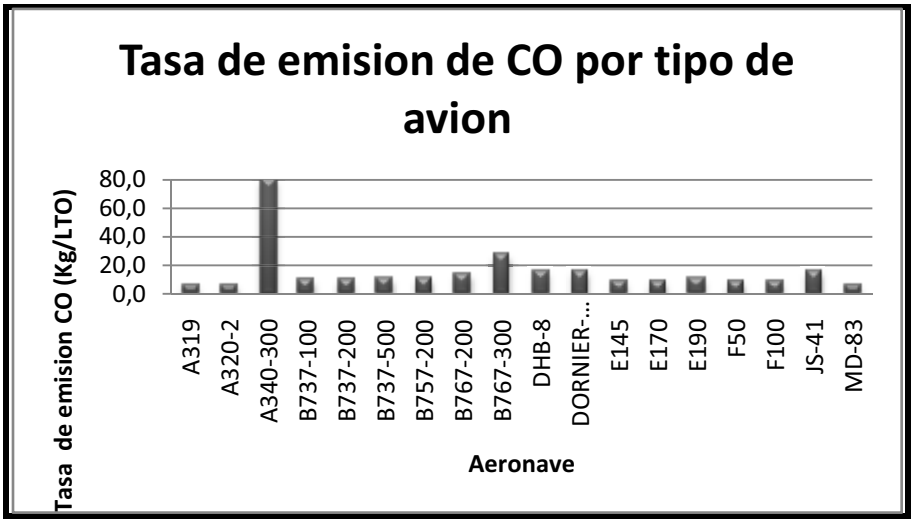
Frente a este contaminante se presentan tasas de emisión mayores frente a las encontradas para hidrocarburos. Se evidencia que el Airbus 340-300 supera de manera significativa las emisiones de Óxidos de Nitrógeno comparados con los demás aviones del estudio.

Gráfico 7: Tasa de emisión de Dióxido de Azufre por tipo de avión.



Las tasas de emisión de Dióxido de Azufre presentan valores significativamente menores comparados con los demás contaminantes estudiados. El valor máximo presentado no supera los 2 kg por ciclo LTO.

Gráfico 8: Tasa de emisión de Monóxido de Carbono por tipo de avión



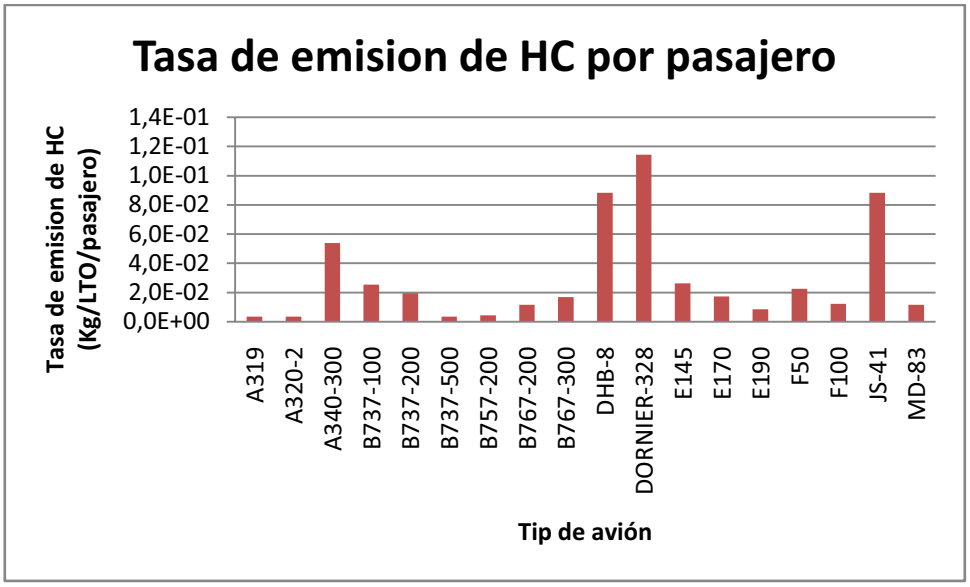
La tasa de emisión de monóxido de Carbono se ve altamente superada por la aeronave Airbus 340-300 al ser comparada con las demás aeronaves presentando un valor alrededor de 80 kg por ciclo LTO frente a valores menores a 20 kg/LTO de las demás aviones.

Se pudo observar que frente a las demás aeronaves el Airbus 340-300 obtuvo las tasas de emisión de los diferentes contaminantes más altas en todos los contaminantes.

6.4 Comparación de tasas de emisión de contaminantes por pasajero.

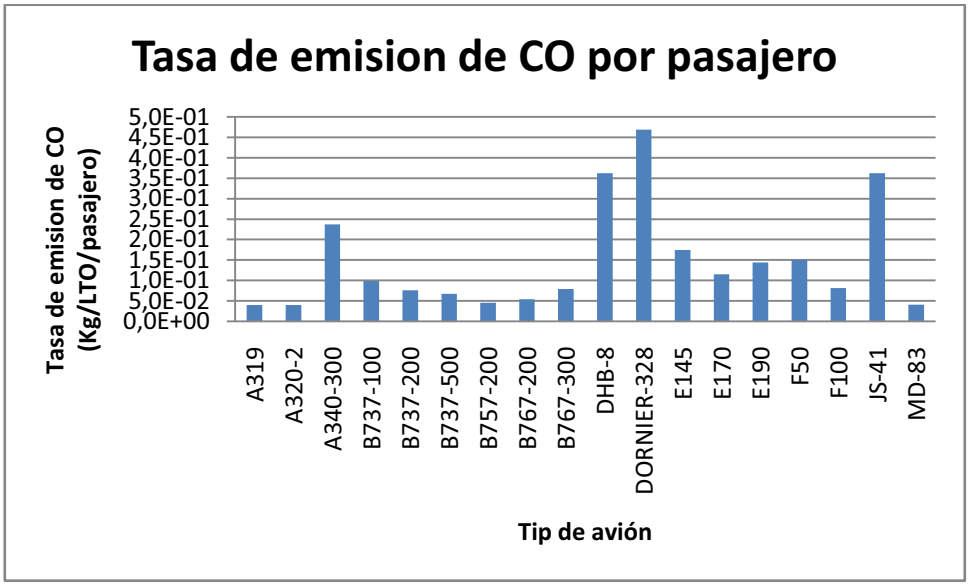
A continuación para ir más a fondo de cómo afecta la capacidad de pasajeros que tienen las aeronaves frente a las emisiones que se producen se desarrolla un ejercicio comparativos entre cada una de las aeronaves.

Gráfico 9: Tasa de emisión de Hidrocarburos por pasajero



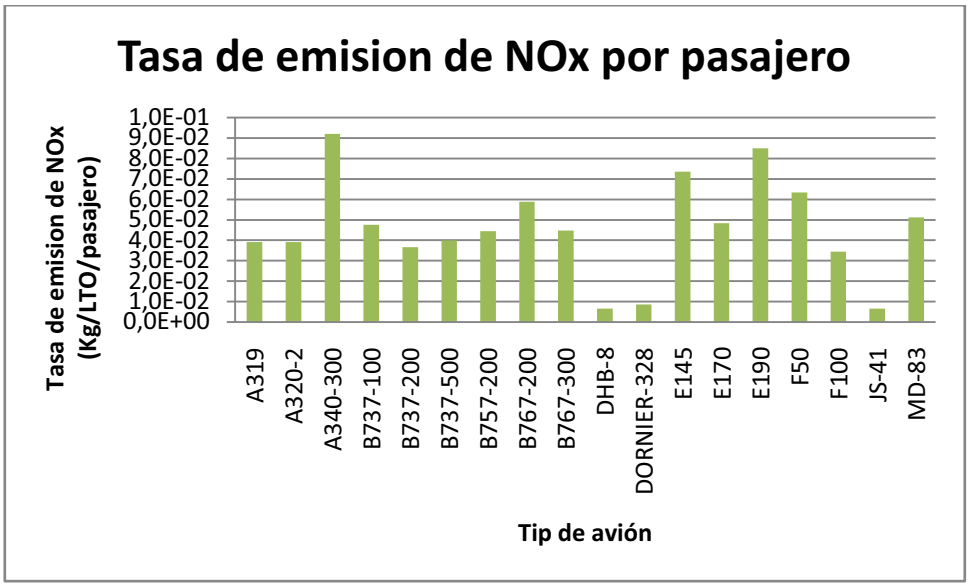
Las aeronaves que aportan mayor cantidad de hidrocarburos por pasajero se ve representada en la gráfica por aquellas que presentan menor número de pasajeros.

Gráfico 10: Tasa de emisión de Monóxido de Carbono por pasajero



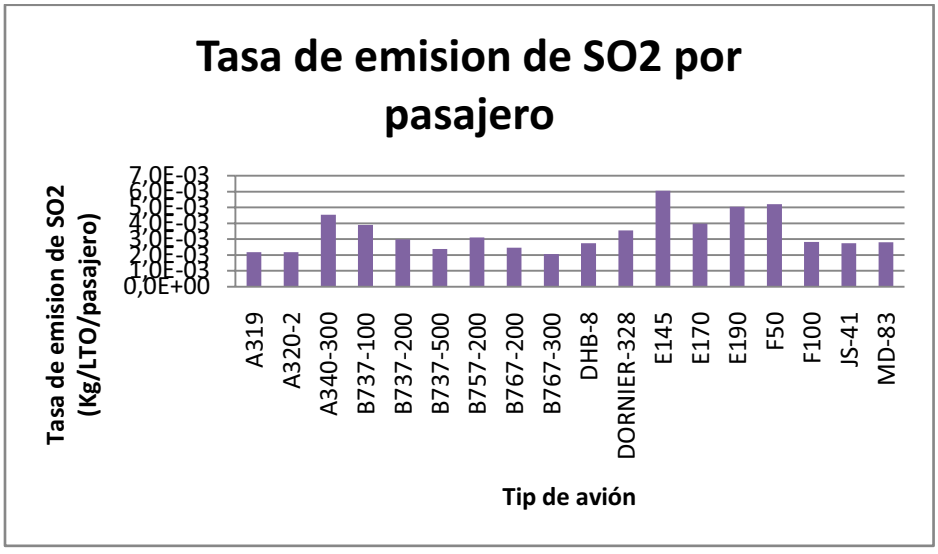
Al igual que en análisis de hidrocarburos las tasas de emisión de monóxido de Carbono por pasajero presenta su mayor contribución por parte de las aeronaves Dornier 328 y DH8-B.

Gráfico 9: Tasa de emisión de óxido de Nitrógeno por pasajero



En cuanto a los óxidos de Nitrógeno la contribución de acuerdo a la cantidad de pasajeros es más homogénea. A continuación se muestra la tasa de emisión de dióxido de Nitrógeno por pasajero de cada aeronave.

Gráfico 9: Tasa de emisión de Dióxido de Nitrógeno por pasajero



7. POLITICAS A DESARROLLAR PARA DISMINUIR LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

7.1 FRENTE A LAS EMISIONES EN EL AEROPUERTO

La aeronáutica civil actualmente tiene desarrollada políticas frente a las emisiones de ruido pero no se han creado políticas frente a los gases provenientes de las aeronaves que afectan la calidad de aire que se respira en la zona y que finalmente tiene un impacto negativo sobre el cambio climático que se ha venido presentando en los últimos años.

Es evidente que el número de vuelos que tienen al Aeropuerto el Dorado de Bogotá como objetivo de ruta ha venido en aumento dado el crecimiento económico del país, por lo tanto es importante implementar ciertas políticas para disminuir el impacto y crear políticas competitivas a nivel mundial.

Las políticas propuestas son las siguientes:

i. *Renovación de la flota de aviones cuya tecnología puede ser reemplazada por aquellas más recientes que se comportan de manera más eficaces frente al tema de reducción de emisiones atmosféricas.*

Actualmente, se han venido implementando en las compañías aéreas internacionales una renovación de la flota de aviones representando un beneficio para el ambiente y el usuario en general. Sin embargo, las compañías aéreas que realizan vuelos de menor escala es decir de corta duración cuentan con una flota de aviones de mayor antigüedad generando impactos negativos superiores negativos al ambiente como es el caso de los aviones Foker 50 Jet Stream 41 y De Havillan 8.

ii. *Reducción del contenido de azufre en el combustible*.

iii. *Cancelación de rutas aéreas debido al alto número de vuelos que se presentan diariamente por las diferentes compañías aéreas.*

La cancelación de rutas se haría efectiva para aquellas ciudades donde el promedio de rutas diarias serian superiores a seis provenientes del mismo aeropuerto.

iv. *Implementar incentivos económicos para compañías aéreas que estén comprometidas con disminuir las emisiones atmosféricas por parte de la flota de aviones existente. Así como penalización a aquellas que no adopten tecnologías en pro de la calidad del medio ambiente.*

Se están desarrollando políticas en países desarrollados en las cuales se reducen medidas arancelarias a aquellas compañías que disminuyan sus niveles de emisiones atmosféricas generando un beneficio para el medio ambiente y a la ciudad en general ya que las inversiones a desarrollar para remediar los impactos generados sobre la salud humana y el ambiente son menores.

v. Fijar un tope de permisos de contaminación es decir, se calcula el promedio de años anteriores.

Con esta medida se busca que las emisiones atmosféricas no vayan en aumento sino que se fije un tope para las empresas en materia de emisiones. En el caso de que este valor sea superado, la compañía debe pagar una suma elevada debido a la violación de esta norma y así se busca que la compañía implemente todas las medidas para mitigar este impacto.

7.2 FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL

Los contaminantes emitidos por las aeronaves producen los siguientes impactos sobre el cambio climático:

1. Los contaminantes emitidos por las aeronaves perturban las concentraciones de los gases pertenecientes al efecto invernadero como lo son el Dióxido de Carbono (CO_2), el Metano (CH_4) y el ozono (O_3) atrapando el calor de la atmósfera y aumentando la cobertura de nubla.

2. Las emisiones de Monóxido de carbono procedente de las aeronaves en Bogotá fueron de 1626 Toneladas en el año 2009.estas emisiones corresponden al 0,4% de las emisiones de CO en la ciudad de Bogotá.

3. Según estudios anteriores las emisiones de Óxidos de Nitrógeno tienden a enfriar la superficie terrestre y a su vez disminuyen las concentraciones de metano.

4. Los vuelos a mayor altura es decir los internacionales producen descensos mayores de la columna de ozono frente a los vuelos de corto alcance.

Al implementar las medidas anteriores se estaría reduciendo directamente los impactos sobre el calentamiento global ya que las políticas están enfocadas hacia una mejora de las condiciones ambientales existentes. Adicionalmente, al realizar mejoras en las condiciones tecnológicas de los equipos, estos estarían en la capacidad de determinar cuando ésta generando una nube de vapor que afecta la capa de ozono.

Adicionalmente, el desarrollo de nuevas tecnologías menos contaminantes y más eficientes que las actuales puede contribuir a la disminución del impacto negativo de la flota de aviones frente al medio ambiente.

8. CONCLUSIONES

Mediante este proyecto de investigación sobre el inventario de emisiones del Aeropuerto "El Dorado" de la cuidad de Bogotá D.C se pudieron estimar las emisiones de diferentes contaminantes criterio provenientes de los aviones comerciales. A continuación se describen las diferentes conclusiones con base al estudio realizado y los resultados obtenidos.

1. La contribución de la flota de aviones comerciales que usan el Aeropuerto "El Dorado" respecto a las emisiones de contaminantes es aproximadamente el 6% de las emisiones totales de la ciudad de Bogotá D.C distribuidos de la siguiente manera: 0,5% de hidrocarburos, 0,4% de Monóxido de carbono (CO), 3,9% de óxidos de nitrógeno (NO_x) y 1,2% de SO_2.

2. Según el itinerario de vuelos autorizados por la aeronáutica civil, los días lunes y sábado presentan el mayor tránsito aéreo representado de la siguiente manera: el día lunes presenta 309 llegadas y 312 salidas; el día sábado presenta 277 llegadas y 279 salidas.

3. El Aeropuerto "El Dorado" es usado por 36 compañías aéreas.

4. Operan los siguientes tipos de aviones clasificados según su fabricante:

    - Airbus
      319,320-200 y 340-300

    - Boeing
      737-100, 737-200 737-500,757-200,767-200 y 767-300

    - Dash Havilland
      DHB-8

    - Fairchild Dornier
      Dornier 328

    - Embraer
      145,170 y 190

- Focker
  50 y 100

- British Aerospace
  JS-41

- Mc Donnell Douglas
  83

5. los aviones con el mayor número de vuelos autorizados son Airbus 320-200, Embraer 190 y Focker 100.siendo el Airbus 320-200 el que el mayor número de operaciones de salida y entrada en el Aeropuerto “El Dorado”.

6. Al analizar las emisiones producidas por los aviones dependiendo de su capacidad de pasajeros se evidenció que los aviones de menor capacidad presentaban un mayor aporte de contaminantes a la atmosfera.

7. El avión Airbus 340-300 es el que representa menor número de vuelos al año pero es la aeronave que aporta mayor cantidad de los contaminantes analizados.

   ✓ Monóxido de Carbono (CO): La tasa mínima de emisión de monóxido de Carbono fue de aproximadamente 6 kg por ciclo LTO pertenecientes a los Airbus 319 y 320-200 frente una máxima de 80 kg/LTO del Airbus 340-300.

   ✓ Óxidos de Nitrógeno (NO_x): presenta una tasa de emisión de cerca de 20 kg por ciclo LTO siendo esta cantidad la máxima presentada dentro de las aeronaves en estudio.

   ✓ Dióxido de Nitrógeno (NO_2): La tasa de emisión mínima presentada fue de 0,12 kg por ciclo LTO perteneciente a la aeronave JS-41 frente a la máxima de 1,5 kg/LTO de la Airbus más contaminante (340-300)

   ✓ Hidrocarburos: la tasa de emisión de hidrocarburos para el Airbus mas contamínate fue superior a 15 kg por ciclo LTO.

8. Se pensaba que los aviones más antiguos presentarían una tasa de emisión mayor frente a los aviones más recientes con tecnologías superiores a las anteriores pero el resultado fue el contrario como se pudo observar en la tasa de emisión de la aeronave Focker 50 frente al Airbus 340-300.se pensaría en una renovación de la flota mas por reducción de los tiempos de viaje y comodidad que ante temas medioambientales.

9. RECOMENDACIONES

Con base al estudio realizado y los resultados obtenidos se considera adecuado plantear las siguientes recomendaciones:

1. Realizar estudios más específicos como sería la medición in-situ de las emisiones de cada una de las aeronaves que usan el aeropuerto “El Dorado” de la ciudad de Bogotá D.C para tener datos más reales y exactos de cada una de las partes analizadas.

2. Involucrar cada uno de los elementos en tierra que aportan gases contaminantes a la atmósfera como sería el caso de los vehículos transportadores de pasajero, equipaje y demás dispositivos que operen dentro del aeropuerto.

3. Desarrollar políticas sobre las emisiones de contaminantes a la atmósfera por parte de los aviones comerciales ya que la normatividad existente solo rige para emisiones de ruido.

4. Invitar a la Aeronáutica Civil Colombiana a desarrollar investigaciones de este tipo para empezar a tener estudios sobre estos casos por parte de las autoridades y así ir generando bibliografía al respecto.

5. Invitar a más estudiantes o personas interesadas sobre la calidad del aire y el medio ambiente a desarrollar investigaciones de tipo académico para aportar ideas sobre políticas a implementar en el país sobre la preservación del medio ambiente y calidad de vida de la población.

6. Realizar un estudio sobre las emisiones atmosféricas de los aviones en su trayecto por la estratósfera y las consecuencias sobre el medio ambiente.

ANEXO 1-TABLAS DE EQUIVALENCIA DE AERONAVES

La EPA presenta los factores de emisión para las diferentes aeronaves estudiadas para cuantificar las emisiones atmosféricas provenientes de los mismos. Sin embargo, existen aeronaves que usan el Aeropuerto "El Dorado" las cuales no se encuentran en el listado de los factores de emisión reportados por la autoridad ambiental, por tal motivo se desarrollaron tablas de equivalencia de aeronaves que presentaban características similares tomando aquellos valores suministrados en el informe. a continuación se presentaran las equivalencias de aeronaves.

Tabla 11: Tabla de equivalencia de aeronaves según EPA

Tipo de Avión analizado	Tipo de avión asumido
Airbus 319	Airbus 320 - 200
Airbus 340 - 300	Boeing 747
Foker 50	Foker 100

ANEXO 2- CÁLCULO DEL INVENTARIO DE EMISIONES MEDIANTE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA POR LA EPA

A continuación se muestran los cálculos desarrollados para estimar las emisiones atmosféricas generadas por los aviones comerciales en el Aeropuerto “El Dorado” de la ciudad de Bogotá D.C acorde a la metodología desarrollada por la EPA (US Environmental Protection Agency).

Tabla 12. Factores de emisión para los diversos contaminantes analizados de acuerdo a las aeronaves comerciales que usan el Aeropuerto "El Dorado"

		FACTORES DE EMISION										
		HC (kg /min)				CO(kg/min)				NO (kg/min)		
TIPO DE AVION		D	ASC	APR	TM	D	ASC	APR	TM	D	ASC	APR
AIRBUS	A319	0,02901	0,02379	0,01397	0,01698	0,11351	0,0931	0,0873	0,21352	3,10258	2,02745	0,27936
	A320-2	0,02901	0,02379	0,01397	0,01698	0,11351	0,0931	0,0873	0,21352	3,10258	2,02745	0,27936
	A340-300	0,11721	0,09598	0,04899	0,68257	0,11721	0,09598	0,27761	3,01467	18,51956	12,28567	1,27372
BOEING	B737-100	0,08545	0,03467	0,03747	0,09103	0,13785	0,13291	0,19002	0,34641	2,40397	1,49600	0,22375
	B737-200	0,08545	0,03467	0,03747	0,09103	0,13785	0,13291	0,19002	0,34641	2,40397	1,49600	0,22375
	B737-500	0,00415	0,00458	0,00820	0,02113	0,12463	0,10303	0,12499	0,39879	2,86657	2,03776	0,36692
	B757-200	0,00896	0,00883	0,01002	0,03834	0,07609	0,06300	0,11077	0,39579	5,90570	3,86390	0,50274
	B767-200	0,06106	0,05892	0,02569	0,10651	0,21283	0,18995	0,18609	0,49544	8,21013	5,89160	0,82196
	B767-300	0,02166	0,01998	0,01646	0,22331	0,16093	0,12986	0,15888	1,03484	9,53518	5,72864	0,74994
DASH HAVILLAND	DHB-8	0,02136	0,02072	0,00003	0,14828	0,06895	0,06594	0,32528	0,56705	0,11962	0,08478	0,00879
FAIRCHILD DORNIER	DORNIER-328	0,02136	0,02072	0,00003	0,14828	0,06895	0,06594	0,32528	0,56705	0,11962	0,08478	0,00879
EMBRAER	E145	0,07296	0,02268	0,02484	0,04888	0,06384	0,06048	0,10764	0,31812	1,92434	1,27009	0,15732
	E170	0,07296	0,02268	0,02484	0,04888	0,06384	0,06048	0,10764	0,31812	1,92434	1,27009	0,15732
	E190	0,00415	0,00458	0,02820	0,02113	0,12463	0,10303	0,12499	0,39879	2,86657	2,03776	0,36692
FOKER	F50	0,07296	0,02268	0,02484	0,04888	0,06384	0,06048	0,10764	0,31812	1,92434	1,27009	0,15732
	F100	0,07296	0,02268	0,02484	0,04888	0,06384	0,06048	0,10764	0,31812	1,92434	1,27009	0,15732
BRITISH AEROSPACE	JS-41	0,02136	0,02072	0,00003	0,14828	0,06895	0,06594	0,32528	0,56705	0,11962	0,08478	0,00879
MD DOUGLAS	MD-83	0,04453	0,05559	0,07339	0,05552	0,12575	0,15878	0,19051	0,20331	4,09984	2,65318	0,41652

Siendo D= DESPEGUE; ASC= Ascenso; APR=Aproximación; TM=Carreteo.

Tabla 13. Determinación de ciclos LTO para cada aeronave comercial analizada.

	LUNES			SABADOS			
TIPO DE AVION	LLEGADAS	SALIDAS	CICLOS LTO	LLEGADAS	SALIDAS	CICLOS LTO	CICLOS LTO ANUALES
AIRBUS 319	12	13	13	11	12	12	4634
AIRBUS 320-200	53	49	51	45	47	46	18060
AIRBUS 340-300	2	1	2	2	2	2	478
BOEING 737-100	2	2	2	2	2	2	478
BOEING 737-200	1	1	1	1	1	1	365
BOEING 737-800	36	36	36	34	34	34	12918
BOEING 757-200	10	11	11	10	11	11	4015
BOEING 767-200	3	2	3	4	3	4	1206
BOEING 767-300	4	5	5	5	3	4	1714
DHB-8	30	29	30	23	22	23	10173
DORNIER-328	5	9	7	6	6	6	2952
EMBRAER 145	10	8	9	6	7	7	2555
EMBRAER 170	6	7	7	4	5	5	11985
EMBRAER 190	40	49	45	38	36	37	11473
FOKER 50	30	28	29	27	28	28	15554
FOKER 100	50	48	49	49	49	49	7471
JS-41	9	6	8	5	5	5	2333
MD-83	6	8	7	5	6	6	80676
TOTAL	309	312	315	277	279	282	189040

Tabla 14. Calculo de las emisiones de cada aeronave expresadas en kg por ciclo LTO y en kilogramo por año de cada contaminante.

		CONTAMINANTE CRITERIO				CONTAMINANTE CRITERIO			
		HC	CO	NOX	SO2	HC	CO	NOX	SO2
TIPO DE AVION		[kg/LTO]	[kg/LTO]	[kg/LTO]	[kg/LTO]	[kg/Año]	[kg/Año]	[kg/Año]	[kg/Año]
AIRBUS	A319	0,527	5,996	5,869	0,326	2443,7	27784,8	27198,6	1508,9
	A320-2	0,527	5,996	5,869	0,326	9523,8	108285,3	106000,8	5880,8
	A340-300	18,069	79,462	30,825	1,522	8636,9	37983,1	14734,4	727,4
BOEING	B737-100	2,545	9,846	4,765	0,388	1216,7	4706,4	2277,5	185,7
	B737-200	2,545	9,846	4,765	0,388	929,0	3593,8	1739,1	141,8
	B737-500	0,583	10,954	6,455	0,384	7537,5	141503,8	83380,4	4962,0
	B757-200	1,044	10,762	10,627	0,742	4191,1	43211,4	42669,3	2978,9
	B767-200	2,947	13,805	14,987	0,626	3554,0	16649,0	18074,4	754,7
	B767-300	5,893	27,650	15,720	0,721	10099,8	47392,3	26944,3	1236,5
DASH HAVILLAND	DHB-8	3,888	15,927	0,291	0,121	39550,7	162029,7	2958,8	1231,3
FAIRCHILD DORNIER	DORNIER-328	3,888	15,927	0,291	0,121	11476,8	47015,4	858,6	357,3
EMBRAER	E145	1,310	8,724	3,676	0,302	3346,1	22289,6	9392,4	772,5
	E170	1,310	8,724	3,676	0,302	15696,1	104556,0	44057,7	3623,5
	E190	0,650	10,954	6,455	0,384	7456,2	125675,3	74053,5	4401,2
FOKER	F50	1,310	8,724	3,676	0,302	20370,2	135691,7	57177,5	4702,5
	F100	1,310	8,724	3,676	0,302	9784,3	65176,3	27463,9	2258,7
BRITISH AEROSPACE	JS-41	3,888	15,927	0,291	0,121	9070,3	37156,9	678,6	282,4
MD DOUGLAS	MD-83	1,768	6,148	7,778	0,428	142619,8	496007,9	627504,8	34501,0
				TOTAL (Kg)		307503,1	1626708,8	1167164,5	70507,2
				TOTAL (Ton)		307,5	1626,7	1167,2	70,5

Tabla 15. Calculo de las emisiones de cada aeronave expresadas en kg por ciclo LTO por pasajero

		CONTAMINANTE CRITERIO								
		HC	CO	NOX	SO2	PASAJEROS	HC	CO	NOX	SO2
TIPO DE AVION		[kg/LTO]	[kg/LTO]	[kg/LTO]	[kg/LTO]		Kg/LTO/pasejero	Kg/LTO/pasejero	Kg/LTO/pasejero	Kg/LTO/pasejero
AIRBUS	A319	0,5	6,0	5,9	0,3	150	3,5E-03	4,0E-02	3,9E-02	2,2E-03
	A320-2	0,5	6,0	5,9	0,3	150	3,5E-03	4,0E-02	3,9E-02	2,2E-03
	A340-300	18,1	79,5	30,8	1,5	335	5,4E-02	2,4E-01	9,2E-02	4,5E-03
BOEING	B737-100	2,5	9,8	4,8	0,4	100	2,5E-02	9,8E-02	4,8E-02	3,9E-03
	B737-200	2,5	9,8	4,8	0,4	130	2,0E-02	7,6E-02	3,7E-02	3,0E-03
	B737-500	0,6	11,0	6,5	0,4	162	3,6E-03	6,8E-02	4,0E-02	2,4E-03
	B757-200	1,0	10,8	10,6	0,7	239	4,4E-03	4,5E-02	4,4E-02	3,1E-03
	B767-200	2,9	13,8	15,0	0,6	255	1,2E-02	5,4E-02	5,9E-02	2,5E-03
	B767-300	5,9	27,7	15,7	0,7	351	1,7E-02	7,9E-02	4,5E-02	2,1E-03
DASH HAVILLAND	DHB-8	3,9	15,9	0,3	0,1	44	8,8E-02	3,6E-01	6,6E-03	2,3E-03
FAIRCHILD DORNIER	DORNIER-328	3,9	15,9	0,3	0,1	34	1,1E-01	4,7E-01	8,6E-03	3,6E-03
EMBRAER	E145	1,3	8,7	3,7	0,3	50	2,6E-02	1,7E-01	7,4E-02	6,0E-03
	E170	1,3	8,7	3,7	0,3	76	1,7E-02	1,1E-01	4,8E-02	4,0E-03
	E190	0,6	11,0	6,5	0,4	76	8,6E-03	1,4E-01	8,5E-02	5,0E-03
FOKER	F50	1,3	8,7	3,7	0,3	58	2,3E-02	1,5E-01	6,3E-02	5,2E-03
	F100	1,3	8,7	3,7	0,3	107	1,2E-02	8,2E-02	3,4E-02	2,8E-03
BRITISH AEROSPACE	JS-41	3,9	15,9	0,3	0,1	44	8,8E-02	3,6E-01	6,6E-03	2,3E-03
MD DOUGLAS	MD-83	1,8	6,1	7,8	0,4	152	1,2E-02	4,0E-02	5,1E-02	2,3E-03

ANEXO 3- FACTORES DE EMISION DE AERONAVES SEGÚN LA EPA

A continuación se muestran las tablas usadas para el desarrollo de la investigación a cerca de la estimación de las emisiones atmosféricas producidas por los aviones comerciales en el Aeropuerto “El Dorado” de Bogotá. Estas tablas fueron tomadas de los informes presentados por la agencia ambiental de los Estados Unidos, EPA. En las tablas se encuentran los factores de emisión correspondientes a cada avión analizado en estudios previos.

Tabla 16: Factores de emisión para aeronaves según EPA

TIPO DE AVIÓN		DESPEGUE				ASCENSO			
FABRICA	MODELO	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2
AIRBUS	A300-600	0,02168	0,16106	10,64828	0,16725	0,01999	0,12992	5,7114	0,13491
AIRBUS	A300-B4	0,17287	0,12348	7,65584	0,13336	0,14415	0,10296	5,39516	0,1112
AIRBUS	A310-200	0,04067	0,14487	10,57316	0,13725	0,02689	0,10965	7,07537	0,11172
AIRBUS	A310-300	0,03396	0,03135	7,02743	0,14107	0,03427	0,03641	4,86239	0,11567
AIRBUS	A320-200	0,02901	0,11351	3,10258	0,06811	0,02379	0,0931	2,02745	0,05586
BEECH	18 (Carga)	0	0	0	0,00001	0	0	0	0,00001
BEECH	B.99A	0	0,00642	0,05014	0,00347	0	0,00726	0,04234	0,00327
BOEING	B707-300B	1,12705	0,42264	3,40983	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
BOEING	B707-300C	1,12705	0,42264	3,40983	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
BOEING	B727-100	0,06935	0,25961	3,04604	0,09615	0,07046	0,28287	1,97659	0,07886
BOEING	B727-100 (Carga)	0,07053	0,26521	3,05925	0,0963	0,07209	0,28928	1,97814	0,07896
BOEING	B727-200	0,05736	0,18889	3,35563	0,09768	0,05206	0,19858	2,10413	0,0788
BOEING	B737-100	0,03545	0,13785	2,40397	0,06984	0,03467	0,13291	1,496	0,05655
BOEING	B737-200	0,03545	0,13785	2,40397	0,06984	0,03467	0,13291	1,496	0,05655
BOEING	B737-200	0,05589	0,13227	2,6169	0,07452	0,05202	0,13051	1,62092	0,05988
BOEING	B737-200C	0,05669	0,13267	2,61345	0,07452	0,0526	0,13171	1,62033	0,05988
BOEING	B737-300	0,00456	0,11405	2,45839	0,06843	0,00495	0,09482	1,75953	0,05689
BOEING	B737-400	0,00456	0,11405	2,45839	0,06843	0,00495	0,09482	1,75953	0,05689
BOEING	B737-500	0,00415	0,12463	2,86657	0,07478	0,00458	0,10303	2,03776	0,06182
BOEING	B747	0,11721	0,11721	18,51956	0,31647	0,09598	0,09598	12,28567	0,25915
BOEING	B747 (Carga)	0,15604	0,20805	23,92613	0,28087	0,12701	0,16935	14,56373	0,22862
BOEING	B747-200	0,12482	0,13475	19,05529	0,31435	0,10306	0,10814	12,51082	0,2567
BOEING	B747-400	0,01099	0,16906	14,4967	0,22823	0,01216	0,13901	9,48739	0,18766
BOEING	B747-SP	0,15022	0,19443	23,11515	0,28621	0,12236	0,15834	14,22202	0,2332

TIPO DE AVIÓN		APROXIMACIÓN				CARRETEO			
FABRICA	MODELO	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2
AIRBUS	A300-600	0,01649	0,15911	0,75104	0,04452	0,22331	1,0346	0,09414	0,01341
AIRBUS	A300-B4	0,07696	0,52471	0,58767	0,03778	0,62401	1,58402	0,0792	0,01296
AIRBUS	A310-200	0,01019	0,09637	0,81483	0,04231	0,029444	0,21932	0,10873	0,01432
AIRBUS	A310-300	0,01067	0,07757	0,78988	0,03843	0,01572	0,27103	0,10408	0,01147
AIRBUS	A320-200	0,01397	0,0873	0,27936	0,01886	0,01698	0,21352	0,04853	0,00655
BEECH	18 (Carga)	0	0	0	0,00001	0	0	0	0,00001
BEECH	B.99A	0,00712	0,07577	0,02722	0,00176	0,87296	0,11136	0,00423	0,000974
BOEING	B707-300B	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62833	3,17522	0,81001	0,0175
BOEING	B707-300C	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62833	3,17522	0,81001	0,0175
BOEING	B727-100	0,07807	0,51081	0,28613	0,02781	0,23526	0,79047	0,06348	0,01255
BOEING	B727-100 (Carga)	0,0815	0,53185	0,28421	0,02784	0,24279	0,81513	0,06293	0,01256
BOEING	B727-200	0,06827	0,387	0,31422	0,02785	0,17884	0,63268	0,06732	0,01223
BOEING	B737-100	0,03747	0,19002	0,22375	0,01993	0,09103	0,34641	0,04804	0,00877
BOEING	B737-200	0,03747	0,19002	0,22375	0,01993	0,09103	0,34641	0,04804	0,00877
BOEING	B737-200	0,04934	0,2316	0,24353	0,0212	0,1329	0,38528	0,05233	0,00906
BOEING	B737-200C	0,05015	0,23679	0,24327	0,0212	0,13508	0,39173	0,05233	0,00906
BOEING	B737-300	0,00275	0,12811	0,32782	0,02035	0,02499	0,42983	0,05855	0,00771
BOEING	B737-400	0,00275	0,12811	0,32782	0,02035	0,02499	0,42983	0,05855	0,00771
BOEING	B737-500	0,00282	0,12499	0,36692	0,02177	0,02113	0,39879	0,06398	0,00804
BOEING	B747	0,04899	0,27761	1,27372	0,08818	0,68257	3,01467	0,17064	0,03072
BOEING	B747 (Carga)	0,07484	0,4341	1,16758	0,08083	1,36657	2,83826	0,16294	0,02838
BOEING	B747-200	0,05436	0,30448	1,27726	0,08756	0,72363	2,95193	0,17157	0,03043
BOEING	B747-400	0,0213	0,23664	1,2542	0,06389	0,0837	0,93373	0,15624	0,02009
BOEING	B747-SP	0,07097	0,41063	1,1835	0,08193	1,26397	2,86473	0,16409	0,02873

TIPO DE AVIÓN		DESPEGUE				ASCENSO			
FABRICA	MODELO	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2
BOEING	B747F (Carga)	0,12675	0,17918	20,91499	0,30454	0,10258	0,13938	13,27545	0,24729
BOEING	B757-200	0,00896	0,07609	5,9057	0,10088	0,00883	0,063	3,8639	0,08302
BOEING	B757-200 (Carga)	0,00804	0,1888	10,58901	0,11886	0,00292	0,183	6,0874	0,0968
BOEING	B767-200	0,06106	0,21283	8,21013	0,14136	0,05892	0,18995	5,8916	0,1173
BOEING	B767-300	0,02166	0,16093	9,53518	0,16712	0,01998	0,12986	5,72864	0,13485
BRITAIRCOR	BAE-111-200	0,00258	0,01289	0,58142	0,02321	0,00188	0,00887	0,37446	0,01915
BRITAIRCOR	BAE-146-1	0,00516	0,02578	1,16283	0,04641	0,00376	0,01773	0,74892	0,0383
CONVAIR	CV 640	0	0,05623	0,10991	0,0138	0	0,0612	0,07956	0,01102
DE HAVILLAND	DHC-6	0,00651	0,02374	2,04463	0,03186	0,00536	0,02323	1,43773	0,02653
FAIRCHILD	FH-227	0,02136	0,06835	0,11962	0,01153	0,02072	0,06594	0,08478	0,01017
FOKKER	F-27 SERIES	0,02136	0,06835	0,11962	0,01153	0,02072	0,06594	0,08478	0,01017
FOKKER	F-28	0,07606	0,03803	1,63539	0,04668	0,01131	0	1,03477	0,03817
FOKKER	F100	0,07296	0,06384	1,92434	0,04925	0,02268	0,06048	1,27009	0,04082
LOCKHEED	L-1011-100	0,12126	0,82745	11,62029	0,18171	0,108	1,13859	7,16588	0,15012
LOCKHEED	L-1011-200	0,12126	0,82745	11,62029	0,18171	0,108	1,13859	7,16588	0,15012
LOCKHEED	L-1011-500	0,15514	0,27846	20,80515	0,21481	0,08377	0,09666	12,30817	0,17399
MCD. DOUGLAS	DC10-10	0,09374	0,15624	12,49933	0,16874	0,07727	0,12879	8,39719	0,13909
MCD. DOUGLAS	DC10-30	0,25693	0,21411	14,98785	0,23124	0,24129	0,17235	9,9964	0,18614
MCD. DOUGLAS	DC10-40	0,03778	0	14,62178	0,20402	0,0322	0	9,17766	0,17389
MCD. DOUGLAS	DC8	0,70715	0,35742	3,5874	0,15663	0,29759	0,55929	2,28438	0,12634
MCD. DOUGLAS	DC8-51	1,12705	0,42264	3,40933	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
MCD. DOUGLAS	DC8-52	1,12705	0,42264	3,40933	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
MCD. DOUGLAS	DC8-53	1,12705	0,42264	3,40933	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
MCD. DOUGLAS	DC8-55	1,12705	0,42264	3,40933	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
MCD. DOUGLAS	DC8-60	0,70715	0,35742	3,5874	0,15663	0,29759	0,55929	2,28438	0,12634

TIPO DE AVIÓN		APROXIMACIÓN				CARRETEO			
FABRICA	MODELO	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2
BOEING	B747F (Carga)	0,05526	0,32307	1,25169	0,08545	0,84237	2,69471	0,17179	0,02976
BOEING	B757-200	0,01002	0,11077	0,50274	0,02639	0,03834	0,39579	0,07494	0,00923
BOEING	B757-200 (Carga)	0,00479	0,11732	0,54267	0,03564	0,02775	0,38189	0,09286	0,01172
BOEING	B767-200	0,02569	0,18609	0,82196	0,04326	0,10651	0,49544	0,07565	0,01109
BOEING	B767-300	0,01646	0,15888	0,74994	0,04445	0,22331	1,03484	0,09414	0,01341
BRITAIRCOR	BAE-111-200	0,00269	0,0881	0,08189	0,0067	0,02639	0,20039	0,01851	0,00264
BRITAIRCOR	BAE-146-1	0,00539	0,1762	0,16379	0,0134	0,05278	0,40079	0,03701	0,00529
CONVAIR	CV 640	0	0,21966	0,02083	0,005111	0,05618	0,26132	0,0101	0,00341
DE HAVILLAND	DHC-6	0,00832	0,0698	0,20017	0,00954	0,06626	0,12073	0,03534	0,00369
FAIRCHILD	FH-227	0,00003	0,32528	0,00879	0,00527	0,14828	0,56705	0,00434	0,00335
FOKKER	F-27 SERIES	0,00003	0,32528	0,00879	0,00527	0,14828	0,56705	0,00434	0,00335
FOKKER	F-28	0,18568	0,59195	0,15771	0,01439	1,27983	1,21759	0,02525	0,00745
FOKKER	F100	0,02484	0,10764	0,15732	0,0149	0,04488	0,31812	0,033	0,00713
LOCKHEED	L-1011-100	0,76255	2,6014	0,80441	0,05383	2,64518	3,77425	0,11103	0,02208
LOCKHEED	L-1011-200	0,76255	2,6014	0,80441	0,05383	2,64518	3,77425	0,11103	0,02208
LOCKHEED	L-1011-500	0,07938	0,17691	1,11133	0,06124	0,08424	0,53525	0,18144	0,02333
MCD. DOUGLAS	DC10-10	0,06097	0,56617	0,99297	0,04704	0,65319	1,68585	0,13997	0,0168
MCD. DOUGLAS	DC10-30	0,11574	0,60185	1,08797	0,0625	0,87769	2,37739	0,13356	0,02061
MCD. DOUGLAS	DC10-40	0,14485	0,8468	0,8486	0,06017	1,37109	3,17516	0,11774	0,02051
MCD. DOUGLAS	DC8	0,27355	1,94169	0,43975	0,04722	3,68815	3,64029	0,49067	0,01708
MCD. DOUGLAS	DC8-51	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62883	3,17522	0,81001	0,0175
MCD. DOUGLAS	DC8-52	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62883	3,17522	0,81001	0,0175
MCD. DOUGLAS	DC8-53	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62883	3,17522	0,81001	0,0175
MCD. DOUGLAS	DC8-55	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62883	3,17522	0,81001	0,0175
MCD. DOUGLAS	DC8-60	0,27355	1,94169	0,43975	0,04722	3,68815	3,64029	0,49067	0,01708

TIPO DE AVIÓN		DESPEGUE				ASCENSO			
FABRICA	MODELO	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2
MCD. DOUGLAS	DC8-61	1,12705	0,42264	3,40933	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
MCD. DOUGLAS	DC8-61 (Carga)	1,12705	0,42264	3,40933	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
MCD. DOUGLAS	DC8-62	1,12705	0,42264	3,40933	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
MCD. DOUGLAS	DC8-62 (Carga)	0,50208	0,32556	3,67437	0,15882	0,22444	0,52657	2,31852	0,12906
MCD. DOUGLAS	DC8-63	1,12705	0,42264	3,40933	0,15215	0,44736	0,62631	2,21445	0,12079
MCD. DOUGLAS	DC8-63F (Carga)	0,36028	0,29189	3,79426	0,15079	0,16904	0,43867	2,43225	0,1229
MCD. DOUGLAS	DC8-70	0,00946	0,21276	4,37344	0,12766	0,00983	0,17691	3,14499	0,10614
MCD. DOUGLAS	DC8-71	0,00946	0,21276	4,37344	0,12766	0,00983	0,17691	3,14499	0,10614
MCD. DOUGLAS	DC8-73F (Carga)	0,00946	0,21276	4,37344	0,12766	0,00983	0,17691	3,14499	0,10614
MCD. DOUGLAS	DC9-10	0,02968	0,10683	2,04173	0,0641	0,02434	0,10709	1,363	0,05257
MCD. DOUGLAS	DC9-15F	0,04481	0,16737	2,03164	0,0641	0,04503	0,18157	1,32162	0,05257
MCD. DOUGLAS	DC9-30	0,04106	0,16385	2,14548	0,06539	0,04153	0,17266	1,36728	0,05347
MCD. DOUGLAS	DC9-40	0,03534	0,09895	2,7	0,07634	0,02835	0,1134	1,70102	0,06124
MCD. DOUGLAS	DC9-50	0,09426	0,11057	2,84511	0,08007	0,0866	0,121	1,79371	0,06408
MCD. DOUGLAS	DC9-80	0,04453	0,12575	4,09984	0,0856	0,05559	0,15878	2,65318	0,06965
MCD. DOUGLAS	MD11	0,03271	0,24299	15,25685	0,25233	0,02974	0,19329	8,92832	0,20072
NAMC	YS-11	0	0,05623	0,10991	0,0138	0	0,0612	0,07956	0,01102

TIPO DE AVIÓN		APROXIMACIÓN				CARRETEO			
FABRICA	MODELO	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2	HIDROCARBUROS	CO	NOX	SO2
MCD. DOUGLAS	DC8-61	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62883	3,17522	0,81001	0,0175
MCD. DOUGLAS	DC8-61 (Carga)	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62883	3,17522	0,81001	0,0175
MCD. DOUGLAS	DC8-62	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62883	3,17522	0,81001	0,0175
MCD. DOUGLAS	DC8-62 (Carga)	0,24493	1,89637	0,45985	0,04838	3,71713	3,86742	0,33472	0,01688
MCD. DOUGLAS	DC8-63	0,33216	2,0345	0,3986	0,04484	3,62883	3,17522	0,81001	0,0175
MCD. DOUGLAS	DC8-63F (Carga)	0,1831	1,42021	0,45467	0,04545	2,74844	2,96751	0,25377	0,01682
MCD. DOUGLAS	DC8-70	0,00597	0,31349	0,61205	0,04031	0,05622	0,94311	0,12288	0,01659
MCD. DOUGLAS	DC8-71	0,00597	0,31349	0,61205	0,04031	0,05622	0,94311	0,12288	0,01659
MCD. DOUGLAS	DC8-73F (Carga)	0,00597	0,31349	0,61205	0,04031	0,05622	0,94311	0,12288	0,01659
MCD. DOUGLAS	DC9-10	0,01373	0,07553	0,21629	0,01854	0,05887	0,22154	0,0488	0,00837
MCD. DOUGLAS	DC9-15F	0,04875	0,31775	0,19295	0,01854	0,14841	0,50071	0,04287	0,00837
MCD. DOUGLAS	DC9-30	0,04789	0,29613	0,19701	0,01887	0,13889	0,47739	0,04328	0,00846
MCD. DOUGLAS	DC9-40	0,06738	0,39203	0,24093	0,02205	0,19497	0,63098	0,05317	0,00957
MCD. DOUGLAS	DC9-50	0,07574	0,32899	0,25998	0,02274	0,17096	0,50299	0,05764	0,00947
MCD. DOUGLAS	DC9-80	0,07339	0,19051	0,41652	0,02474	0,055552	0,20331	0,05998	0,00883
MCD. DOUGLAS	MD11	0,02365	0,22943	1,08327	0,06386	0,31858	1,47402	0,13407	0,01905
NAMC	YS-11	0	0,21966	0,02083	0,00511	0,05618	0,26132	0,0101	0,00341

10. BIBLIOGRAFÍA

1. AERONAUTICA CIVIL DE COLOMBIA: ITINERARIOS AUTORIZADOS AÑO 2010: [Consultado Febrero de 2010] Disponible en <http://portal.aerocivil.gov.co/portal/page/portal/Aerocivil_Portal_Internet/itinerarios.>

2. EPA, Evaluation of Air Pollutant Emissions from Subsonic Commercial Jet Aircraft, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Mobile Sources, Ann Arbor, MI. EPA420-R-99-013, 1999.

3. EPA, Procedures for Emission Inventory Preparation: Volume IV: Mobile Sources, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Mobile Sources, Ann Arbor, MI and Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park., NC, EPA-450/4-81-026d (Revised), 1992.

4. RUIZ MURCIA, JOSE FRANKLYN. Simulación de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Móviles en Bogotá. Tesis para obtener el título Magister en Ciencias- Meteorología. Universidad Nacional. Bogotá. 2008

5. SAAVEDRA GOMEZ, JORGE FELIPE. Inventario de Emisiones Producidas por Aviones Comerciales en el Aeropuerto El Dorado de Bogotá. Tesis para optar por el título de Ingeniero Ambiental. Universidad de los Andes.Bogotá.2008