



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO
DE RIESGOS NATURALES**

**CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO
SEGÚN LA CUENTA ECONÓMICA – AMBIENTAL DEL
ECUADOR A PARTIR DE FUENTES DE ÁREA DURANTE EL
PERÍODO 2000 – 2018**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

DAVID ALEJANDRO MOREJÓN CABEZAS

DIRECTOR: FAUSTO RENE VITERI MOYA

Quito, AGOSTO 2020

© Universidad UTE. 2020

Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1719141432
APELLIDO Y NOMBRES:	David Alejandro Morejón Cabezas
DIRECCIÓN:	Ponciano Alto
EMAIL:	david_29_morej@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	023500035
TELÉFONO MOVIL:	0995636652

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Cuantificación de las emisiones de gases criterio según la cuenta económico – ambiental del Ecuador a partir de fuentes de área durante el período 2000 – 2018
AUTOR O AUTORES:	David Alejandro Morejón Cabezas
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	15/08/2020
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Dr. Fausto Rene Viteri Moya
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales
RESUMEN:	En el presente estudio se analizó la cuantificación de emisiones de gases criterio perteneciente a la Cuenta Económica – Ambiental a nivel nacional durante el período 2000 - 2018, a partir de fuentes de área. Las fuentes de área involucran emisiones por uso de disolventes industriales y comerciales, además de las emisiones por tráfico aéreo. Los gases criterio que se contabilizaron fueron NOx , CO, SO2, PM10, PM2.5, COT y COV. Existen flujos de residuos que pasan del sistema económico al medio ambiente, y son

producidos por tres diferentes sectores: hogares, industrias y gobierno, clasificadas con distintas actividades económicas para el cálculo de las emisiones de disolventes y tráfico aéreo. El cálculo de disolventes consiste en determinar el total de emisiones anuales relacionando los factores de emisión de cada gas criterio con el total de habitantes de la población. Para realizar el cálculo de las emisiones de tráfico aéreo, se consideraron de ciclos anuales (LTO: landing, take off), teniendo en cuenta el tipo de aeronave. En los resultados de las emisiones de disolventes se evidenció un crecimiento homogéneo de las emisiones por la relación con el crecimiento poblacional. Por otro lado, en los resultados de tráfico aéreo se identificó que los gases criterio con mayor cantidad de emisiones son los NOx con una cantidad de 10'286,021.66 toneladas emitidas durante el período 2010 – 2018. Se determinó que la actividad económica de transporte aéreo y almacenamiento contribuye a la contaminación con un valor de 1'486,468.62 toneladas de NOx emitidas en el año 2016, año con mayor actividad económica. Finalmente, de acuerdo con lo evidenciado en el análisis bibliométrico las estrategias propuestas para disminuir las emisiones de gases criterio de fuentes de área son: políticas para tráfico aéreo, uso de estructuras multifuncionales, uso de tecnologías emergentes para tráfico aéreo y cultura individual.

PALABRAS CLAVES:

Cuentas ambientales, disolventes, tráfico aéreo, pasivos ambientales, inventario de emisiones.

ABSTRACT:

In this study, the quantification of criteria gases emissions belonging to the Economic - Environmental Account at the national level during the period 2000-2018 was analysed, based on area sources. Area sources involve emissions from the use of industrial and commercial solvents, in addition to emissions from air traffic. The criteria gases that were counted were NO_x, CO, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5},

KEYWORDS	<p>COT and VOC. There are waste streams that pass from the economic system to the environment, and are produced by three different sectors: households, industries and government, classified with different economic activities for the calculation of solvent emissions and air traffic. The calculation of solvents consists in determining the total annual emissions by relating the emission factors of each criterion gas with the total number of inhabitants of the population. To calculate air traffic emissions, annual cycles (LTO: landing, take off) were considered, taking into account the type of aircraft. In the results of the emissions of solvents a homogeneous growth of the emissions was evidenced by the relation with the population growth. On the other hand, in the air traffic results it was identified that the criteria gas with the highest amount of emissions is NO_x with an amount of 10,286,021.66 tons emitted during the period 2010-2018. It was determined that the economic activity of air transport and Storage contributes to pollution with a value of 1,486,468.62 tons of NO_x emitted in 2016, the year with the highest economic activity. Finally, according to what is evidenced in the bibliometric analysis, the proposed strategies to reduce the emission of gases criteria of area sources are: policies for air traffic, use of multifunctional structures, use of emerging technologies for air traffic and individual culture.</p>
	<p>Environmental accounts, solvents, air traffic, environmental liabilities, emissions inventory.</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



MOREJÓN CABEZAS DAVID ALEJANDRO

1719141432

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **MOREJÓN CABEZAS DAVID ALEJANDROE**, CI 1719141432
autor del trabajo de titulación: **TÍTULO: Cuantificación de las emisiones de gases criterio según la cuenta económica – ambiental del Ecuador a partir de fuentes de área durante el período 2000 – 2018** previo a la obtención del título de **INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 15 de Agosto del 2020.



MOREJÓN CABEZAS DAVID ALEJANDRO
1719141432

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por **TÍTULO: Cuantificación de las emisiones de gases criterio según la cuenta económica – ambiental del Ecuador a partir de fuentes de área durante el período 2000 – 2018** para aspirar al título de **INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** fue desarrollado por **MOREJÓN CABEZAS DAVID ALEJANDRO**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a las evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Dr. Fausto Rene Viteri Moya

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1719567404

DECLARACIÓN JURAMENTADA DEL AUTOR

Yo, David Alejandro Morejón Cabezas, portador(a) de la cédula de identidad N° 1719141432, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en ese documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



MOREÓN CABEZAS DAVID ALEJANDRO

1719141432

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	12
2.1 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE EMISIONES DE LAS FUENTES DE ÁREA	12
2.1.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE EMISIONES POR USO DE DISOLVENTES	13
2.1.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE EMISIONES POR TRÁFICO AÉREO	15
2.2. DETERMINAR EL SECTOR ECONÓMICO CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTES DE ACTIVIDADES QUE INVOLUCRAN A DISOLVENTES Y TRÁFICO AÉREO	18
2.3 IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTES DEL USO DE DISOLVENTES Y TRÁFICO AÉRO	19
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	22
3.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA CANTIDAD DE EMISIONES ANUALES POR USO DE DISOLVENTES	22
3.1.1. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV)	22
3.1.2. CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)	23
3.2. ANÁLISIS DE DATOS DE LA CANTIDAD DE EMISIONES ANUALES POR TRÁFICO AÉREO	24
3.2.1. ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO _x)	24
3.3.2. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	25
3.3.3. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV's) POR TRÁFICO AÉREO	27
3.3.4. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂)	28
3.3.5. MATERIAL PARTICULADO (PM ₁₀ Y PM _{2,5})	29
3.3. DETERMINACIÓN DEL SECTOR ECONÓMICO CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTES DE ACTIVIDADES QUE INVOLUCREN AL USO DE DISOLVENTES Y TRÁFICO AÉREO	30

	PÁGINA
3.3.1. DETERMINACIÓN DEL SECTOR ECONÓ MICO CON MAYOR CANTIDAD DE GASES CRITERIO	30
3.3.2. DETERMINACIÓN DEL GAS CRITERIO CON MAYOR CONTRIBUCIÓN A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE	33
3.4. IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTES DEL USO DE DISOLVENTES Y TRÁFICO AÉRO	36
3.4.1. 5 PROPUESTAS ESTRATÉGICAS PARA LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTES DE ACTIVIDADES QUE INVOLUCRAN AL TRÁFICO AÉREO Y ALMACENAMIENTO	44
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
4.1. CONCLUSIONES	49
4.2. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Agrupación de disolventes	14
Tabla 2. Factores de emisión por tipo de avión	17
Tabla 3. Clasificación de actividades económicas según CIU	18
Tabla 4. Impactos ambientales de la actividad económica de tráfico aéreo y almacenamiento	21
Tabla 5. Factores de emisión de NO _x de aeronaves modelo Airbus	25
Tabla 6. Factores de emisión de CO de aeronaves modelo Boeing	26
Tabla 7. Factores de emisión de COV's de aeronaves modelo Fokker y Boeing	28
Tabla 8. Clasificación de sectores económicos según CIU	30
Tabla 9. Sector económico con mayor aporte a la Producción económica.	31
Tabla 10. Clasificación del número de vuelos de la CAN 2014	37
Tabla 11. Clasificación del número de vuelos de la CAN 2015	37
Tabla 12. Clasificación del número de vuelos de la CAN 2016	37
Tabla 13. Clasificación de ciclos LTO de vuelos de la CAN 2014	37
Tabla 14. Clasificación de ciclos LTO de vuelos de la CAN 2015	37
Tabla 15. Clasificación de ciclos LTO de vuelos de la CAN 2016	38
Tabla 16. Clasificación de las toneladas de CO de España, Chile y Ecuador del 2015	42
Tabla 17. Clasificación de las toneladas de NO _x de España, Chile y Ecuador del 2015	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Adaptado del programa de capacitación en línea del SCAE.	10
Figura 2. Emisiones anuales de toneladas de COV's por uso de disolventes.	22
Figura 3. Emisiones anuales de toneladas de COT por uso de disolventes.	23
Figura 4. Emisiones anuales de toneladas de NO _x por tráfico aéreo.	24
Figura 5. Emisiones anuales de toneladas de CO por tráfico aéreo.	25
Figura 6. Emisiones anuales de toneladas de COV's por tráfico aéreo.	27
Figura 7. Emisiones anuales de toneladas de SO ₂ por tráfico aéreo.	28
Figura 8. Emisiones anuales de toneladas de PM ₁₀ por tráfico aéreo.	29
Figura 9. Emisiones anuales de toneladas de PM _{2,5} por Tráfico aéreo.	29
Figura 10. Diagrama de emisiones por actividad industrial.	32
Figura 11. Diagrama de control de medias para la determinación del gas criterio con mayor contribución a la contaminación del aire.	33
Figura 12. Diagrama de control de rangos para la determinación del gas criterio con mayor contribución a la contaminación del aire.	34
Figura 13. Diagrama de Pareto de gases criterio del 2015, para la determinación del gas criterio más contaminante.	35

	PÁGINA
Figura 14. Diagrama de Pareto de gases criterio del 2016, para la determinación del gas criterio más contaminante.	36
Figura 15. Número de Vuelos Internacionales de países de la Comunidad Andina 2014.	38
Figura 16. Número de Vuelos Internacionales de países de la Comunidad Andina 2015.	39
Figura 17. Número de Vuelos Internacionales de países de la Comunidad Andina 2016.	39
Figura 18. Comparativa de Ciclos LTO de países de la CAN 2014.	40
Figura 19. Comparativa de Ciclos LTO de países de la CAN 2015.	40
Figura 20. Comparativa de Ciclos LTO de países de la CAN 2016.	41
Figura 21. Diagrama Comparativo de toneladas de CO emitidas en el año 2015.	42
Figura 22. Diagrama Comparativo de toneladas de NO _x emitidas en el año 2015	43

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1. Factores de emisión de disolventes (COV's) por Uso comercial.	54
ANEXO 2. Factores de emisión de disolventes (COV's) por Uso industrial.	55
ANEXO 3. Emisiones anuales de disolventes (COV's) por CIU.	56
ANEXO 4. Factores de emisión de disolventes (COT) por uso comercial	58
ANEXO 5. Factores de emisión de disolventes (COT) por Uso industrial.	59
ANEXO 6. Emisiones de anuales de disolventes (COT) por CIU.	60
ANEXO 7. Ciclos LTO del tráfico aéreo por tipo de aeronave y tipo de aeropuerto.	62
ANEXO 8. Factores de emisión de tráfico aéreo por tipo de aeronave	66
ANEXO 9. Emisiones anuales por tráfico aéreo de NO _x	68
ANEXO 10. Emisiones anuales por tráfico aéreo de CO	68
ANEXO 11. Emisiones anuales por tráfico aéreo de SO ₂	69
ANEXO 12. Emisiones anuales por tráfico aéreo de COV's	69
ANEXO 13. Emisiones anuales por tráfico aéreo de PM ₁₀	70
ANEXO 14. Emisiones anuales por tráfico aéreo de PM _{2,5}	70

RESUMEN

En el presente estudio se analizó la cuantificación de emisiones de gases criterio perteneciente a la Cuenta Económica – Ambiental a nivel nacional durante el período 2000 - 2018, a partir de fuentes de área. Las fuentes de área involucran emisiones por uso de disolventes industriales y comerciales, además de las emisiones por tráfico aéreo. Los gases criterio que se contabilizaron fueron NO_x , CO, SO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, COT y COV. Existen flujos de residuos que pasan del sistema económico al medio ambiente, y son producidos por tres diferentes sectores: hogares, industrias y gobierno, clasificadas con distintas actividades económicas para el cálculo de las emisiones de disolventes y tráfico aéreo. El cálculo de disolventes consiste en determinar el total de emisiones anuales relacionando los factores de emisión de cada gas criterio con el total de habitantes de la población. Para realizar el cálculo de las emisiones de tráfico aéreo, se consideraron ciclos LTO (landing, take off), teniendo en cuenta el tipo de aeronave. En los resultados de las emisiones de disolventes se evidenció un crecimiento homogéneo de las emisiones por la relación con el crecimiento poblacional. Por otro lado, en los resultados de tráfico aéreo se identificó que los gases criterio con mayor cantidad de emisiones son los NO_x con una cantidad de 10'286,021.66 toneladas emitidas durante el período 2010 – 2018. Se determinó que la industria de transporte aéreo y almacenamiento contribuye a la contaminación con un valor de 1'486,468.62 toneladas de NO_x emitidas en el año 2016, año con mayor actividad económica. Finalmente, de acuerdo con lo evidenciado en el análisis bibliométrico, se propone cinco estrategias para disminuir las emisiones de gases criterio de las fuentes de área, y son: la adopción de políticas y normas, uso de estructuras multifuncionales, uso de tecnologías emergentes y gestión de la responsabilidad social.

Palabras Clave:

Cuentas ambientales, disolventes, tráfico aéreo, pasivos ambientales, inventario de emisiones.

ABSTRACT

In the present study, the quantification of criteria gases emissions belonging to the National Economic - Environmental Account during the period 2000 - 2018 was analysed, based on area sources. Area sources involve emissions from the use of industrial and commercial solvents, in addition to emissions from air traffic. The criteria gases that were counted were NO_x, CO, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, TOC and VOC. There are waste streams that pass from the economic system to the environment, and are produced by three different sectors: households, industries and government, classified with different economic activities for the calculation of solvent emissions and air traffic. The calculation of solvents consists of determining the total annual emissions by relating the emission factors of each criteria gases with the total number of the population. To calculate air traffic emissions LTO (landing, take off) cycles were considered, as well the type of aircraft. In the results of solvent emissions a homogeneous growth of emissions was evidenced due to the related with population growth. In air traffic results was identified that the criteria gas with the highest amount of emissions is NO_x with a quantity of 10,286,021.66 tons emitted during the period 2010 - 2018. It was determined that the air transport and storage industry contributes to pollution with a value of 1'486,468.62 tons of NO_x emitted in 2016, the year with the highest economic activity. Finally, in accordance with the evidence in the bibliometric analysis, five strategies are proposed to reduce the emissions of criteria gases from area sources, and they are: the adoption of policies and regulations, use of multifunctional structures, use of emerging technologies and social responsibility management.

Keywords:

Environmental accounts, solvents, air traffic, environmental liabilities, emissions inventory.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década la contaminación del aire ha ido creciendo de manera significativa en todo el mundo, y es uno de los principales problemas que la mayoría de ciudadanos se enfrenta al sufrir los efectos graves en su salud. Además, la contaminación del aire presenta un gran riesgo para la adecuada sostenibilidad de ecosistemas vulnerables y en general.

Dentro de los últimos años, acorde al Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobal, 2018), se afirma que el 98% de las ciudades con pocos ingresos y medianos ingresos no cumplen con los parámetros seguros para la calidad del aire establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), es decir que la mayoría de las ciudades a nivel mundial con medianos y pocos ingresos de alguna u otra forma sienten la presión para alcanzar un desarrollo de primer mundo y esto como consecuencia se refleja en la gran cantidad de emisiones que presentan las actividades económicas dentro de un país, así mismo presentan un gran riesgo para la salud de la población. Actualmente, es evidente que se presentan más casos con posibles afecciones a la salud de las personas, en un estudio reciente sobre la contaminación al aire se demuestra que las partículas que quedan suspendidas en el aire por consecuencia de las emisiones de gases son responsables del 1,4% de todas las muertes del mundo y que se presentan en mayor escala en países en vías de desarrollo (Gibson, 2015).

En general, los contaminantes atmosféricos generan un gran impacto al medio ambiente provocando la alteración de varios ecosistemas y a su vez acelerando el deterioro de la calidad del aire. El incremento de las actividades económicas se presenta en las zonas urbanas que son las que generan un mayor impacto dado que sus emisiones son significativas con respecto a las zonas rurales. La producción de cada país se ha convertido en uno de los objetivos principales para alcanzar un desarrollo económico estable (Bethania L. Lanzaco, Luis E. Olcese, Xavier Querol, 2017). Los sectores económicos: hogares, industrias y gobierno son considerados como los principales agentes generadores de emisiones atmosféricas, ya que al elevar los niveles de producción también se elevan los niveles de contaminación. Esto pertenece a los flujos originados en la economía que pasan al medio ambiente, son flujos de residuos (emisiones) que representa la producción que cada país genera.

Es importante mencionar que la presión para alcanzar la globalización juega un papel importante en cada país en vías de desarrollo, ya que como es evidente pone en juego la salud de la población por la exposición de gases perjudiciales, por esta razón Gibson (2015) afirma que dentro de los últimos años varios proyectos multicéntricos se han ido desarrollando, utilizando

técnicas de análisis de series temporales. Principalmente en Europa con el denominado proyecto APHEA y en Estados Unidos con el estudio NMMAPS, estos proyectos han aportado al conocimiento del impacto agudo de la contaminación en la salud. En general, el contaminante que presenta un alto riesgo y al que mayor se ha estudiado ha sido el material particulado de la quema de combustibles fósiles (PM_{10}) que ha tenido un incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ a niveles atmosféricos, según los estudios, va con un crecimiento de un 0,2 a un 1% en la mortalidad por todas las causas y un 0,5 a un 2 % en la mortalidad de personas con problemas cardiorrespiratorios.

A nivel mundial existen varios países desarrollados donde las industrias y las instituciones gubernamentales se encargan de monitorear a los contaminantes emitidos por una unidad de tiempo (emisiones) y también la cantidad o concentración de estos contaminantes en el aire (inmisiones). En otras palabras las emisiones se las mide por el tiempo que los contaminantes están suspendidos en el aire, y las inmisiones se las mide por la concentración de contaminantes que están el aire (Bogotá Galarza & Díaz Castro, 2019). Es importante mencionar que estos monitoreos se encuentran disponibles la mayoría de veces al público, y son un factor clave para comprobar el cumplimiento de las leyes ambientales que establece cada país para poder alcanzar los niveles de emisión aconsejables por los organismos internacionales responsables de disminuir el impacto ambiental que genera la contaminación al aire. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo no existe dicha disponibilidad de datos, ya sea por la falta de ellos o por la dificultad para la accesibilidad de los mismos. El rápido crecimiento y desarrollo de las ciudades en los países en vías de desarrollo han sido la consecuencia de la degradación de la calidad del aire (Mateos et al., 2018).

En la clasificación de contaminantes atmosféricos podemos encontrar a la clase referente a contaminantes atmosféricos criterio, tiene este nombre ya que, se consideran de gran riesgo para la salud y bienestar humano, así mismo son los precursores de la deterioración de varios ecosistemas con cantidades diversas de flora y fauna. Estos contaminantes criterio o también llamados gases criterio son el material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$), NO_x , CO, SO_2 , COT y COV.

El monóxido de carbono es uno de estos contaminantes que representan varias características que pueden determinar su toxicidad, en la investigación de Orozco Picalua & Romaña Men (2018) se afirman que el CO o monóxido de carbono es un gas que es más liviano que el aire por lo que sus partículas suspendidas se encontrarán a grandes alturas de la atmósfera interactuando con las dinámicas de las corrientes de viento que se producen a nivel mundial, permitiendo al gas una gran movilidad. Una de las principales fuentes de este gas de combustión no completa son las calderas industriales, gases

domésticos y teniendo en cuenta los motores de las aeronaves debido a la combustión incompleta de hidrocarburos y de sustancias con presencia de carbono como la gasolina y el diésel (Khouri et al., 2018).

En el caso del SO₂ o dióxido de azufre, (Instituto para la salud Geoambiental, 2002) expresa que este gas es irritante, no es explosivo ni inflamable pero tiene la capacidad de al juntarse con el agua disolverse muy fácilmente produciendo ácido sulfúrico, compuesto que es responsable de la lluvia ácida. Además, cuando llega a su proceso de oxidación en la atmosfera este compuesto puede formar sulfatos que a su vez forman el material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}).

Por otro lado, en el caso del material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}), Arciniégas Suárez, (2012) concluye que estas partículas que se encuentran en suspensión en el aire son una compleja aglomeración de compuestos químicos y/o elementos biológicos, como son los metales, sales, materiales de carbón, compuestos orgánicos volátiles (COV), aromáticos policíclicos, etc., es uno de los contaminantes criterio más estudiados a nivel mundial, ya que tiene un alto riesgo de muerte por causas de enfermedades cardiovasculares en pacientes adultos.

En el caso de los compuestos orgánicos volátiles y el carbono orgánico total (COV y COT), ISTAS (2010) aporta que la reacción de estos compuestos con los óxidos de nitrógeno forman ozono troposférico y esto en grandes cantidades puede llegar a ser perjudiciales para la salud de los seres vivos, la liberación de estos compuestos es dada por la quema de combustibles fósiles sobre todo de transporte aéreo, también por las industrias de pinturas, resinas y los artículos de uso personal como aerosoles.

Por último, los óxidos de nitrógeno o NO_x, la Environmental Protection Agency (1999) afirma que el nitrógeno como un gas monoatómico puede formar varias reacciones con el oxígeno a nivel atmosférico provocando la producción de lluvia ácida que es perjudicial para la salud de la población y uno de los principales factores del deterioro de la capa vegetal. Estos compuestos son considerados nocivos en todos los sentidos y existen varias características como se definió anteriormente donde se expresa su alto nivel de toxicidad, es decir que representan un gran riesgo cuando estos compuestos son emitidos. En un reciente comunicado la Organización Mundial de la Salud (2016) indica una estimación que en el año 2012 alrededor de 12, 6 millones de personas perdieron la vida por vivir o ejercer actividades laborales dentro de un ambiente que perjudicó significativamente su salud, dentro de esta estimación se considera que la contaminación al aire, agua y suelo impacta gravemente de forma directa o indirectamente con el bienestar y la salud humana, además de presentar una contribución con el deterioro del medio ambiente en general.

La situación actual, como mencionan Luján Pérez & Gonzáles Zurita (2016), sobre los altos niveles de insalubridad ambiental es considerada por los científicos y las autoridades ambientales como un gran riesgo para la salud y bienestar de la población. Por esta misma razón las autoridades ambientales tienen que prestar más atención a las medidas o límites establecidos por las mismas para la reducción de las emisiones atmosféricas, además de establecer cuál es el impacto a la salud de la población, ya que como se ha venido mencionando anteriormente, los países en vías de desarrollo son los que más contribuyen a la contaminación atmosférica y los que presentan controles laxos de monitoreo con respecto a estos contaminantes atmosféricos criterio.

Sobre la base de unas estimaciones de la OMS en el Centro Europeo para el Medio Ambiente y la Salud, se muestra que alrededor de 800.000 personas a nivel mundial mueren por consecuencias de enfermedades respiratorias y cardiovasculares asociadas con la contaminación al aire (Mohammadi et al., 2016). Casi cerca de 150.000 habitantes de la anterior estimación pertenecen al Sur del continente asiático puntualizando a las zonas urbanas de donde pertenecen las mayores fuentes de emisiones. (Mohammadi et al., 2016) afirman que la contribución de la contaminación del aire proviene de los componentes industriales altamente nocivos, de las plantas de combustible y de los autos como principales fuentes de contaminación. Existen resultados en estudios de corto y largo plazo que demuestran que las enfermedades respiratorias y cardiovasculares (como: ataques de asma, mortalidad y reducción de la longevidad de la persona) han sido las principales causas de un incremento del ingreso a hospitales a las personas, sufriendo las consecuencias de los efectos que estos contaminantes representan.

Estos contaminantes criterio tienen efectos tóxicos sobre la salud de cualquier ser vivo y se encuentran asociados con las principales fuentes de emisión (móviles, fijas y de área). Las fuentes de emisiones fijas hacen referencia a todas las instalaciones que producen y/o desarrollan operaciones o procesos industriales, de servicio o comerciales que generan contaminantes que contribuyen a la contaminación atmosférica debido a los procesos de combustión completa e incompleta, desde un sitio fijo (Libro VI Anexo 3, 2019).

Por otro lado, las fuentes de emisiones móviles son aquellas que tienen la capacidad de desplazarse de manera autónoma, generando y emitiendo contaminantes a lo largo de su proyección o trayectoria. Los vehículos automotores de combustión interna son los principales agentes generadores de este tipo de emisiones, contribuyendo a la contaminación al aire con gases como: material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$), NO_x , CO, SO_2 (Singh María & José, 2010).

Por último, las fuentes de emisiones de área son consideradas como fuentes de emisiones dispersas y en gran cantidad numerosas, por lo que resulta complejo agrupar este tipo de fuente emisora en las fuentes fijas. Sin embargo, las fuentes de área presentan una significativa contribución a la contaminación del aire (U.S EPA, 2001). Es importante mencionar que los gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , NO_x) se encuentran dentro de las emisiones por tráfico aéreo, pero no se representan dentro de la metodología de esta cuenta, debido a que la importancia se centra en el cálculo de gases criterio (CO , NO_x , SO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, COV y COT).

Cabe recalcar que, en el presente estudio, se analizará únicamente los datos cuantificados de las emisiones por fuentes de área.

La clasificación de las fuentes de área se dividen en dos: emisiones de disolventes que provienen de varias actividades antropogénicas; como operaciones que involucran pinturas, resinas, pavimentación de carreteras, pesticidas, el uso de artículos personales y de belleza (aerosoles), el uso de barnices y pinturas automotriz, entre otros productos contaminantes (Gutiérrez Escamilla Marco Antonio, 2007). Los compuestos orgánicos volátiles y el carbono orgánico total pertenecen a esta clasificación debido a que gran parte de las operaciones mencionadas anteriormente tienen estos compuestos, determinados como sustancias químicas con base de carbono que se evaporan a temperatura y presión ambiental convirtiéndose en gases emitidos (Vargas Rincón, 2013). Estos compuestos son altamente utilizados a nivel industrial, Costas (2014) menciona que los COV 's tienen un amplio rango de utilidades, sobre todo a nivel industrial, además presentan propiedades volátiles, tóxicas e inflamables según su acepción de riesgo de estos compuestos.

Dentro de esta clasificación se pueden encontrar también las emisiones por tráfico aéreo (Reyes & Tito, 2017). Las emisiones que provienen de la aviación civil son el resultante de la quema de combustibles reactores como la gasolina para motor de reacción y el queroseno, según la IPCC (1997) los motores de los aviones emiten aproximadamente un 70% de CO_2 , al menos el 30% pertenecen a H_2O y menos del 1% son NO_x , CO , SO_2 , COT y COV . Las emisiones van a depender de la cantidad de combustible y de la naturaleza de cada avión, además de sus tipos de motores y la eficacia de ellos; también dependerá del tiempo de vuelo de la aeronave, así como también del combustible utilizado (EEA, 2015).

La medición de las inmisiones y emisiones de estos contaminantes son las que permiten establecer un riesgo para la salud de la población comparando con los niveles de límite establecidos por los organismos o autoridades ambientales. Existen así factores ambientales que determinarán si el

contaminante criterio puede llegar a tener o representar, una menor o mayor toxicidad, y esto a su vez presentar afecciones a la salud de la población. Estos factores ambientales son: la dispersión de los contaminantes en el aire, la temperatura, la radiación solar, la humedad y entre otros más factores que determinarán las condiciones ambientales (clima de la zona) a las que se encuentra sometida un país (Luján Pérez & Gonzáles Zurita, 2016).

En el Ecuador existen varios tipos de climas que están asociados con sus respectivas zonas regionales, esto como un factor ambiental define si la toxicidad de estos contaminantes criterio puede llegar a ser severa, por esta razón no deja de ser importante que Mateos et al. (2018) expliquen que la emisión de estos compuestos contribuye significativamente a la producción de un proceso químico a nivel troposférico en el cual se mezclan las partículas de estos contaminantes con las partículas de agua que se encuentran suspendidas en el aire, proceso conocido como lluvia ácida o también llamada deposición ácida sobre la superficie de ecosistemas, ya sea por medio de las nubes, la lluvia o la niebla. Aquí hay que tener en cuenta que gran parte de los ecosistemas que presenta el Ecuador tienen alta pluviosidad a lo largo del año, y varias zonas o áreas de protección ambiental tienen estas condiciones ambientales, por lo que esto significa que mientras aumenten las emisiones de estos contaminantes criterio aumenta también el riesgo de perder a ecosistemas ricos en biodiversidad, tanto como flora y fauna. Un claro ejemplo de ecosistemas vulnerables sería el ecosistema del páramo que a pesar de que no exista una pluviosidad vertical, existe una pluviosidad horizontal, es decir que las partículas del agua están dispersas y suspendidas en el área en forma de niebla; además el páramo es gran almacenador de agua por su tipo de suelo y vegetación, por lo que la gran mayoría de fuentes de agua serán originarias de este ecosistema.

Gran parte de estas emisiones son originadas en zonas urbanas donde la producción industrial y los transportes tienen gran actividad a diario. En un reciente estudio de la Universidad de Cuenca, Palacios Espinoza & Espinoza Molina (2014) afirman que en monitoreos de la calidad del aire realizados a nivel nacional, el monóxido de carbono presenta un alto riesgo sobre la salud respiratoria de la mayoría de niños escolares en Quito y Cuenca, sobre todo en los casos de Quito donde la incidencia de infecciones respiratorias en los niños de procedencia de las zonas más contaminadas varía en un riesgo relativo de 1,6 a 2,2 considerando que el riesgo se lo valora entre el 1 (más bajo) y 5 (más alto) (Municipio de Quito, 2000). Por otro lado, los monitoreos puntuales de material particulado (PM_{10} y $PM_{2,5}$) y compuestos orgánicos volátiles realizados en la ciudad de Cuenca presentaron valores que superan la norma nacional y la guía de la OMS en distintas zonas consideradas como focos de contaminación (Organización Mundial de la Salud, 2005).

El Ecuador es un país en vías de desarrollo, al igual que la mayoría de países latinoamericanos, esto presenta una gran desventaja en temas ambientales, ya que como se habló anteriormente, en los países en vías de desarrollo se presentan niveles exuberantes de emisiones por la gran producción económica que tienen estos países dada por la presión de alcanzar el desarrollo. Así también la información sobre la contaminación ambiental es escasa, en el caso de la contaminación al aire la falta de instrumentos de medición o monitoreo son un gran problema, sobre todo para las ciudades que no son consideradas fuentes de producción económica. A nivel nacional han existido varios estudios que se enfocan en la contaminación al aire en algunas ciudades del país como: Esmeraldas, Guayaquil, Cuenca, Ambato y Quito que presenta un sistema de monitoreo constante (Palacios Espinoza & Espinoza Molina, 2014).

En América Latina ha existido un alto nivel de crecimiento de las emisiones al aire contribuyentes a la contaminación atmosférica, esto ha llevado a varios países a desarrollar una contabilidad ambiental que permita establecer una estimación de la distribución espacial de flujos y activos ambientales originados por la economía de cada país. En este sentido, en un reciente estudio de Bolivia, Suxo (2017) afirma que la estimación de estas cuentas es de gran importancia para Bolivia, ya que por medio de estas estimaciones es posible calcular el Producto Interno Bruto (PIB) de cada país.

La contabilidad ambiental se encarga de promover la oferta y utilización ambiental de activos y de flujos ambientales para el Ecuador. El proyecto del Ministerio del Ambiente sobre el Sistema de Contabilidad Ambiental Económica (SEEA) se enfoca en la creación de cuentas de petróleo y gas natural, recursos madereros y forestales, tierra, emisiones al aire, descargas de agua, y gastos de protección ambiental; todo esto con el fin de tener un informe sobre la actividad económica que contienen los activos y flujos ambientales determinados por su oferta y utilización (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015).

El Sistema de Cuentas Ambientales Nacionales (SCAN) es una herramienta que ha permitido tener visualización sobre la relación entre el ambiente (unidades físicas) y la economía (unidades monetarias). Dentro de esta categoría podemos ubicar la cuenta económica ambiental de emisiones al aire, encargada de la contabilización de la oferta y utilización de flujos ambientales, en este caso la contaminación ambiental representada en emisiones al aire (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015). La importancia de la Cuenta Económica Ambiental es conocer la naturaleza que existe en cuanto a los flujos ambientales generados en el ambiente por la economía, en la Figura 1 explica la dinámica que tiene la relación de ambiente y economía.

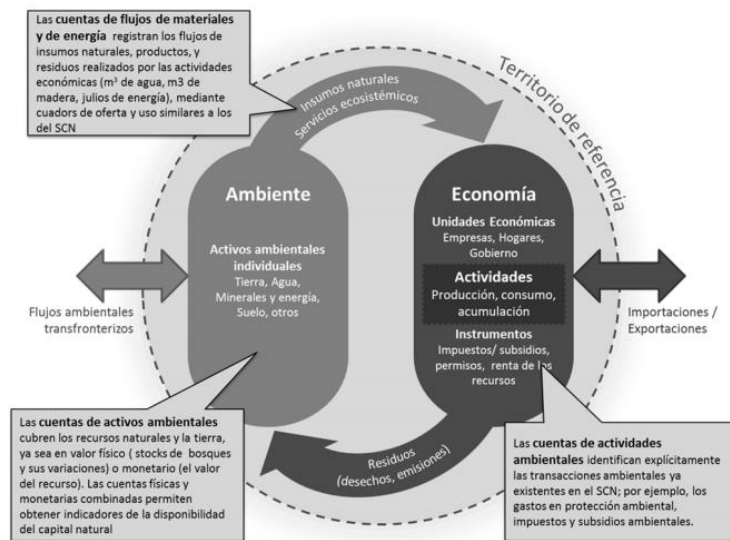


Figura 1. Adaptado del programa de capacitación en línea del SCAE, CEPAL 2015 (CEPAL, 2017)

Según los lineamientos establecidos en la constitución del Ecuador, y los objetivos del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 se ha desarrollado con éxito el Sistema de Contabilidad Ambiental, según el MAE (2012) el Ecuador fue considerado como el tercer país en Latinoamérica en contar con un Sistema de Contabilidad Ambiental, por detrás de México y Guatemala y superando los avances de Colombia y Brasil.

La última actualización de esta cuenta económica ambiental fue emitida como exploración inicial (cuenta piloto) en el año 2013, de los periodos 2010-2012. Por esto, se reconoce la importancia del presente estudio, ya que el análisis de los datos obtenidos de la Cuenta Económica Ambiental de las emisiones de gases criterio a nivel nacional, específicamente de las fuentes de área durante el periodo 2000-2018, servirá para una actualización del Sistema de Cuentas Ambientales Nacionales (SCAN), así mismo se evidenciará el sector económico y el gas criterio con mayor contribución a la contaminación, además de servir también como información sobre impacto de la contaminación atmosférica debido a la producción económica del Ecuador y las propuestas de estrategia para la disminución de las emisiones provenientes de tráfico aéreo y uso de disolventes.

El objetivo general del presente estudio se centra en el análisis respectivo de los datos obtenidos de la Cuenta Económica Ambiental de emisiones de gases criterio dentro del territorio ecuatoriano, específicamente de fuentes de área según los cálculos por uso de disolventes comerciales e industriales y de tráfico aéreo. Teniendo en cuenta de que sus emisiones anuales de disolventes son a partir desde el año 2000 al 2018 y de tráfico aéreo desde el año 2010 al 2018.

Los objetivos específicos del presente trabajo son: 1) Analizar los datos de la cantidad de emisiones de gases criterio por fuentes de área de tipo disolventes y tráfico aéreo, 2) Determinar el sector económico con mayor cantidad de emisiones de gases criterio provenientes de actividades económicas que involucran a disolventes y tráfico aéreo, y 3) Identificar y proponer estrategias para la disminución de emisiones de gases criterio provenientes de actividades económicas que involucran a disolvente y tráfico aéreo.

2. METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA

2.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE EMISIONES DE LAS FUENTES DE ÁREA.

Las fuentes de área son consideradas como una fuente de contaminación proveniente de varias actividades antropogénicas; como operaciones que involucran pinturas, resinas, pavimentación de carreteras, pesticidas, el uso de artículos personales y de belleza (aerosoles), el uso de barnices y pinturas automotriz, entre otros productos contaminantes más.

Por esta razón, las fuentes de área no pueden ser incluidas dentro del inventario de fuentes fijas, ya que, como se indicó anteriormente pueden llegar a ser muy dispersas y en cantidad numerosas.

El Directorio de la EPA escribe que para inventarios de emisiones, las fuentes de área se podrían clasificar en tres grandes grupos:

- De combustión (combustibles fósiles)
- Evaporativas
- De partículas fugitivas (US-EPA, 2001).

La contaminación del aire generada por este tipo de fuente de área puede llegar a ser una de las principales causas de riesgo para la salud de los ciudadanos, al igual que el daño ambiental provocado, tanto como las emisiones generadas por fuentes móviles.

En referencia a la realidad nacional en el Ecuador, los datos obtenidos referentes a la contaminación por fuentes de área son: de uso de disolventes usados por las diferentes actividades antropogénicas de distintos agentes económicos, se calculó basándose en censos realizados en los años 2000 y 2010, con sus respectivas proyecciones de población. Además de los datos obtenidos de veintidós aeropuertos significativos referentes al tráfico aéreo dentro del territorio ecuatoriano.

La metodología que se utilizó para el cálculo de emisiones de tráfico aéreo tomó en cuenta factores de emisión de gases criterio conjunto con la información recopilada sobre ciclos LTO (*landing, take off*) estos ciclos hacen referencia al recorrido de un avión en cuanto al despegue y aterrizaje. Por otro lado, la metodología utilizada para emisiones por uso de disolventes tomó en cuenta a los factores de emisión de compuestos orgánicos volátiles y carbonos orgánicos totales (COV's y COT). Cada una de estas fuentes de contaminación tiene diferentes metodologías de cálculo que serán detalladas a continuación (EEA, 2015).

2.1.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE EMISIONES POR USO DE DISOLVENTES.

Los disolventes o solventes son sustancias que se encuentran en estado líquido con temperatura ambiente y emiten vapores y gases, la vía de intoxicación más frecuente es la inhalatoria, ya que al ser un gas llega a dispersarse en el ambiente. Los gases emitidos son gases criterio, conocidos así por su afección a la salud de las personas. Los disolventes están presentes en la mayoría de operaciones y actividades de ocupaciones e industrias, las actividades industriales que hacen uso de este químico son muy numerosas, pero se pueden destacar varios como menciona Gutiérrez Escamilla Marco Antonio (2007) que para la producción de automóviles, fibras artificiales, pinturas y barnices, poliuretanos, resinas y pigmentos, la industria farmacéutica también debe caber dentro de esta clasificación y así mismo los laboratorios, las artes gráficas, entretenimiento, la industria en general, la gestión de desechos y actividades de saneamiento, el comercio, la construcción, etc. Es importante mencionar que dentro de la metodología utilizada para el cálculo de emisiones de disolventes, se tomó en cuenta las emisiones de gases como compuestos orgánicos volátiles (COV) y carbonos orgánicos totales (COT), puesto que estos dos contaminantes representan la mayor parte de la totalidad de las emisiones por el uso de disolventes que se produce anualmente a nivel nacional. Para el cálculo de las emisiones por uso de disolventes se utilizaron factores de emisión expuestos en el documento "Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, Anexo A-32" (Gobierno de México, 2004), se escogió estos factores de emisión debido que las condiciones climáticas y geográficas (temperatura y presión del ambiente) de la Zona del Valle de México son semejantes a las del Ecuador.

Se procedió a realizar una clasificación sobre los diferentes usos de disolventes según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de actividades económicas (CIIU), donde se encuentran ubicadas 6 actividades económicas determinadas por el INEC que representan el uso de disolventes en industrias, esta clasificación se realizó para posteriormente estructurar la determinación del sector económico con mayor producción, ya que agrupa a distintos disolventes por actor de la economía, es decir, se clasificó a las emisiones y actividades económicas por código CIIU, además se clasificó a los sectores industriales: industrias, hogares y gobierno, como se expresa en la siguiente tabla de la Clasificación de Disolventes por CIIU.

Tabla 1. Agrupación de disolventes

Clasificación de Disolventes por CIU		
disolventes- construcción y hogares	F	Construcción de edificios + Obras de ingeniería civil
	G	Cuidado personal + artículos de uso personal + productos de belleza
disolventes-pintado carrocería	G	Pintura, barnices (pintura automotriz)
disolventes-pesticidas	A	Fumigación en las actividades de la agricultura
disolventes-servicio	R, S	Artes gráficas + Lavado en seco
	E	Limpieza de superficie industrial

Una vez empleada la clasificación se realizó el análisis de los factores de emisión que se utilizaron en esta metodología, provenientes de un inventario de referencia para el cálculo de emisiones de disolventes, “Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México del 2004, Anexo A-32” (Gobierno de México, 2004). Los factores de emisión fueron adaptados para uso ecuatoriano y dependieron de una relación entre los PIB’s per cápita de México y Ecuador. Esta relación fue producto de la multiplicación de los PIB’s per cápita de Ecuador desde el año 2000 hasta el año 2018 por 100 y la división para el PIB per cápita de México del 2004 (\$7’310.962) respectivamente, con esta relación obtenida como producto anual se procedió a multiplicar por cada factor de emisión. Se clasificó a los factores de emisión en cuatro grupos (COV’s por uso industrial y doméstico; COT por uso industrial y doméstico) de cada agrupación de la clasificación de disolventes CIU así como se muestran en los Anexos 1, 2, 4 y 5 del presente estudio.

A continuación, se agruparon los datos de los censos del 2000 y el 2010 con sus respectivas proyecciones hasta el año 2018, se utilizaron estos datos de información para complementar los factores requeridos para el cálculo de emisiones por uso de disolventes. Información obtenida del INEC “Proyecciones de la población ecuatoriana 2001-2010 y 2011-2020”.

Por último, después de que se agruparon los distintos disolventes y se les asignó su respectivo código CIU, se procedió a aplicar la siguiente fórmula para obtener el total de emisiones de COV’s y COT hacia el medio ambiente.

$$E = \Sigma P_{ob} * FE_j / 1000 \quad [1]$$

Dónde:

j = Ámbito (Construcción, hogares, pesticidas, pintado de carrocería, comerciales e industrias manufactureras).

E = Emisión total anual de COV/COT

$\Sigma \text{ Pob}$ = Población ecuatoriana.

FE_j = Factores de emisión per cápita debido a la actividad j. Se expresa en *Kg/habitante*.

Cabe recalcar que los factores de emisión se los presenta en *kg/habitante*; es por esta razón que a este valor se lo divide para 1000 puesto que se necesita el resultado en toneladas para que pueda ser comparable con el resto de fuentes emisoras de gases criterio.

2.1.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE EMISIONES POR TRÁFICO AÉREO.

El tráfico aéreo es considerado como un elemento que configura la vida, ya que presenta el mayor crecimiento de todos los medios de transporte. La aviación civil es una de las actividades antropogénicas que contribuyen a la contaminación del aire, por esta razón se ven enfrentados a impulsar y buscar soluciones sostenibles para el sector; al no ser la más significativa no se la excluye de la totalidad de emisiones por fuentes de área. Posterior a la crisis financiera del 2008-2009 la región de América Latina ha tenido un crecimiento económico debido a la estabilidad política que se ha regido en algunos países del continente, poniendo al tráfico aéreo en una posición favorable en cuanto al comercio existente en cada país; INECO (2012) que “La dinámica natural de la aviación en América Latina ha dejado un mercado competitivo y ha abierto la posibilidad de nuevos negocios eficientes de línea aérea”.

En la actualidad, la aviación civil se han vuelto una necesidad que aparentemente no afecta, pero contribuye en menor cantidad para que el cambio climático y el calentamiento global continúen siendo una de las preocupaciones globales más importantes. Los gases de emisión resultantes de la quema de combustible de los motores de aeronaves particularmente son CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ y PM_{2.5}. Partiendo de esto, existe un proceso de certificación de las emisiones realizado mediante ensayos en bancos de pruebas, relacionando el factor de emisión del gas criterio con un ciclo específico de funcionamiento denominado ciclo LTO (landing/Take off), puesto a que este funcionamiento simula una operación de aterrizaje y despegue de la aeronave, teniendo en cuenta la cantidad de combustible que se utiliza para cada motor de aeronave respectivamente.

La metodología que se utilizó para el cálculo de las emisiones por tráfico aéreo fue con la ayuda de datos proporcionados por la Dirección General de Aviación Civil (DAC) sobre el número de salidas y aterrizajes (ciclos LTO). Los factores de emisión que se utilizaron para el cálculo se extrajeron documentos referentes al cálculo, de fuentes de información confiables como la IPCC y la

EPA; estos documentos forman parte de la base para el cálculo de las emisiones de aviación civil y comercial.

En primer lugar, se procedió a clasificar anualmente la información sobre los números de salidas y aterrizajes (ciclos LTO) de veintidós aeropuertos a nivel nacional, con la cantidad de combustible que ocupa cada tipo de aeronave y con el factor de emisión según su tipo de motor. Debido a la falta de información sobre los factores de emisión no fue agregado el total de aeronaves. Sin embargo, la cantidad de aeronaves en cada aeropuerto a nivel nacional que se utilizaron para el cálculo de emisiones es significativa.

Es importante mencionar que el ciclo LTO tiene dos componentes principales que son tomados en cuenta al momento de aplicar los factores de emisión:

- El aterrizaje (Landing): corresponde al trayecto del avión desde una altura inferior a 1000 m, hasta el punto de la pista en donde termina el aterrizaje.
- El despegue (Take-off): corresponde al trayecto del avión desde el punto de la pista donde se inicia el despegue hasta una altura de 1000m (Ministerio del Ambiente, 2014).

A continuación, se presenta un extracto de los factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones de aeronaves a nivel nacional, se debe tener en cuenta que no se contaba con el total de información sobre los factores de emisión de la variedad de modelos existentes a nivel nacional. Sin embargo, los modelos con los que se realizó el cálculo son un número significativo que representa un 80% del total de cada aeropuerto a nivel nacional y que serán mostrados en el Anexo 8.

Tabla 2. Factores de emisión por tipo de avión

TIPO DE AERONAVE Y TIPO DE GAS CRITERIO

Tipo de Aeronave	Consumo de Combustible (Kg/LTO)	Gases Criterio (Kg/LTO)					
		NO _x (Kg)	CO (Kg)	COV (Kg)	SO ₂ (Kg)	PM ₁₀ (Kg)	PM _{2,5} (Kg)
A300	1723.14	25.86	14.8	1.12	1.7	0.5	0.5
A310	1506.6	19.46	28.3	5.67	1.51	0.5	0.5
A314	1506.6	19.5	28.3	5.67	1.51	0.5	0.5
A318	688.8	8.73	6.35	0.54	0.73	0.1	0.1
A319	688.8	8.73	6.36	0.54	0.73	0.1	0.1
A320	873.3	9.01	6.19	0.51	0.77	0.5	0.5
A321	960	16.72	7.55	1.27	0.96	0	0

(Cuenta Económica Ambiental de Emisiones al Aire 2000-2018. SCAN, 2019)

Fuentes factores de emisión: “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Update July 2017”

“IPCC Guidelines on National Greenhouse Gas Inventories. Reference Manual, page 1.96.”

“Inventario de emisiones atmosféricas de puertos y aeropuertos de España para el año 2008. Pág. 39”

Una vez obtenida y clasificada la información que se mencionó anteriormente se procedió a la aplicación de la siguiente fórmula para la obtención del total de emisiones por cada uno de los gases criterio generados por aeronaves anualmente, dentro del territorio ecuatoriano.

$$E = \sum_{Aircrafttypes} AR_{fuel\ consumption, aircrafttype} \times FE_{pollutant, aircrafttype} \quad [2]$$

Dónde:

E = Son las emisiones anuales del contaminante respectivo (CO, NO_x, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, COV y COT) por cada ciclo LTO que realiza la aeronave.

AR = Es la actividad que realiza la aeronave por combustible consumido para cada tipo de motor (Ciclos LTO por Combustible Consumido).

FE = Factor de emisión del respectivo gas contaminante según el tipo de motor de la aeronave.

Los factores de emisión de aeronaves al igual que de disolventes se los presenta en kg/habitante; es por esta razón que a este valor se lo divide para 1000 ya que se necesita el resultado en toneladas métricas para que pueda ser comparable con el resto de fuentes emisoras de gases criterio.

2.2. DETERMINACIÓN DEL SECTOR ECONÓMICO CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTE DE ACTIVIDADES QUE INVOLUCRAN A DISOLVENTES Y TRÁFICO AÉREO.

Para la determinación del sector económico con mayor cantidad de emisiones se realizó una clasificación de todas las actividades económicas según la “Clasificación Internacional de Industrias Unificadas (CIIU)”. Documento proveniente de la ONU y utilizado por el INEC como “Clasificación Nacional de Actividades Económicas” (INECO, 2012), lo cual permitió conocer el sector económico que más contribuye a la contaminación atmosférica. Las actividades económicas que se reconocieron dentro de esta clasificación y que pertenecen a las fuentes de área son:

Tabla 3. Clasificación de actividades económicas según CIIU

CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS						
A	E	F	G	H	R	S
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.	Gestión de desechos y actividades de saneamiento	Construcción	Comercio	Transporte aéreo y almacenamiento	Artes, entretenimiento y recreación	Otras actividades de servicio

Dentro de esta clasificación se encuentran las emisiones por uso de disolventes y por tráfico aéreo. Es importante mencionar que las actividades según sus siglas A, E, F, G, R y S respectivamente están exclusivamente vinculadas con las emisiones por uso de disolventes, ya que estas actividades económicas hacen uso de disolventes dentro de sus procesos productivos, por ejemplo: la actividad económica de agricultura, silvicultura (A) utiliza varios disolventes como los pesticidas; otro ejemplo es el lavado de superficies industriales como la gestión de desechos y actividades de saneamiento (E), así mismo con la actividad de comercio (G) que utiliza varios productos como los artículos de uso personal, productos de belleza, etc. En el caso de las actividades económicas de entretenimiento (R) y otras actividades de servicio (S) se presentan casos con uso de disolventes como en las artes gráficas y el lavado en seco respectivamente.

Por otro lado, también se debe mencionar a la actividad de transporte aéreo y almacenamiento (H), puesto que dentro de ella se encuentran los datos del total de emisiones por tráfico aéreo, que sí bien algunas emisiones pertenecen a la actividad económica de comercio (G) es difícil situar detalladamente cada una de ellas, por lo que se agrupó todas las emisiones de gases criterio por tráfico aéreo dentro de la actividad económica de transporte aéreo y almacenamiento (H). La determinación del análisis de gases criterio se efectuó por medio de diagramas de control y diagrama de Pareto, diagramas

que sirvieron para analizar los promedios y porcentajes de las emisiones de gases criterio.

Los diagramas de control se dividen en dos: 1) Diagrama de medias que analiza los límites de control de un promedio (Prom X) de datos específicos, 2) Diagrama de control de rangos que analiza los límites de control de un promedio de rango (Rango R). Los límites de control superiores (LCS), límites de control centrales o límites de control de rangos (LC_x) (LCR), y límites de control inferiores (LCI) son límites de control que sirven para identificar los promedios y la variación de los datos que se expresan en la sección de resultados y discusiones del presente estudio.

Para determinar la actividad económica que más contamina se realizó el diagrama de Pareto, se analizó cada actividad económica (agricultura, gestión de desechos y saneamiento, construcción, comercio, transporte aéreo y almacenamiento y resto de industrias), se ordenó los datos de mayor a menor para un mejor análisis y se analizó los datos en porcentaje según los datos de emisión. Para determinar el gas criterio contaminante se realizó el diagrama de control, se utilizó los promedios de cada dato de emisión y se los midió a través de un rango de datos que expresó cuál de estos contaminantes es el que mayores emisiones tiene.

2.3. IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTES DE ACTIVIDADES QUE INVOLUCRAN A DISOLVENTES Y TRÁFICO AÉREO.

Para la identificación y propuesta de estrategias para la disminución de las emisiones de gases criterio provenientes de actividades económicas que involucran al uso de disolventes y tráfico aéreo se realizó un análisis bibliométrico el cual consistió en la investigación de datos sobre anteriores estudios nacionales e internacionales referentes a las emisiones al aire. El Sistema General de la Comunidad Andina (SGCAN) proporcionó datos de la cantidad de pasajeros, cantidad de ciclos LTO y vuelos de los países que forman parte de la Comunidad Andina (Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia). Se analizó su volumen, su evolución y su estructura con documentos referentes al objetivo de identificar y proponer estrategias para la disminución de emisiones por gases criterio (Sistema General de la Comunidad Andina, 2019).

Es importante mencionar que se delimitó el área geográfica de estudio, definiendo el territorio ecuatoriano como referente para el análisis bibliométrico, lo cual permitió establecer indicadores bibliométricos con la respectiva comparación de emisiones de Ecuador con otros países referentes

a estas actividades que posteriormente sirvieron de sustento para proponer estrategias de disminución de estas emisiones de gases criterio por fuentes de área que contribuyen con la contaminación al aire.

Se realizó una comparativa de tres años (2014, 2015 y 2016) en donde se clasificó por número de pasajeros según los datos de las Estadísticas de Transporte Aéreo del SGCAN, partiendo del resultado se analizó las diferencias que existe entre Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia en cuanto a la cantidad de pasajeros que registra el SGCAN. Además, se realizó una clasificación de la cantidad de ciclos LTO de vuelos de la CAN, igualmente de los años 2014, 2015 y 2016. Para determinar con mayor precisión como varían los datos de cada país con respecto a los números de vuelos y la cantidad de ciclos LTO se realizó el diagrama de Pareto por cada año y cada país respectivamente, esto sirvió para el análisis bibliométrico y la propuesta de estrategias de disminución de emisiones. Por otro lado, también se agrupó datos de España (Madrid), Chile y Ecuador del año 2015, estos datos sirvieron para analizar las emisiones de los gases CO y NO_x de cada país por las emisiones de tráfico aéreo. Es importante mencionar que el año 2015 el precio del petróleo bajo significativamente ese año y esto hizo que el gobierno de ese entonces haga un recorte de 1.420 millones de dólares en el primer trimestre del 2015. Así mismo, la depreciación del dólar influyó para la crisis económica, alrededor de 874 millones de dólares disminuyeron las importaciones en el país entre marzo y junio (Teleamazonas, 2016). Por esta razón, se considera que el año 2015 fue un año con poca actividad económica de acuerdo a lo evidenciado en los resultados de este estudio donde se expresa que existió poca producción económica en el sector industrial, sector más influyente de las fuentes de área. Además hay que tener en cuenta que Ecuador es un país en vías de desarrollo a comparación de Chile y España que se encuentran gestionando un desarrollo más avanzado.

Se realizó un diagrama de Pareto para el NO_x y el CO respectivamente con los datos que se muestran en las Tablas 11 y 12 en la sección de resultados y discusiones del presente estudio. El análisis de estos datos fue fundamental para identificar y proponer estrategias que ayuden a la disminución de emisiones de gases criterio. Es importante mencionar que el análisis bibliométrico se lo realizó sobre la base de los datos específicamente de la actividad económica referente al tráfico aéreo y almacenamiento, ya que las actividades económicas relacionadas con el uso de disolventes comerciales e industriales crecen anualmente en referencia con el crecimiento poblacional del país a evaluar. Por esta razón se han considerado los datos de tráfico aéreo y almacenamiento como relevante en la determinación de propuestas y estrategias para la disminución de emisiones de gases criterio con respecto a las fuentes de área. Para las propuestas y estrategias de disminución de gases criterio de fuentes de área se han tomado en cuenta aspectos como el

impacto ambiental que generan las emisiones de tráfico aéreo y almacenamiento que se detallan en la Tabla 4:

Tabla 4. Impactos ambientales de la actividad económica de tráfico aéreo y almacenamiento.

Impactos Ambientales	
<i>Ruido</i>	El impacto acústico es una de las principales afecciones sobre la población aledaña a aeropuertos.
<i>Calidad del Aire</i>	El impacto a la calidad del aire es uno de los más importantes, ya que representa un riesgo muy grande para la salud de la población en general.
<i>Impacto Paisajístico</i>	El impacto paisajístico es la modificación del espacio o entorno donde se desarrollan estas actividades aeronáuticas.
<i>Materias Primas (No Renovables)</i>	El impacto sobre las materias primas no renovables se lo evidencia a nivel mundial, ya que esta actividad demanda una gran cantidad de materias primas, como la construcción de aeronaves y el consumo de combustibles.
<i>Uso del espacio</i>	El impacto al uso de espacio es evidente ya que la construcción de aeropuertos demanda gran cantidad de metros cuadrados para su infraestructura y operaciones.

(Alonso, 2012).

Partiendo de los impactos ambientales que generan esta actividad se ha propuesto estrategias para la disminución de emisiones anuales de gases criterio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3. RESULTADOS Y DISCUCIONES

3.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA CANTIDAD DE EMISIONES ANUALES POR USO DE DISOLVENTES.

Dentro de la contabilización de fuentes de área, se encuentran las emisiones por el uso de los distintos productos clasificados como disolventes por uso comercial e industrial, también tomando en cuenta aquellas emisiones generadas como consecuencia del tráfico aéreo dentro del país (ciclos LTO). Como se menciona en la metodología del presente estudio, las emisiones por uso de disolventes son calculadas a partir de la cantidad de población habitante y de los PIB's per cápita tanto de México del 2004 como los del Ecuador del año 2000 al 2018, por lo que se podrá observar un crecimiento anual homogéneo. Se lo clasificó por sus respectivos contaminantes (COV's – COT), en las siguientes figuras se expresa las emisiones por uso de disolventes doméstico y comercial.

3.1.1. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV'S).

La Figura 2 muestra el crecimiento homogéneo que tienen las emisiones de COV's por uso de disolventes, dentro de esta clasificación existe lo mencionado en la metodología, la clasificación por uso comercial y por uso industrial del mismo contaminante. Se puede identificar que después de un largo crecimiento homogéneo desde el año 2000 hasta el año 2014, hubo un decrecimiento de las emisiones en el año 2015, seguido del año 2016 y finalmente la curva empieza a volver a crecer en los años 2017 y 2018. Partiendo de esta información se piensa que debido a la crisis económica del 2015 existió una baja producción económica a nivel nacional que ocasionó la variación de la curva de las emisiones por tonelada de COV's.

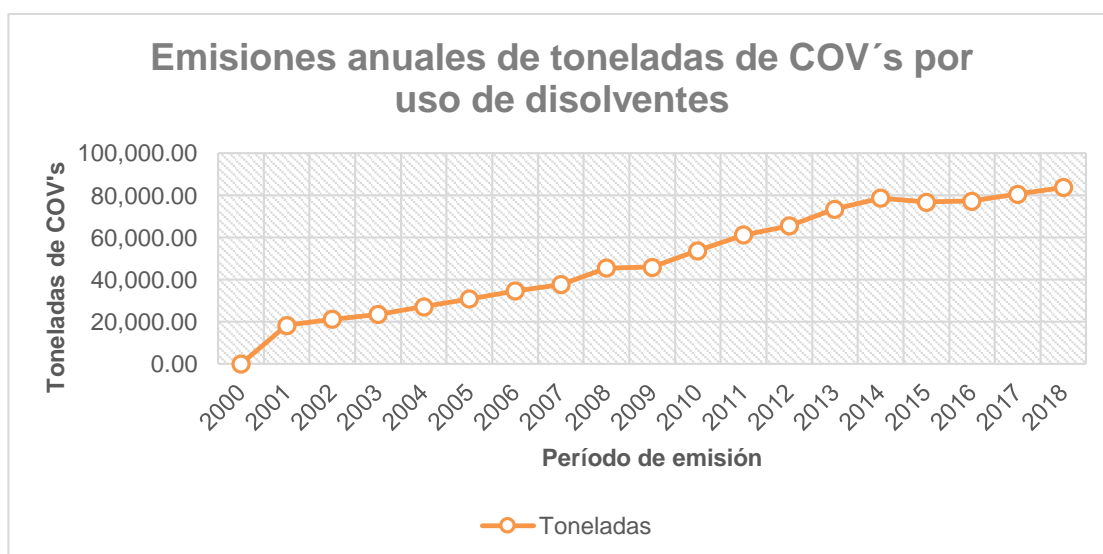


Figura 2. Emisiones anuales de toneladas de COV's por uso de disolventes.

3.1.2. CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT).

La Figura 3 muestra las emisiones de Carbón Orgánico Total (COT) desde el año 2000 hasta el año 2018, que presenta un crecimiento de igual manera homogéneo, principalmente está dado por el crecimiento anual de la población habitante, ya que el cálculo parte del producto entre los factores de emisión y la población total. Los censos realizados en el 2000 y 2010 fueron base para el cálculo, ya que se utilizaron también las proyecciones de los mismos censos. También se pudo identificar que en los años 2015 y 2016 las emisiones presentan un decrecimiento que al igual que la Figura 2, no altera de forma significativa el crecimiento homogéneo de las mismas emisiones.

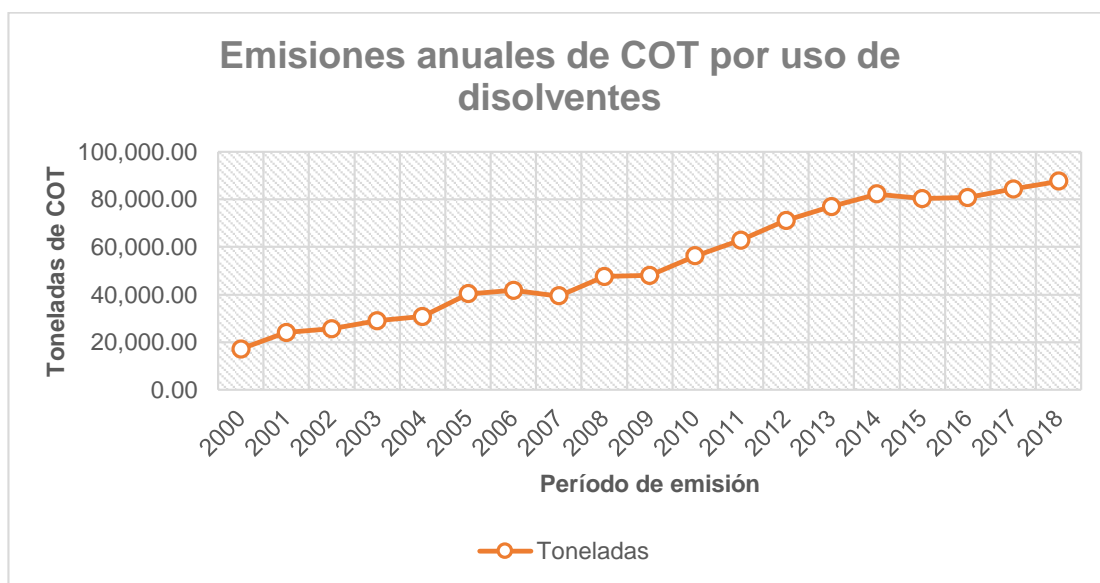


Figura 3. Emisiones anuales de toneladas de COT por uso de disolventes.

Los datos presentados anteriormente tienen una veracidad enganchada a los datos de los PIB's per cápita que fueron aportados por el Banco Central del Ecuador; así mismo a las proyecciones de población según los censos e información aportada por el INEC. Se puede evidenciar que los crecimientos homogéneos que tienen las emisiones tanto de COT como de COV's son un reflejo del consumo de los distintos productos que son clasificados como disolventes (pinturas automotrices, pesticidas, aerosoles, etc.), los cuales se mencionan en la metodología del presente estudio. En relación a esto se puede definir que la curva de crecimiento que tienen estas emisiones va a seguir creciendo conforme la población ecuatoriana siga su crecimiento exponencial. Es importante mencionar que estas distintas actividades económicas forman parte de la contribución económica del Producto Interno Bruto del sistema económico del país.

3.2. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA CANTIDAD DE EMISIONES ANUALES POR TRÁFICO AÉREO.

3.2.1. ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x).

Por otro lado, las emisiones por tráfico aéreo se realizaron en base a la información aportada por la Dirección General de Aviación Civil (DAC), sobre los datos acerca de los despegues y aterrizajes (ciclos LTO) de veintidós aeropuertos a nivel nacional dentro de los cuales los factores de emisión de los distintos gases criterio y de los tipos de aeronave que se analizaron fueron de gran importancia para el mismo cálculo, al igual que el consumo de combustible que utiliza cada tipo de motor. A continuación, se presenta la Figura 4 que muestra las emisiones de toneladas de NO_x por tráfico aéreo.

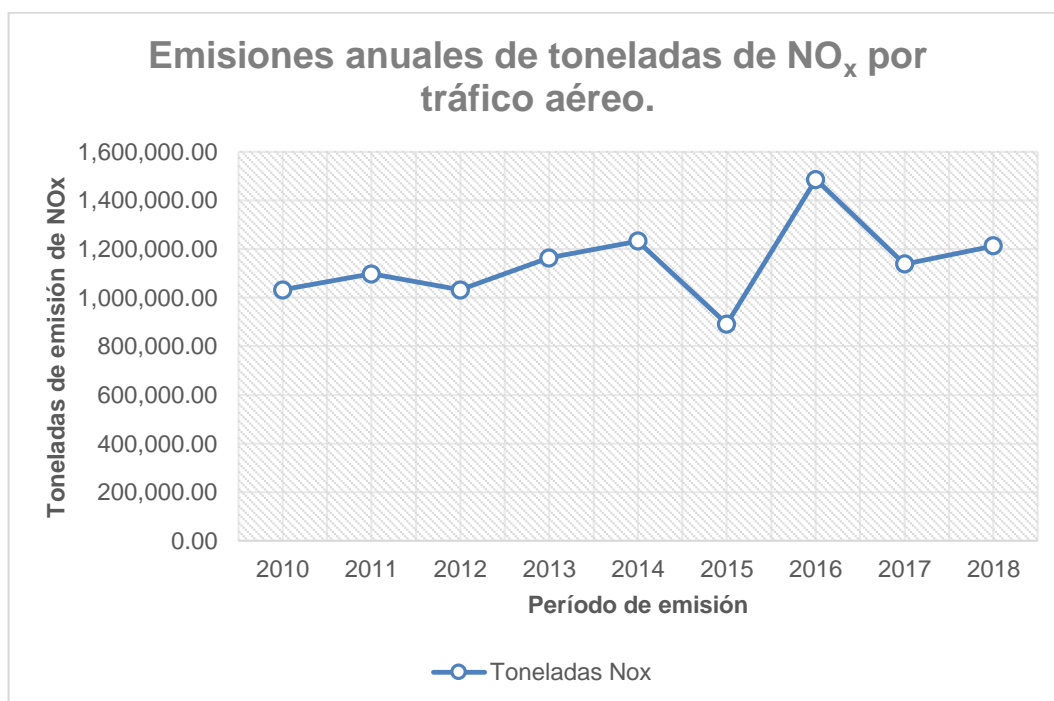


Figura 4. Emisiones anuales de toneladas de NO_x por tráfico aéreo.

La anterior figura representa las emisiones anuales de toneladas de NO_x (Óxidos de Nitrógeno), las cuales varían según su actividad (ciclos LTO) dentro de los veintidós aeropuertos de los que se recaudó la información anual respectiva para posteriormente relacionarlos con los factores de emisión y el combustible según el tipo de aeronave y de motor; como se explica en la metodología del presente trabajo. Su análisis empieza en el año 2010 con una cantidad de emisiones de 1, 031,639.49 toneladas de NO_x, los siguientes años se evidencia un crecimiento gradual hasta el año 2015, año en el cual se presentó una crisis económica en el país, además esto puede ser debido a la poca frecuencia de vuelos (ciclos LTO) que hubo en el año 2015. Sucede lo contrario con el año 2016 donde se disparan las emisiones a 1'486.468,62

toneladas de NO_x, siendo este año el de mayor actividad económica y de comercio, además de incrementar sus emisiones por encima de lo que anualmente se contaminaba.

Es importante mencionar que el factor de emisión del NO_x que presentan la mayoría de aeronaves es muy alto, como es el caso de las aeronaves tipo Airbus, aeronaves con mayor frecuencia de vuelos en el año 2016, como se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5. Factores de emisión de NO_x de aeronaves modelo Airbus.

Tipo de Aeronave	Consumo de combustible (Kg/LTO)	NO _x (Kg)	Ciclos LTO (Año 2016)
A319	688.8	8.73	25036
A320	873.3	9.01	13452
A343	2019.9	34.81	3028
A346	3373	64.7	1233

Se estima que por esta razón el año 2016 presenta una cantidad de emisiones de NO_x por encima de los demás gases criterio analizados, ya que debido a la cantidad de frecuencias de vuelos (ciclos LTO), al consumo de combustible y al factor de emisión, las emisiones de NO_x tienden a ser mayores en referencia con las emisiones de los demás gases criterio. En un reciente estudio de la Universidad Politécnica Nacional, se determinó que la concentración de partes por millón (ppm) del monóxido de carbono (CO) se incrementa un 10% cada 500 msnm, en el caso de los óxidos de nitrógeno (NO_x) crece un 35% cada 500 msnm (Caiza, P. & Portilla, A., 2010).

3.2.2. MONÓXIDO DE CARBONO (CO).

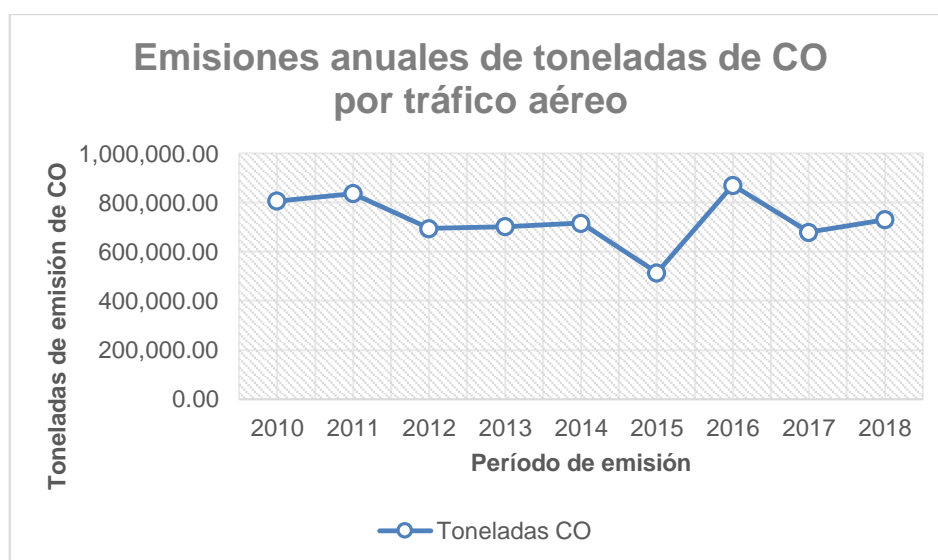


Figura 5. Emisiones anuales de toneladas de CO por tráfico aéreo.

Las emisiones de Monóxido de Carbono (CO) son presentadas en la Figura 5 donde se evidencia que la mayoría de las emisiones son generadas en los aeropuertos de las principales ciudades con mayor actividad productiva dentro del territorio ecuatoriano. El Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre en el Distrito Metropolitano de Quito y el Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo en Guayaquil son los que lideran la generación de emisiones, en este caso de monóxido de carbono, debido a que estos aeropuertos tienen mayor frecuencia de vuelos (ciclos LTO). Los aeropuertos del resto del país también aportan con la generación emisiones, a diferencia de que la mayoría de estos aeropuertos no son adecuados para aeronaves de gran tamaño que son las que tienden a emitir gran cantidad de toneladas de un contaminante.

El aeropuerto de las Islas Galápagos tiene sus restricciones en cuanto a la entrada de visitantes, que según El Telégrafo (2018) se han alcanzado los 245.000 visitantes por año en las islas. En la ley ecuatoriana de “régimen especial” toma a “los ecuatorianos continentales” a ser tratados como extranjeros dentro de las islas, por esta razón la generación de emisiones del aeropuerto de la Isla Baltra (que es la entrada principal al archipiélago) es de mínima cantidad, además de que es considerado como un aeropuerto ecológico.

En el análisis del monóxido de carbono se puede evidenciar que de igual manera con las emisiones anuales del NO_x, el año 2016 fue el año con mayor cantidad de toneladas emitidas por la frecuencia de vuelos internacionales y nacionales, el consumo de combustible y el factor de emisión de los modelos de aeronaves con mayor frecuencias de vuelos, como se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6. Factores de emisión de CO de aeronaves modelo Boeing.

Tipo de Aeronave	Consumo de combustible (Kg/LTO)	CO (Kg)	Ciclos LTO (Año 2016)
B742	3600	79.78	4
B744	3240	26.72	1146
B748	3240	25.3	126
B776	2562.8	61.4	1

Las aeronaves modelo Boeing en este caso presentan un factor de emisión alto y un consumo de combustible promedio. Sin embargo, la frecuencia de vuelos de este modelo de aeronave no representa un aporte significativo para la cantidad de emisiones de este gas criterio, a pesar de que el año 2016 fue el de mayor emisión no supera la cantidad de emisiones por NO_x, pero sin embargo, las emisiones de CO por tráfico aéreo en el año 2016 llegan a las 870,154.50 toneladas de CO.

3.2.3. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV'S) POR TRÁFICO

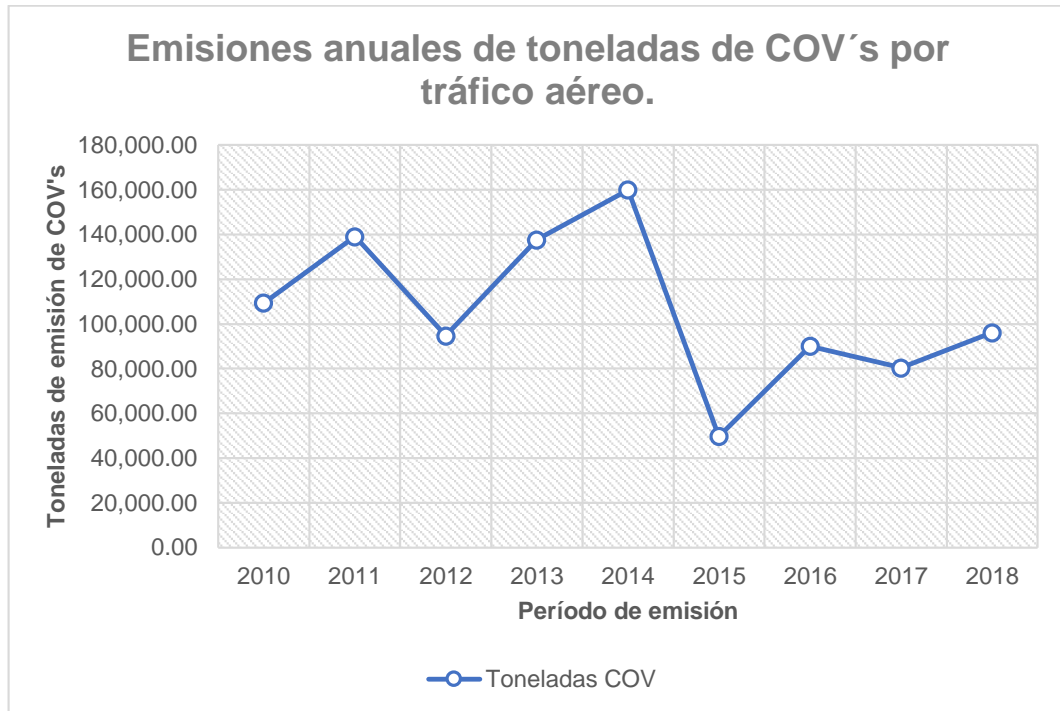


Figura 6. Emisiones anuales de toneladas de COV's por tráfico aéreo.

La Figura 6 muestra la cantidad de emisiones de COV's durante el período analizado, empezando su análisis en el año 2010 con un total de emisiones de 109,429.62 toneladas de COV's. Existen variaciones dentro del análisis de la cantidad de emisiones de COV's como se puede evidenciar en la Figura 6, estas variaciones se dan debido a la frecuencia anual de vuelos (ciclos LTO) y el factor de emisión de las aeronaves que cumplen los ciclos LTO anuales. La figura también hace referencia a un año en el cual se puede apreciar una actividad aérea (ciclos LTO) significativa con respecto a los demás años, en el 2014 las emisiones de COV's fueron muy altas, el registro muestra que es el año con más emisiones de COV's, donde estas emisiones alcanzan las 159.986,97.toneladas de COV's.

Los compuestos orgánicos volátiles (COV's) también están dentro de los gases criterio que fueron analizados, los factores de emisión y la frecuencia de vuelos son de gran importancia para el respectivo cálculo, la mayoría de estos dependiendo el tipo de aeronave y de su motor tienen variaciones que determinan la cantidad de emisiones que genera cada aeronave, como se ve reflejado en la Tabla 7:

Tabla 7. Factores de emisión de COV's de aeronaves modelo Fokker y Boeing.

Tipo de Aeronave	Consumo de combustible (Kg/LTO)	COV (Kg)	Ciclos LTO (Año 2016)
B742	3600	16.41	1
B747	3240	43.6	475
B748	3240	43.6	225
F28	670	49.3	1

3.2.4. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂).

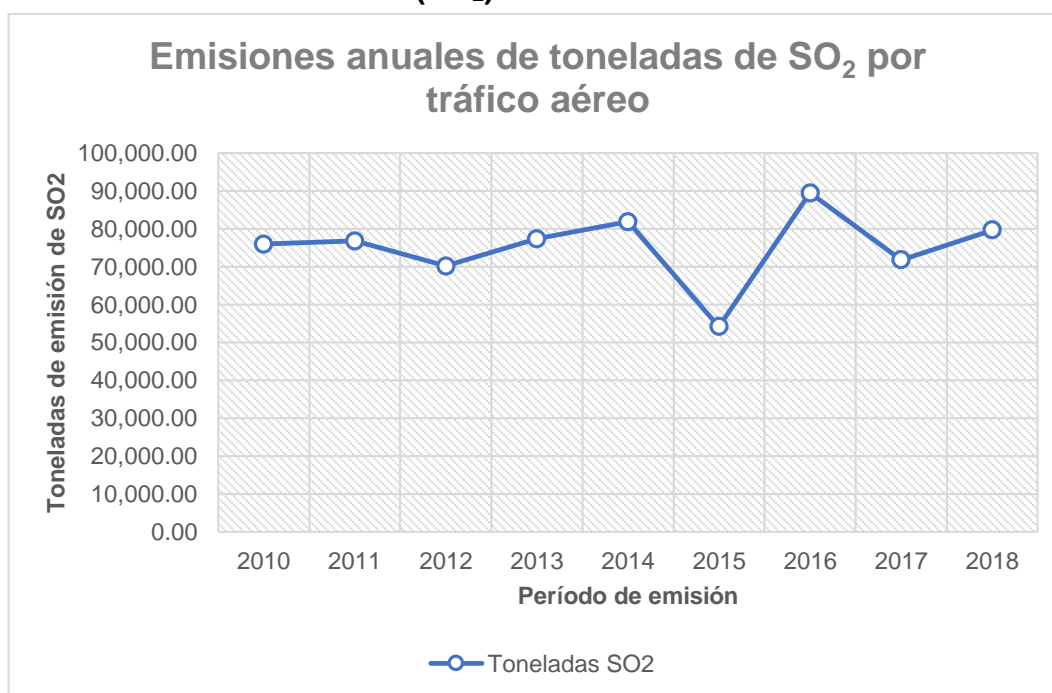


Figura 7. Emisiones anuales de toneladas de SO₂ por tráfico aéreo.

El análisis de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) parte desde en el año 2010 con un total de emisiones de 75,956.64 toneladas de SO₂, al igual que los demás análisis de la cantidad de emisiones, desde el 2010 en adelante el dióxido de carbono presenta una variación en sus datos anuales con una disminución de emisiones en el año 2015 de un total de 54,221.89 toneladas, esto debido a que el año 2015 refleja una caída productiva en la actividad económica del transporte aéreo y almacenamiento. Sin embargo, en el año 2016 las emisiones de SO₂ alcanzan las 89,439.09 toneladas. Se piensa que las elevadas emisiones de SO₂ en el 2016 se debe a la poca actividad del transporte aéreo y almacenamiento que hubo en el 2015, para así buscar la estabilidad económica dentro esta actividad, aumentando la frecuencia de vuelos anuales y el número de pasajeros.

Es importante mencionar que específicamente con el SO₂ los factores de emisión no son elevados como se muestra en el Anexo 8 del presente estudio.

Esto quiere decir que el factor de emisión no fue influyente en el resultado del cálculo de emisiones de SO₂. Sin embargo, la frecuencia de vuelos nacionales e internacionales (ciclos LTO) y el combustible de cada modelo de aeronave fueron determinantes para obtener los resultados finales de la cantidad de emisiones de SO₂.

3.2.5. MATERIAL PARTICULADO (PM₁₀ Y PM_{2,5}).

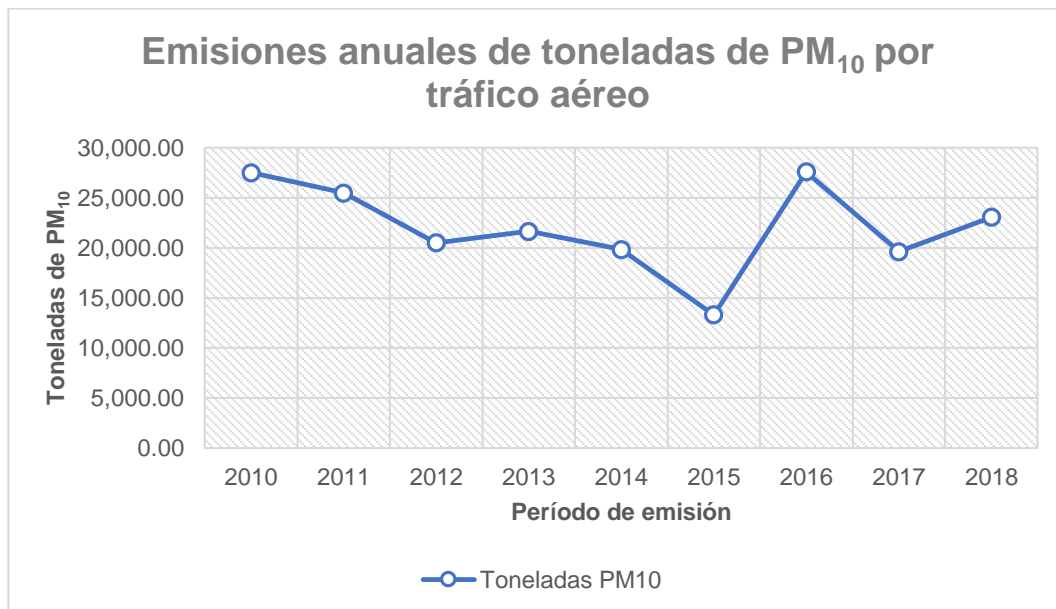


Figura 8. Emisiones anuales de toneladas de PM₁₀ por tráfico aéreo.

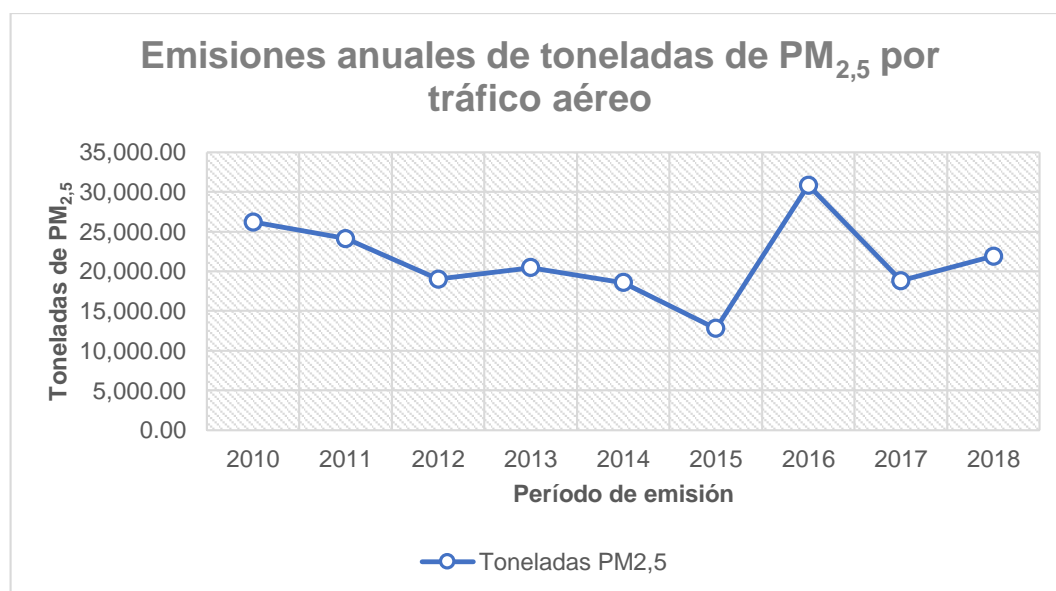


Figura 9. Emisiones anuales de toneladas de PM_{2,5} por tráfico aéreo.

En la Figura 8 y Figura 9 se evidencian las emisiones anuales de material particulado PM₁₀ y PM_{2,5} respectivamente. El análisis del material particulado PM₁₀ comienza en el año 2010 con un total de 27,506.34 toneladas valor que a comparación con los datos de los demás gases criterio es mínimo.

Sin embargo, las emisiones desde el año 2010 fueron disminuyendo gradualmente hasta llegar a un total de 13,296.32 toneladas en el año 2015 para así mismo dispararse en el año 2016 donde alcanzaron un total de 27,596.39 toneladas superando al total del año 2010.

Por otro lado, el análisis del PM_{2,5} empieza de igual manera en el año 2010 con un total de 24,122.23 toneladas, en la Figura 9 se evidencia una disminución de emisiones igual que con el PM₁₀ a diferencia de que en el año 2016 las emisiones se disparan con un total de 30,822.61 toneladas de PM_{2,5}. Está claro que para el PM₁₀ y el PM_{2,5} la cantidad de emisiones anuales es la misma. Sin embargo, según lo evidenciado en la Figura 8 y la Figura 9 se piensa que las emisiones de material particulado alcanzan en un año un tope de emisiones y posteriormente disminuye la cantidad de sus emisiones, esto puede ser debido a que sus factores de emisión son muy bajos como se muestra en el Anexo 8 de este trabajo. Se puede evidenciar además, que la frecuencia de vuelos anuales es muy influyente dentro de estas emisiones, ya que si aumentan las frecuencias de vuelos y número de pasajeros las emisiones serán elevadas como en el caso de los años 2010 y 2016

3.3. DETERMINACIÓN DEL SECTOR ECONÓMICO CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTE DE ACTIVIDADES QUE INVOLUCRAN A DISOLVENTES Y TRÁFICO AÉREO.

3.3.1. DETERMINACIÓN DEL SECTOR ECONÓMICO CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES DE GASES CRITERIO.

La determinación del sector económico se presentará dentro de esta sección de resultados pero es importante mencionar que para llegar a conocer dicho objetivo se realizó una clasificación de todas las actividades económicas vinculadas a las fuentes de área como se explicó anteriormente en la sección de metodología. La clasificación consiste en determinar las actividades económicas que involucran al uso de disolventes y a las emisiones provenientes del tráfico aéreo.

En la Tabla 13 se muestra la clasificación de los sectores económicos ya conocidos que son: industrias, hogares y gobiernos, donde también se muestran las actividades económicas; esta tabla está arraigada con la “Clasificación Nacional de Actividades Económicas” (INEC, 2012).

Tabla 8. Clasificación de sectores económicos según el CIIU nacional.

Industrias					
A	E	F	G	H	R y S
Agricultura y pesca	Gestión de desechos y actividades de saneamiento	Construcción	Comercio	Trasporte aéreo y almacenamiento	Resto de Industrias

La Tabla 8 muestra la clasificación de los sectores económicos, y las actividades económicas que forman parte de las industrias, se las clasificó según sus siglas CIIU. Esta clasificación expresa únicamente las actividades económicas que son provenientes del uso de disolventes (actividades económicas: A, E, F, G, R y S) y del tráfico aéreo (actividad económica: H). Por otro lado, están los sectores económicos que se dividen en industrias, hogares y gobiernos; es importante aclarar que los hogares y gobiernos no tienen una clasificación como es el caso de las industrias que si fue necesaria su respectiva clasificación.

La clasificación presentada anteriormente fue de vital importancia para la determinación del sector económico con mayor producción a diferencia de los demás, para ello se realizó una cuantificación del total de emisiones provenientes del uso de disolventes y del tráfico aéreo, ya que al querer determinar qué sector económico es el que mayor aporte a la producción económica nacional tiene es el que más emisiones emite, en otras palabras el sector que más emisiones emite es el que más aporta a la producción económica.

En la Tabla 9 se expresan los datos obtenidos del total de emisiones provenientes del uso de disolventes y del tráfico aéreo.

Tabla 9. Sector económico con mayor aporte a la producción económica.

Industrias						
	A	E	F	G	H	R y S
	Agricultura y pesca	Gestión de desechos y actividades de saneamiento	Construcción	Comercio	Trasporte aéreo y almacenamiento	Resto de Industrias
Total de emisiones	330,455.12	363,300.22	398,184.39	628,839.28	18,863,171.96	252,628.15

Los datos expresados en la Tabla 9 demuestran el total de emisiones de cada una de las actividades que se clasificaron anteriormente, estas actividades económicas pertenecen únicamente al sector industrial, ya que los sectores de hogares y gobiernos no tienen emisiones dentro de las fuentes de área.

En la Figura 10 se utiliza un diagrama de Pareto donde se expresa el total de emisiones del sector industrial por cada actividad económica (agricultura, gestión de desechos, construcción, comercio, transporte aéreo y almacenamiento y el resto de industrias).

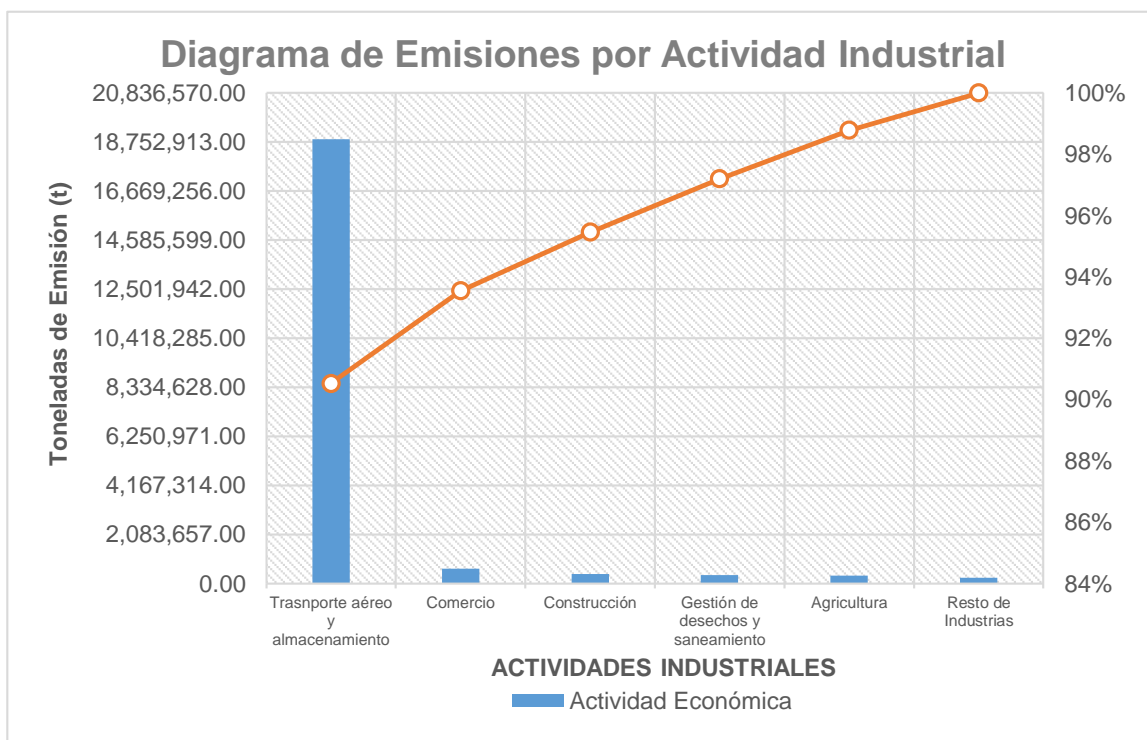


Figura 10. Diagrama de emisiones por actividad industrial.

Las emisiones de la actividad de transporte aéreo y almacenamiento constituyen al 90,53% del total de toneladas de emisiones como se evidencia en la Figura 10. Por encima de las demás actividades que forman parte de la emisión de disolventes (COT y COV) como la actividad de comercio, gestión de desechos, agricultura y el resto de industrias; las emisiones de esta actividad desde el año 2010 han sido las más influyentes para la contribución a la contaminación del aire por fuentes de área.

Es importante mencionar que el cálculo de emisiones por uso de disolventes empieza en el año 2000 en adelante, en cambio el cálculo de emisiones por tráfico aéreo, datos que fueron proporcionados por la Dirección General de Aviación Civil (DAC) empieza a partir del año 2010 en adelante. Sin embargo, la actividad con mayor aporte a la producción económica es la de transporte aéreo y almacenamiento donde se clasificaron las emisiones por tráfico aéreo con un total de 18'863.171,96 toneladas de todos los gases criterio en el periodo del 2010 – 2018.

3.3.2. DETERMINACIÓN DEL GAS CRITERIO CON MAYOR CONTRIBUCIÓN A LA CONTAMINACIÓN AL AIRE.

Para la determinación del gas criterio con mayor contribución a la contaminación atmosférica se realizó un análisis específico de cada actividad económica de las fuentes de área, lo que permitió a su vez clasificar los contaminantes criterio por años. Es importante mencionar que para la determinación del gas criterio más contaminante no se tomaron en cuenta las emisiones de los disolventes del 2000 al 2009, esto facilito el análisis de los diagramas de control y diagramas de Pareto, ya que no se contaba con los datos de emisiones de tráfico aéreo de estos años mencionados anteriormente (2000 – 2009).

Se utilizó la herramienta del diagrama de control que ayuda conocer el promedio de los datos expuestos, para determinar cuál de estos datos no se mantienen dentro de un rango de promedios equilibrado. Se clasificó a las emisiones (de disolventes y tráfico aéreo) de gases criterio (CO, NO_x, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, COT y COV's) desde el 2010 hasta el 2018, dando como resultado dos diagramas de control (diagrama de control de medias y diagrama de control de rangos) que se muestran a continuación:

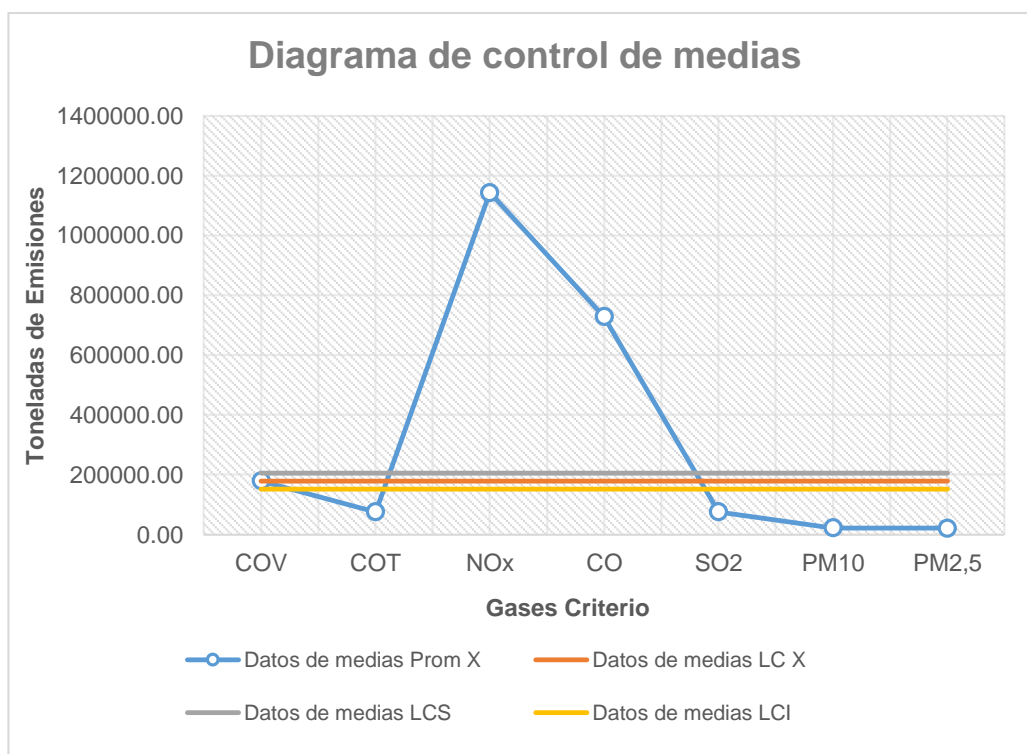


Figura 11. Diagrama de control de medias para la determinación del gas criterio con mayor contribución a la contaminación del aire.

La Figura 11 expresa el diagrama de control de medias sobre las toneladas de emisiones de cada gas donde se puede evidenciar las emisiones de NO_x

sobre pasa el promedio de emisiones con referencia a los límites de control: límite de control central, límite de control superior y límite de control inferior (LC x, LCS y LCI). El diagrama de control sirvió para dar seguimiento a los promedios de toneladas de emisiones de cada gas criterio. Se puede evidenciar que existen altas variaciones dentro de los promedios de la Figura 11 como el caso de CO, NO_x, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5} y COT que salen del rango de promedio establecido por el diagrama de control, esto es debido a que las toneladas de emisiones de estos gases tienden a ser muy altas y a la vez muy bajas. En el caso de los COV's son los únicos gases que se mantienen dentro de promedios, el COT, el SO₂ y el material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) tienen bajas cantidades de toneladas de emisiones según el rango de promedios. Ahora bien, el CO y los NO_x sobrepasan exageradamente el rango de promedios, estos puntos críticos se deben a que existe gran emisión de estos gases colocando al NO_x como el gas con mayor contribución a la contaminación al aire.

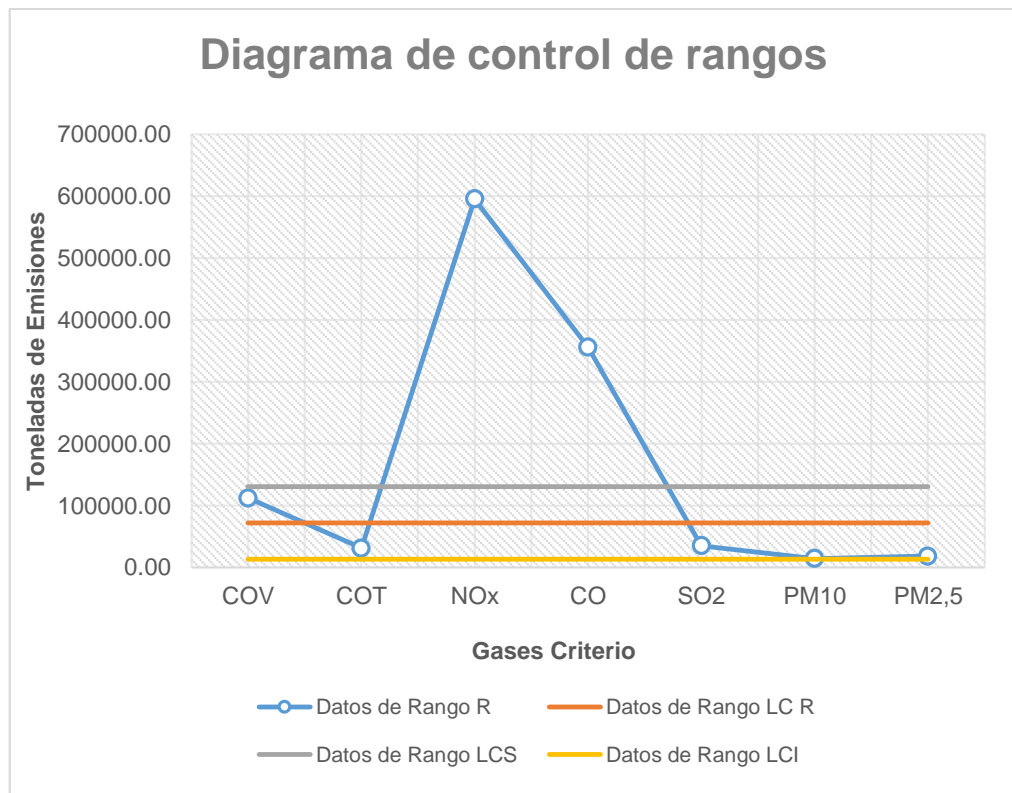


Figura 12. Diagrama de control de rangos para la determinación del gas criterio con mayor contribución a la contaminación del aire.

La Figura 12 expresa el diagrama de control de rangos y la interpretación es distinta, ya que este diagrama expresa la variabilidad de las toneladas emitidas, colocando al NO_x como el gas más contaminante seguido por el CO. Los límites de control de rangos, límite central de rangos, límite de control superior y límite de control inferior rangos (LC R, LCS LCI) nos muestran que los gases criterio dentro del promedio de rangos fueron los COV's, COT, SO₂,

PM₁₀ y PM_{2,5}. Mientras que por otro lado los gases CO y NO_x se encuentran fuera de los promedios de rango, esto debido a la variabilidad que tienen los totales de emisiones de cada gas, además de estar vinculados directamente con el valor de los factores de emisión que se ocupó para cada gas criterio.

En segundo lugar, con la ayuda de la herramienta del diagrama de Pareto que ayuda agrupar datos en este caso de emisiones por cada gas para determinar cuál de estos es el que mayor emisión tiene, se pudo determinar el gas criterio con mayor contribución a la contaminación del aire. En este caso, para no utilizar todos los años establecidos (2010 – 2018) se trabajó únicamente con los datos del año en que menos se emitió y el año en que más se emitió (2015 y 2016), como se muestra en la Figura 13 a continuación:

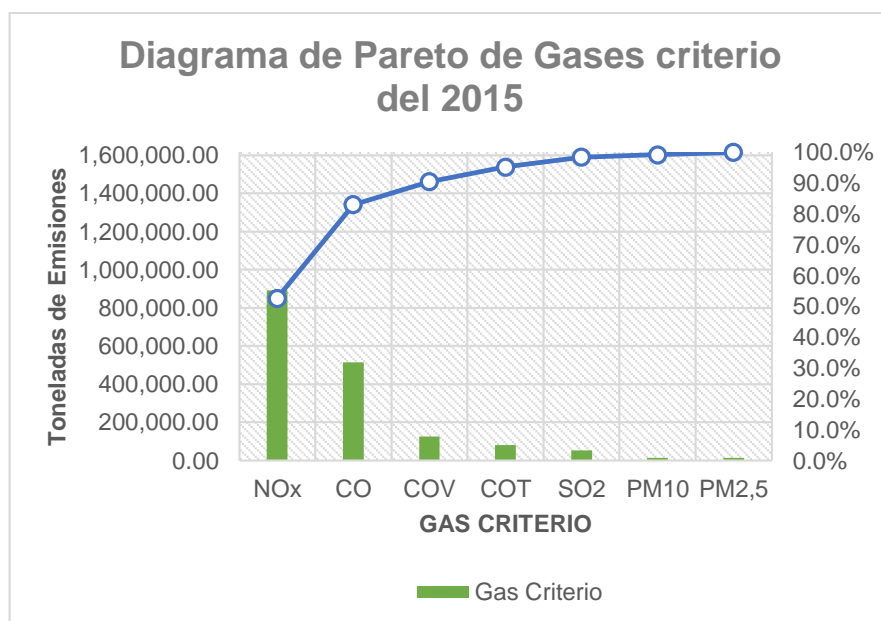


Figura 13. Diagrama de Pareto de gases criterio del 2015, para la determinación del gas criterio más contaminante.

La Figura 13 del diagrama de Pareto de gases criterio del 2015 expresa en porcentajes las toneladas emitidas en el año 2015, con un total de emisiones de todos los gases criterio contabilizados de 1,692,489.29 solo en el año 2015 siendo este el año con menor emisión. Esto colocó al NO_x como el gas con mayor contribución a la contaminación al aire alcanzando un total de 890.912,77 toneladas emitidas en 2015.

La Figura 14 del diagrama de Pareto expresa las toneladas emitidas de gases criterio en el año 2016, con un total de emisiones de todos los gases criterio contabilizados de 2, 752,639.00 toneladas siendo este el año con mayor contribución a las emisiones de gases criterio.

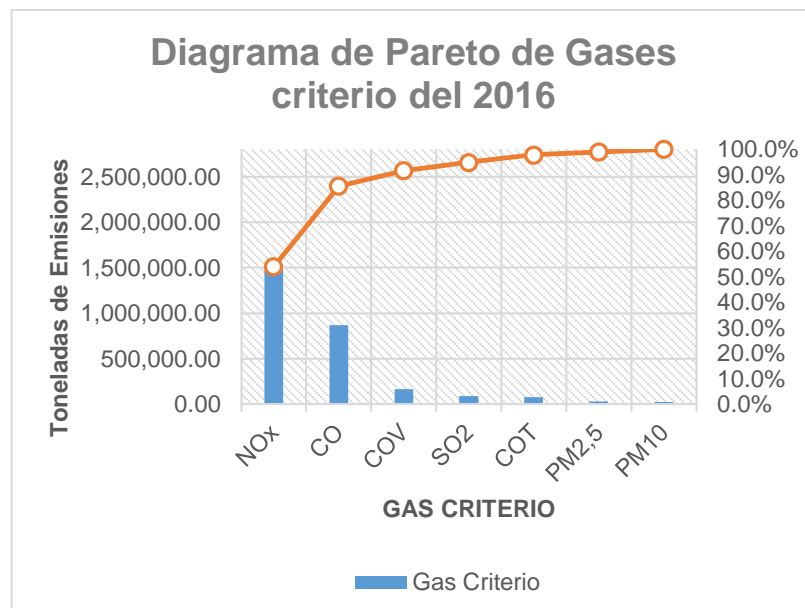


Figura 14. Diagrama de Pareto de gases criterio del 2016, para la determinación del gas criterio más contaminante.

En conclusión y habiendo utilizado de manera adecuada las herramientas para el análisis y determinación del gas criterio con mayor contribución a la contaminación atmosférica, se puede decir que el NO_x es el gas criterio más contaminante dentro de las emisiones de las fuentes de área del 2010 al 2018.

3.4. IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTES DE ACTIVIDADES QUE INVOLUCRAN A DISOLVENTES Y TRÁFICO AÉREO.

La identificación y propuesta de estrategias para la disminución de emisiones de gases criterio se la llevo a cabo mediante un análisis bibliométrico, es decir una investigación de datos de emisiones referentes a las fuentes de área pertenecientes a otros países. Esta investigación se realizó con el objetivo final de comparar los datos resultantes de esta cuenta económica ambiental de emisiones al aire de fuentes de área con los datos de inventarios o datos referentes de otros países para analizar la comparación entre datos. Se toman en cuenta los datos de estadística de transporte aéreo que se encuentran en el Sistema General de la Comunidad Andina (2019) sobre el número de vuelos internacionales registrados de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, así mismo la cantidad de ciclos LTO (aterrizaje y despegue) dentro de la Comunidad Andina, como se muestra en las Tablas 10, 11, 12, 13, 14 y 15:

Tabla 10. Clasificación de N° de vuelos de la CAN 2014.

2014

<i>País</i>	<i>Total Ene-Dic</i>
Colombia	93,715
Ecuador	33,398
Perú	60,064
Bolivia	17,632

(Sistema General de la Comunidad Andina, 2019)

Tabla 11. Clasificación de N° de vuelos de la CAN 2015.

2015

<i>País</i>	<i>Total Ene-Dic</i>
Colombia	102,396
Ecuador	32,787
Perú	62,887
Bolivia	18,187

(Sistema General de la Comunidad Andina, 2019)

Tabla 12. Clasificación de N° de vuelos de la CAN 2016

2016

<i>País</i>	<i>Total Ene-Dic</i>
Colombia	106,147
Ecuador	33,387
Perú	66,556
Bolivia	15,904

(Sistema General de la Comunidad Andina, 2019)

Tabla 13. Clasificación de ciclos LTO de vuelos de la CAN 2014

2014

<i>País</i>	<i>Aterrizajes</i>	<i>Despegues</i>	<i>Total Ciclo LTO</i>
Colombia	46,871	46,844	93,715
Perú	30,090	29,974	60,064
Ecuador	16,277	17,121	33,398
Bolivia	8,813	8,819	17,632

(Sistema General de la Comunidad Andina, 2019)

Tabla 14. Clasificación de ciclos LTO de vuelos de la CAN 2015.

2015

<i>País</i>	<i>Aterrizajes</i>	<i>Despegues</i>	<i>Total Ciclo LTO</i>
Colombia	51,228	51,168	102,396
Perú	31,449	31,438	62,887
Ecuador	16,164	16,623	32,787
Bolivia	9,094	9,093	18,187

(Sistema General de la Comunidad Andina, 2019)

Tabla 15. Clasificación de ciclos LTO de vuelos de la CAN 2016

2016			
<i>País</i>	<i>Aterrizajes</i>	<i>Despegues</i>	<i>Total Ciclo LTO</i>
Colombia	53,057	53,090	106,147
Perú	33,282	33,274	66,556
Ecuador	16,708	16,679	33,387
Bolivia	7,951	7,953	15,904

(Sistema General de la Comunidad Andina, 2019)

Se realizó un diagrama de Pareto, como se menciona en la metodología del presente estudio, para cada clasificación correspondiente, a continuación las Figura 15, 16 y 17 muestra la cantidad de vuelos internacionales de países de la comunidad andina de los años 2014, 2015 y 2016:

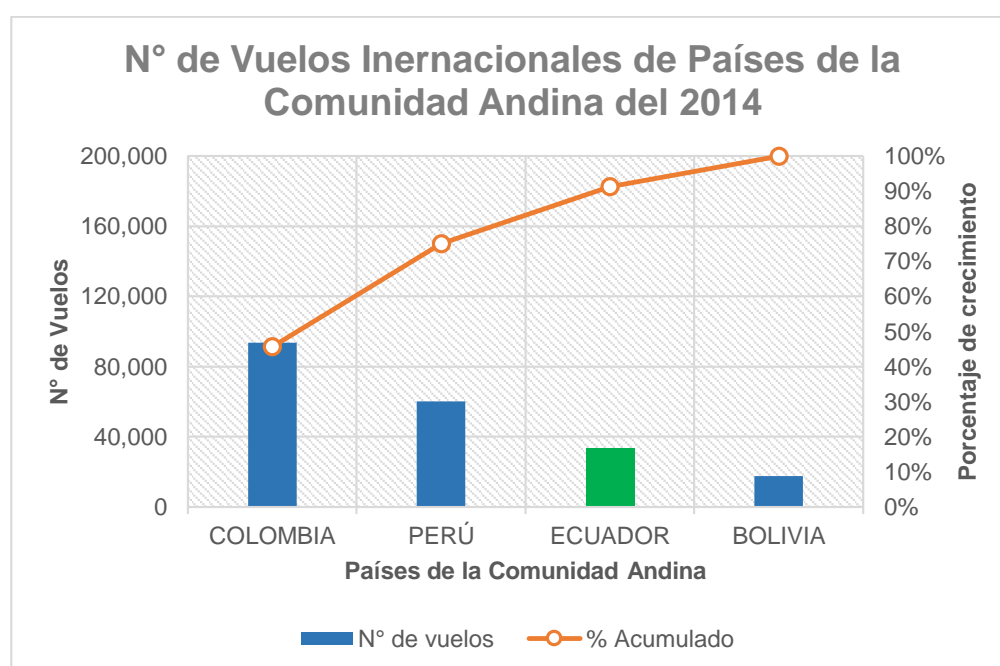


Figura 15. Número de Vuelos Internacionales de países de la Comunidad Andina 2014.

La Figura 15 expresa la cantidad de vuelos internacionales de Colombia, Perú, Ecuador y Bolivia. Es posible evidenciar que Colombia es el país que más vuelos internacionales tiene en el año 2014 por encima de Perú, Ecuador y Bolivia que es el país que menos vuelos registra. Ecuador es el tercer país de la CAN con una cantidad de vuelos internacionales de 33,398 en el año 2014.

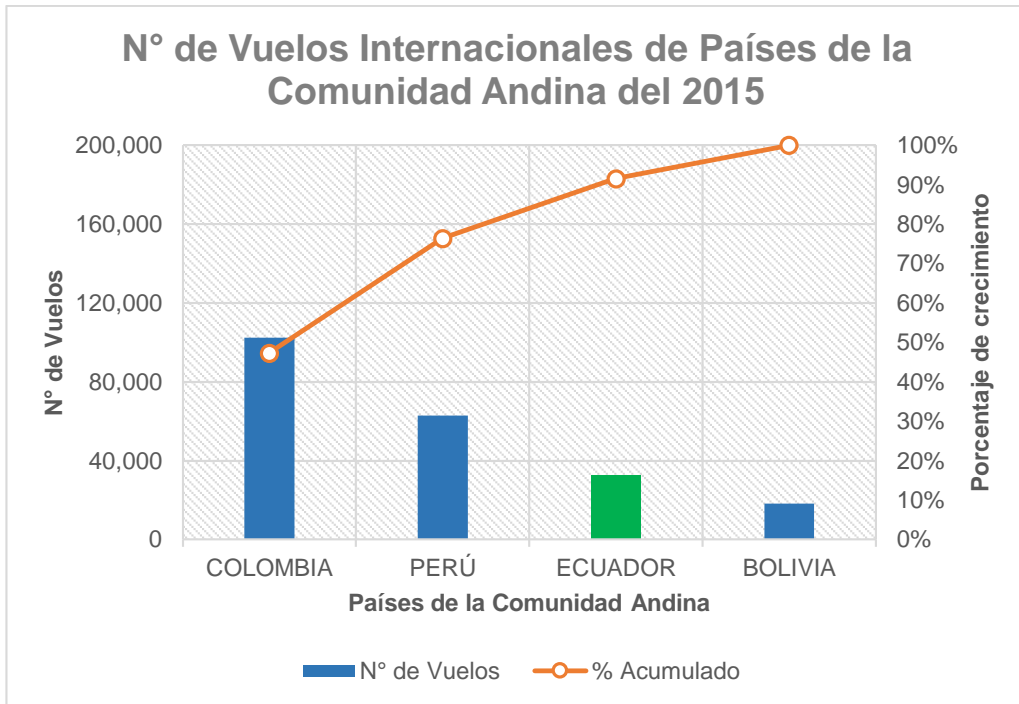


Figura 16. Número de Vuelos Internacionales de países de la Comunidad Andina 2015.

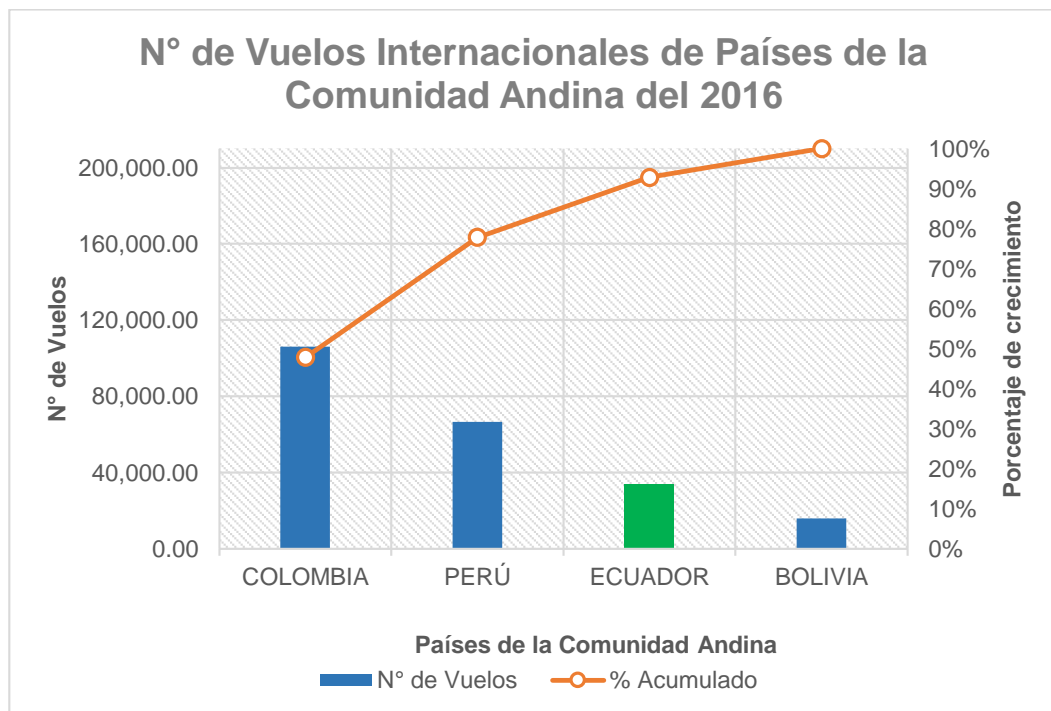


Figura 17. Número de Vuelos Internacionales de países de la Comunidad Andina 2016.

Se evidenció la misma dinámica de datos con respecto las Figuras 16 y 17 con la diferencia de que en el año 2015 Ecuador baja su cantidad de vuelos a 32,787, año en el que se identificó una disminución en los resultados de emisiones de este presente estudio. Así mismo se realizaron los respectivos diagramas de Pareto para determinar el análisis de la cantidad de ciclos LTO

(aterrizaje y despegue) de los países antes ya descritos de los años 2014, 2015 y 2016, como se muestran en las Figuras 18, 19 y 20 a continuación:

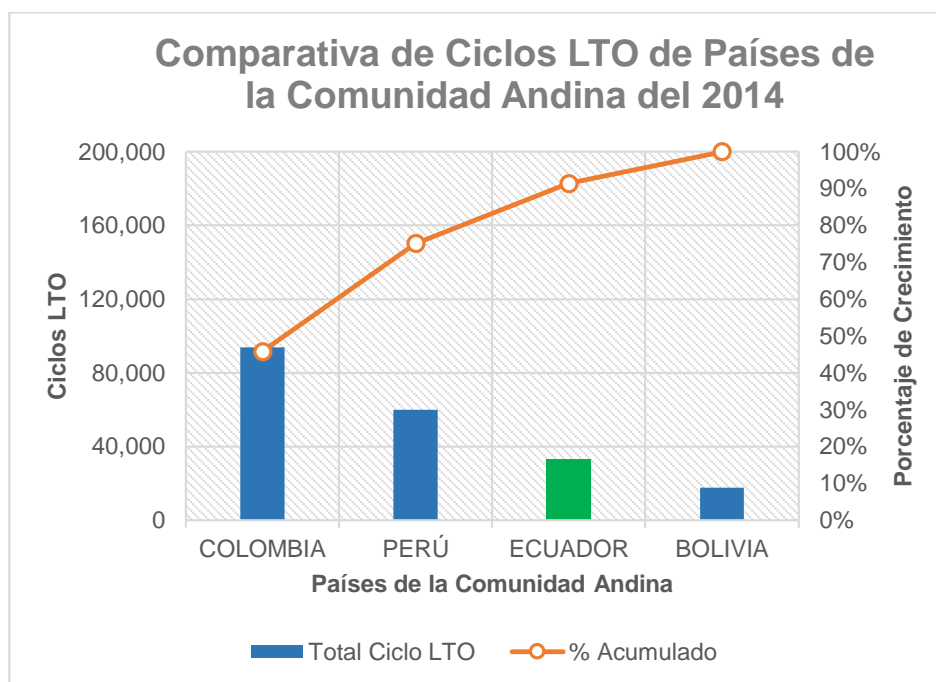


Figura 18. Comparativa de Ciclos LTO de países de la CAN 2014.

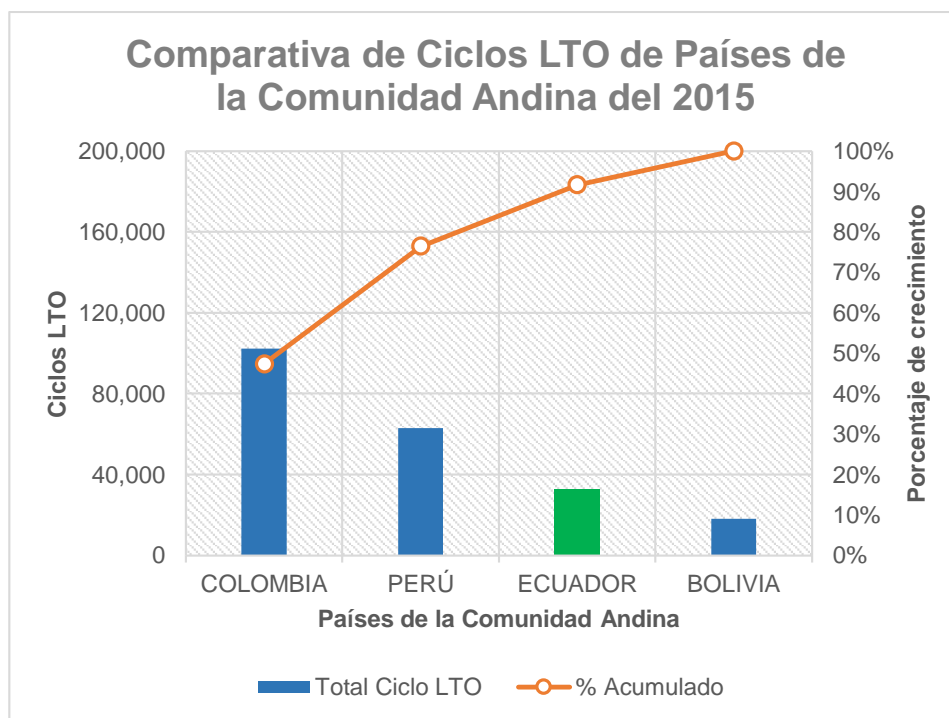


Figura 19. Comparativa de Ciclos LTO de países de la CAN 2015.

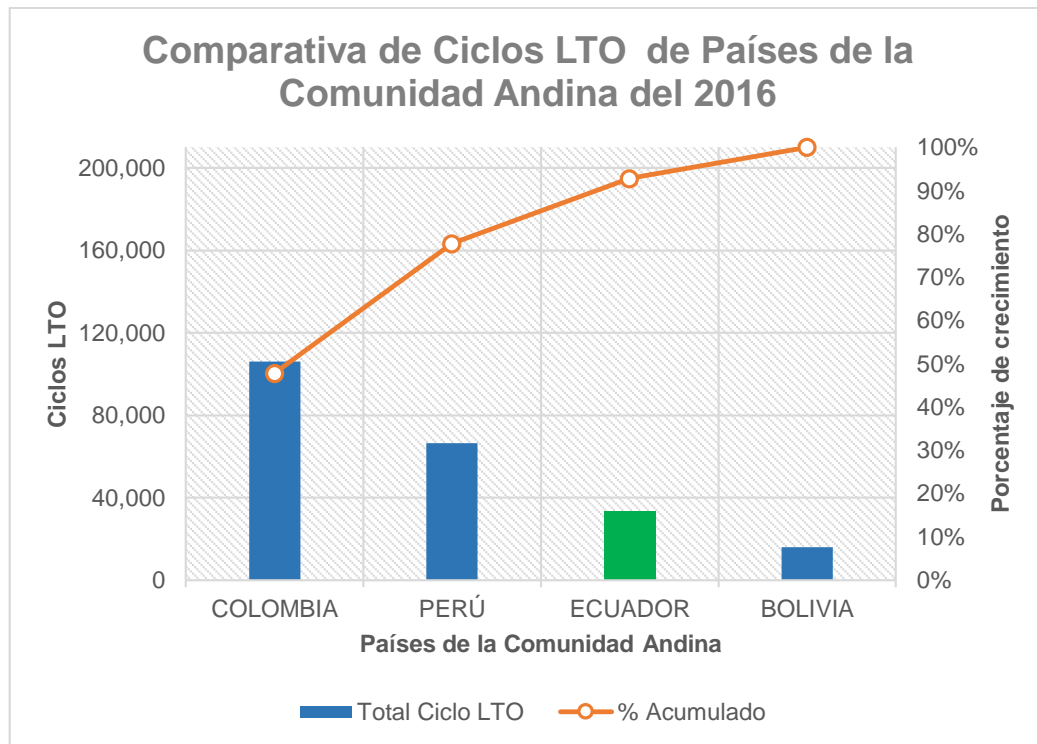


Figura 20. Comparativa de Ciclos LTO de países de la CAN 2016.

En la cantidad de ciclos LTO de Colombia, Perú, Ecuador y Bolivia se evidenció que la mayor cantidad de vuelos de la Comunidad Andina (aterrizajes y despegues) la tiene Colombia con totales que varían entre los 95.000 y 110.000 ciclos LTO. Por otro lado, Ecuador se mantiene en tercer lugar con respecto a la cantidad de ciclos LTO.

Es importante mencionar que los datos del SGCAN no revelan el total de vuelos y ciclos LTO para Ecuador, ya que solo se toman en cuenta los vuelos dentro de la CAN, es decir vuelos cuya trayectoria permanece dentro de los territorios de Colombia, Perú, Ecuador y Bolivia. Por ejemplo, los datos de la cantidad de ciclos LTO del año 2016 de Ecuador que registra el SGCAN son de 33.387 ciclos LTO cuando los datos proporcionados por la Dirección General de Aviación Civil (DAC) son de 71.359 ciclos LTO (aterrizaje y despegue). Esto quiere decir que la cantidad de ciclos LTO y vuelos que registra el Sistema General de la CAN sobre Ecuador son alrededor del 47% del total de datos de todos los vuelos y ciclos LTO internacionales y nacionales del Ecuador, teniendo en cuenta de que el año 2016 fue el año en el que más emisiones se produjo sobre todo con respecto al NO_x y el CO (Sistema General de la Comunidad Andina, 2019).

Por otro lado, los datos de toneladas de emisiones de CO y NO_x de España y Chile del año 2015 se utilizarán para representar una comparativa que permita un análisis más profundo sobre las emisiones de gases criterio, en este caso el NO_x y el CO. Los datos de España y Chile que se expresan en las Tablas

16 y 17, y se tomaron respectivamente de documentos bibliográficos pertinentes al estudio (Bustamante, 2018), (Urbaneja, 2015):

Tabla 16. Clasificación de las toneladas de CO de España, Chile y Ecuador del 2015.

2015				
	<i>Toneladas de CO</i>	<i>%</i>	<i>Acumulado</i>	<i>% Acumulado</i>
España	2,405,335	52%	2,405,335	52%
Chile	1,706,540	37%	2,919,779	63%
Ecuador	514,444	11%	4,626,319	100%
TOTAL	4,626,319	100.00%		

(Bustamante, 2018), (Urbaneja, 2015).

Tabla 17. Clasificación de las toneladas de NO_x de España, Chile, y Ecuador del 2015.

2015				
	<i>Toneladas de NO_x</i>	<i>%</i>	<i>Acumulado</i>	<i>% Acumulado</i>
España	3,978,259	63%	3,978,259	63%
Chile	1,418,790	14%	4,869,171	77%
Ecuador	890,912	23%	6,287,961	100%
TOTAL	6,287,961	100%		

(Bustamante, 2018), (Urbaneja, 2015)

Por último las Figuras 21 y 22 expresan la comparativa de toneladas de emisiones de CO y NO_x de España, Chile y Ecuador del año 2015. Los siguientes diagramas de Pareto evidencian la gran cantidad de emisiones de España, Chile y Ecuador de los gases más contaminantes y de los que más riesgo tienen en cuanto a la salud de la población.

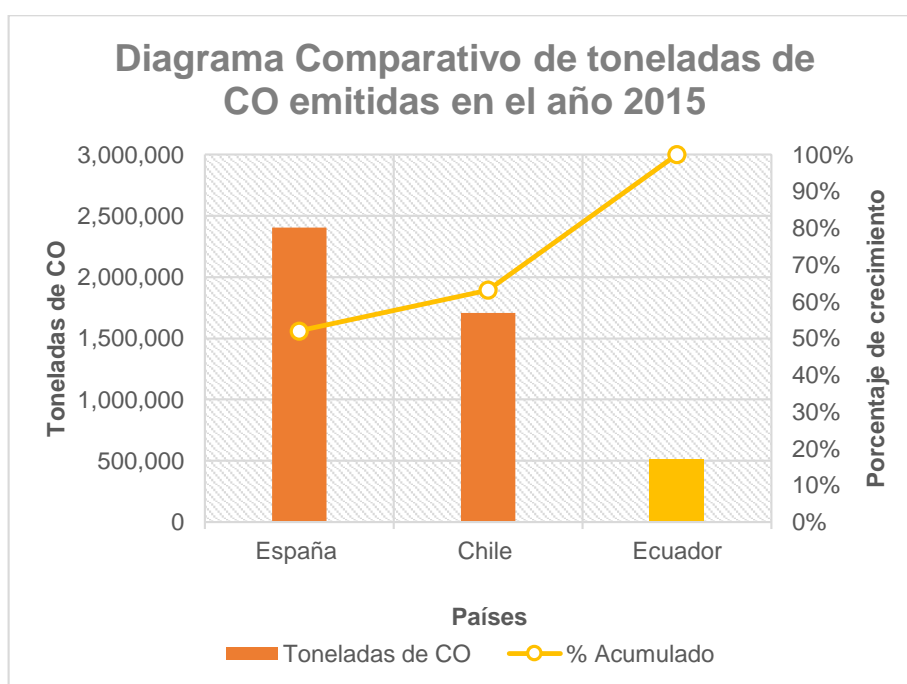


Figura 21. Diagrama Comparativo de toneladas de CO emitidas en el año 2015.

En la Figura 21 se evidencia las emisiones de toneladas de monóxido de carbono (CO) de España, Chile y Ecuador. Se puede identificar que España tiene la mayor cantidad de emisiones con respecto a Chile y Ecuador. Sin embargo, Chile siendo un país que se destaca con respecto al desarrollo a nivel de América Latina también es un país que contribuye a la contaminación al aire. Ecuador país en vías de desarrollo se mantiene por debajo de España y Chile, a pesar de ser el país que menos emite de estos tres registra una cantidad 514.444 toneladas de CO teniendo en cuenta además que el año 2015 fue en el que menos se emitió.

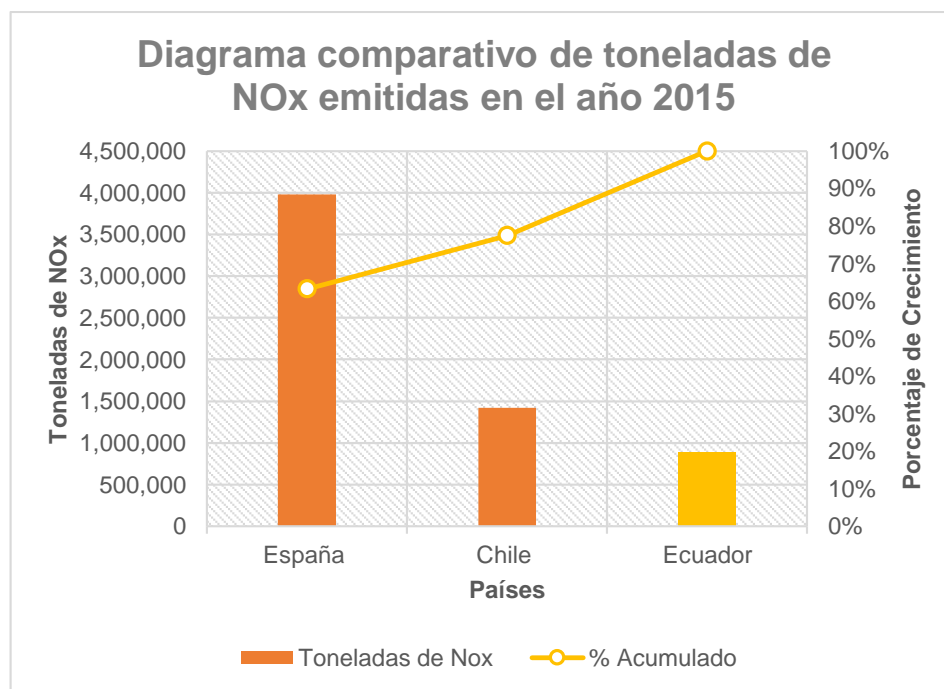


Figura 22. Diagrama comparativo de toneladas de NO_x emitidas en el año 2015.

El anterior diagrama expresado en la Figura 22 evidencia la cantidad de emisiones de NO_x de España, Chile y Ecuador. Se puede identificar así mismo que Ecuador aún se encuentra por debajo de la cantidad que registra Chile y España por la razón que el año 2015 el total de emisiones disminuyó de manera significativa. Hay que tener en cuenta de que en el año 2016 Ecuador presenta una cantidad de 1'486.468 toneladas de NO_x emitidas por encima de la cantidad que registra Chile en el año 2015. Es importante también tener en cuenta que las emisiones anuales van aumentando según la actividad económica siga creciendo o desarrollándose respectivamente en cada país.

La propuesta de estrategias se realizó sobre la base de los datos presentados anteriormente en el análisis bibliométrico teniendo en cuenta los impactos ambientales presentados en la Tabla 4.

3.4.1. 5 PROPUESTAS ESTRATÉGICAS PARA LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES DE GASES CRITERIO PROVENIENTES DE ACTIVIDADES QUE INVOLUCRAN AL TRÁFICO AÉREO Y DISOLVENTES.

Actualmente se tiene en referencia a la sostenibilidad en cada actividad que genere un impacto ambiental o produzca uno, la definición de sostenibilidad pues atiende a las necesidades del presente sin afectar la satisfacción de las necesidades de futuras generaciones. La sostenibilidad del transporte aéreo requiere el solvento de varios problemas que igualmente presentan otras actividades económicas (Alonso, 2012).

Dichos problemas para alcanzar un desarrollo sostenible forman parte de un ámbito político y de estrategias globales. Está claro que Ecuador a comparación de países como España, Chile, Colombia y Perú tiene sus niveles de emisiones más bajos, pero esto no quiere decir que puede contaminar más.

De acuerdo al Art. 86 de la Constitución Política de la República del Ecuador donde se establece que: *“El Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza”*; se deberán cumplir con las medidas de sostenibilidad respectivamente al sector económico referente.

A continuación, se presentan las propuestas de estrategias para la disminución de emisiones de gases criterio provenientes de fuentes de área:

1) Necesidad de políticas referentes al tráfico aéreo y almacenamiento.

La Organización de Aviación Civil Internacional, OACI (2019) presentó un documento sobre los avances de la aviación sostenible, donde se expresa la *“Norma sobre los motores de aviones”* una de las normas para la calidad ambiental de la OACI, que tienen que ver con el ruido de las aeronaves y sus emisiones de gases criterio (NO_x, CO, HC y Material Particulado) y gases efecto invernadero (CO₂). Es importante mencionar que la industria de la aviación civil es la única actividad económica a nivel mundial que tiene requisitos de certificación ambiental, esto quiere decir que cada aeronave debe requerir este certificado ambiental conforme con las normas de la OACI. Además, el documento también hace referencia a las *“Tendencias ambientales y sus perspectivas”*, que proponen publicaciones importantes donde se expresa la propuesta de aeropuertos ecológicos en áreas donde la energía renovable (eólica, solar) sea de fácil acceso. Es por estas razones que se piensa que es necesario apegarse a este tipo de

políticas referentes a la industria del transporte aéreo y almacenamiento. A continuación se presentan algunas normas y políticas de la OACI para alcanzar la aviación sostenible:

- La armonización de medidas referentes al tráfico aéreo y sus emisiones.
- Diseño ecológico de estructuras de aeropuertos.
- Norma sobre los motores de aviones para la reducción de emisiones.
- La propuesta de políticas estrictas referentes al uso del suelo y acuerdos de sostenibilidad antes de pasar a la parte operativa.
- El monitoreo de la red de transporte aéreo global.

Otras normas que se puede adoptar son:

- Norma ISO 14001, para la aplicación del sistema gestión ambiental.
- Norma ISO 9001, para la aplicación del sistema de gestión de calidad.
- Norma ISO 14064, para la verificación de niveles de gases de efecto invernadero emitidos.
- Norma ISO 50001, para la aplicación del sistema de gestión energético.

Las normas ISO mencionadas anteriormente pueden también ser utilizadas por las actividades económicas relacionadas con el uso de disolventes, ya que se piensa que estas normas ajustan a la industria en dirección a un desarrollo sostenible.

2) Medidas de buena relación con el medio ambiente (infraestructuras y estructuras multifuncionales, uso de tecnologías alternativas):

La industria del transporte aéreo se ha convertido en una de las más importantes a nivel mundial, ya que brindan un servicio de conexión con otros países (turismo) y ayudan a la exportación e importación de productos de país a país por vía aérea (comercio). Sin embargo, esta industria ha contribuido en gran parte a la degradación de la calidad del aire, por esta razón es importante que la actividad económica del transporte aéreo genere una sostenibilidad sobre todo con respecto a la calidad del aire, ya que no existe una tendencia hacia la sostenibilidad cuando se desasocia los efectos negativos al medio ambiente o sociedad con el crecimiento económico del país (Luengo, 2010).

La gestión ambiental y gestión de desechos son herramientas que permitirán la prevención de daños al medio ambiente por procesos defectuosos sobre todo en las etapas de pre construcción, de operación y post construcción de un aeropuerto. En la actualidad las opciones de construcción con estructuras e infraestructuras multifuncionales son consideradas una de las estrategias para disminuir las emisiones dentro de los aeropuertos, vinculada a la construcción sostenible de edificios para aeropuertos ecológicos (Luengo, 2010).

Por otro lado, el plan de acción nacional (SAICM) determinó 74 actividades económicas de las cuales 10 se las determinó como las que presentan mayor riesgo para salud de la población como es el caso de: la industria de refinería del petróleo, extracción de crudo, producción de dinamita, fundición de plomo, procesamiento de oro con mercurio, producción de ácido clorhídrico, producción de ácido sulfúrico y el curtido de cuero (SAICM, 2011). Las industrias de pinturas y resinas asociadas con la contaminación al aire por uso de disolventes también han contribuido en gran parte a la degradación de la calidad del aire. Es por esta razón que la industria de pinturas y resinas busca permanecer vigente y en prosperidad, ya que actualmente la búsqueda de la sostenibilidad en todos los sectores y actividades económicas es requisito. En un estudio reciente en Perú Riveros (2017) explica que los materiales de alta toxicidad, como los COV's que son altamente nocivos para la salud, y que son utilizados dentro de esta industria pueden ser remplazados, el tolueno y xileno se sustituirían por mezclas de dimetil carbonato e isobutil isobutirato que son sustancias que no tienen una alta toxicidad y además, son considerados solventes ecológicos.

3) Mejoras en conocimientos científicos con respecto a gases criterio:

El impacto ambiental de la calidad del aire juega un papel importante dentro de esta sección, ya que se requiere de una investigación más a fondo sobre los contaminantes evaluados en el presente estudio, sobre todo para mitigar impactos ambientales como:

- El cambio alternativo de consumo de combustibles fósiles a biocombustibles (Alonso, 2012).
- Utilización de otras fuentes de energía (solar, eléctrica o eólica) (Alonso, 2012)

4) Tecnologías emergentes con respecto al transporte aéreo:

Dentro del contexto económico la tecnología para mitigar el impacto ambiental ha ido creciendo y emergiendo nuevas tecnologías pero así mismo como fue creciendo su productividad creció su coste, por ello resulta un poco contraproducente proponer estrategias sobre la base de tecnologías limpias. Sin embargo, no deja de ser tentativa la idea de apoyar el desarrollo de estas tecnologías ya asentadas en la actividad de transporte aéreo como menciona la Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española (2019) tecnologías como:

- No utilizar materia prima no renovable.
- Tecnología para los motores de aeronaves.
- Estructuras multifuncionales para disminuir el consumo de combustible y peso de la aeronave.
- Procesos avanzados de fabricación de materiales reutilizables de bajo coste.
- Utilización de tecnologías renovables (eólica o solar).
- Utilización de Big Data para gestionar los sistemas de tráfico aéreo.

La empresa Airbus considerada una de las empresas más importantes dentro de la industria del transporte aéreo ha diseñado un modelo de aeronave llamado AlbatrossOneE (modelo inspirado en albatros una ave marina que puede viajar kilómetro de distancia sin necesidad de batir sus alas) el diseño de esta aeronave permitirá al avión desbloquear las puntas de sus alas para que exista un movimiento libre, además este diseño permite al avión reducir la resistencia aerodinámica, disminuir el efecto de las turbulencias, y crear aviones más ligeros para así disminuir el consumo de combustible de estas aeronaves (Nurton, 2020).

La empresa Airbus que es la que más fabrica aeronaves a nivel mundial y se ha puesto el objetivo de diseñar aviones que reduzcan el impacto ambiental presente, el modelo AlbatrossOne tiene una estructura de fibra de carbono y fibra de vidrio lo que permite un vuelo ligero reduciendo el consumo de combustible de la aeronave y por lo tanto también reduciendo las emisiones de gases criterio. La industria de aviación civil y aeronáutica ha logrado beneficios en los últimos 50 años, ya que ha disminuido las emisiones de CO₂ en un 80%, ha disminuido también las emisiones de NO_x en un 90% (Nurton, 2020).

5) Estrategias a nivel individual:

Partiendo desde una perspectiva a nivel personal, en esta sección se discutirá sobre las actividades y estrategias a las que se puede recurrir para disminuir las emisiones de gases criterio provenientes del tráfico aéreo y disolventes:

- Tomando en cuenta de que la renovación de flotas de aeronaves es lenta por parte de las aerolíneas, debido a que el período de vida útil de cada modelo de aeronave es bastante largo. Las oportunidades para acceder a tecnologías de ajuste retroactivo son escasas, por esta razón se piensa que la responsabilidad social juega un papel importante dentro de esta sección, ya que si se reducen la cantidad de vuelos anuales de manera familiar, personal, grupal, etc., ayudará a disminuir las emisiones de gases criterio. Al reducir las frecuencias de viajes disminuirá el consumo de combustible del avión lo que reducirá al mismo tiempo las emisiones de gases criterio (Rodríguez, A. & de la Cruz, M., 2018).
- Uso de tecnologías para sustituir al uso de COV's de la industria de pinturas. Por ejemplo el uso de pinturas fotocatalíticas, .que se consideran como pinturas verdes y pueden ser una alternativa para disminuir la cantidad de emisiones de COV's al aire (Riveros, 2017).
- Las emisiones por uso de disolventes son generadas principalmente por las personas que consumen los productos relacionados con la industria de pinturas y resinas, la industria de agricultura con pesticidas, la industria de comercio y la industria de la construcción, por esta razón se piensa que reduciendo el consumo de estos productos que emiten gases criterio, se reducirían las emisiones de los mismos, esto es debido a que el crecimiento poblacional de cada país está vinculado directamente con el consumo de estos productos.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se evidenció que en las fuentes de área, la mayoría de emisiones provienen del tráfico aéreo y almacenamiento con un porcentaje del 90,53%, esto debido a que se pudo identificar que las emisiones del gas criterio NO_x son las más significativas dentro de la cuantificación de emisiones de gases criterio, con un total de 10, 286,021 toneladas en todo el período desde el 2010 hasta el 2018 representando un 54.52% del total de emisiones por fuentes de área. Hay que aclarar que este porcentaje es debido a que los factores de emisión de NO_x para la mayoría de modelos de avión son muy influyentes en el cálculo, ya que tienen un valor alto, de igual manera sucede con el valor del consumo de combustible de cada aeronave y la frecuencia de vuelos anuales (ciclos LTO).
- Se pudo determinar que el sector económico de la industria está contribuyendo en mayor cantidad con la contaminación al aire, en especial la industria referente al transporte aéreo y almacenamiento, a comparación con las demás industrias o actividades económicas que involucran a las emisiones por uso de disolventes que cuentan con un total de 1,973,407.19 toneladas emitidas desde el 2000 hasta el 2018, el transporte aéreo y almacenamiento abarca la mayoría del total de emisiones, tomando en cuenta de que el gas criterio NO_x es el gas con mayor cantidad de emisiones y pertenece a esta industria.
- Se identificaron cinco propuestas estratégicas necesarias para la disminución de emisiones de gases criterio mediante el análisis bibliométrico del presente estudio y se pudo determinar que la propuesta referente la necesidad de políticas y normas para alcanzar el desarrollo sostenible es la más tentativa, debido a que se puede adoptar normas y políticas internacionales que exijan requisitos para prevenir el aumento de emisiones a industrias referentes a las fuentes de área.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las instituciones gubernamentales la gestación de factores de emisión correspondientes al tráfico aéreo y el uso de disolventes para el respectivo cálculo.
- Se recomienda añadir los ciclos SCD (subida, crucero, descenso) junto con los ciclos LTO para obtener un cálculo más exacto en cuanto a las

emisiones por tráfico aéreo, conjuntamente mediante una clasificación se por aeropuertos locales para que la información nacional se registre de una mejor manera.

- Para la cuantificación de disolventes se recomienda añadir datos de emisiones de rellenos sanitarios, ya que se conoce que en estos lugares se emiten grandes cantidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, G. (2012). El Impacto Ambiental Del Transporte Aéreo Y Las Medidas Para Mitigarlo. *U.San Carlos Guatemala*, 15. http://oa.upm.es/20345/1/Inve_Mem_2012_133532.pdf
- Arciniégas Suárez, C. A. (2012). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727348012>.
- Bethania L. Lanzaco, Luis E. Olcese, Xavier Querol, B. M. T. (2017). *Analysis of PM2.5 in Córdoba, Argentina under the effects of the El Niño Southern Oscillation*.
- Bogotá Galarza, B. L., & Díaz Castro, M. I. (2019). Los tributos ambientales en países desarrollados: la apuesta de la legislación colombiana. *Criterio Libre*, 17(30), 279–300. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2019v17n30.5825>
- Bustamante, C. (2018) *Estimación de emisiones contaminantes producidas por el sector de transporte aéreo en Chile para el año 2015*.
- Caiza, P., & Portilla, A., (2010) Determinación de la influencia de la altura en emisiones contaminantes de un vehículo con motor de ciclo Otto. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7684>
- Costas, G. (2014). *Compuestos orgánicos volátiles (COVs o VOCs)*. <https://cienciaybiologia.com/compuestos-organicos-volaticos-covs-o-vocs/>
- EEA. (2015). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Update July 2017 1. *Dk*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Environmental Protection Agency. (1999). Óxidos de Nitrógeno (NO_x), ¿ Por Qué y Cómo Se Controlan? *Epa*, 456(002), 2–3. www.epa.gov/ttn/catc%0Ahttps://www3.epa.gov/ttn/catc1/cica/files/fnoxdocs.pdf
- Gibson, J. (2015). Air pollution, climate change, and health. *The Lancet Oncology*, 16(6), e269. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)70238-X](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(15)70238-X)
- Gobierno de México. (2004). *Inventario de las Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gutiérrez Escamilla Marco Antonio. (2007). Los disolventes orgánicos y su exposición ocupacional. *Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*. http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10847/Los_disolventes_organicos_y_su_exposicion_ocupacional.pdf?sequence=1
- INECO. (2012a). *Ciiu 4.0. IV*. <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf>
- INECO. (2012b). *Transporte Aéreo y Medio Ambiente*. http://www.iirsa.org/admin_iirsa_web/Uploads/Documents/ia_lima12_transporte_aereo_y_medio_ambiente.pdf
- Instituto para la salud Geoambiental. (2002). *El dióxido de azufre SO₂*. <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2>
- IPCC. (1997). *Informe Especial del IPCC: la Aviación y la Atmósfera Global*. 30. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9274/1/T-UC-0012-22.pdf>
- ISGlobal. (2018). *5 Claves Para Ciudades Más Saludables*. https://www.isglobal.org/es/ciudadesquequeremos?gclid=EAlaIqobChMIiKqk9I_T4QIVhUCGCh29yw4hEAAYASAAEgLfN_D_BwE

- ISTAS. (2010). *Compuestos orgánicos volátiles (COV)*. <http://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=621>
- Khouri, E., Elias, A., González, S., & Arena, M. (2018). Local levels of carbon monoxide in the urban air of San Miguel de Tucumán, Argentina. *Nereis: Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*, 10, 127–136.
- Larénas, Nicolás (2019) Los albatros inspiran la proxima generacion de alas. <https://www.nlarenas.com/2019/06/albatros-proxima-generacion-de-alas/>
- Libro VI Anexo 3. (2019). Norma De Emisiones Al Aire Desde Fuentes Fijas De Combustion. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Luengo, A. (2010) *Observatorio de la sostenibilidad en aviación civil (obsa). Un aporteal desarrollo sostenible*.
- Luján Pérez, M., & Gonzáles Zurita, D. (2016). Determinación del impacto de varios contaminantes criterio sobre la salud de la población en ciudades capitales de Bolivia . *Acta Nova*, 7(3), 1683–0768. http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v7n3/v7n3_a07.pdf
- Mateos, A. C., Amarillo, A. C., Tavera Busso, I., & González, C. M. (2018). Evaluación espacial y temporal de la contaminación por SO₂ , NO₂ , O₃ y CO en la ciudad de Córdoba. *Setiembre*, 5(2), 47.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire , de los cantones Ambato , Riobamba , Santo Domingo de los Colorados , Latacunga , Ibarra , Manta , Portoviejo , Esmeraldas y Milagro*. 3, 124. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). *Ecuador es el tercer país en América Latina en contar con un Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional*. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-es-el-tercer-pais-en-contar-con-un-sistema-de-contabilidad-ambiental-nacional/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Contabilidad Ambiental*. http://suia.ambiente.gob.ec/documentos;jsessionid=WuD+fxfMNFa2pjar5qn4xGdp?p_p_id=20&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fview_file_entry&_20_redirect=http
- Mohammadi, A., Azhdarpoor, A., Shahsavani, A., & Tabatabaee, H. (2016). Investigating the health effects of exposure to criteria pollutants using airq2.2.3 in Shiraz, Iran. *Aerosol and Air Quality Research*, 16(4), 1035–1043. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2015.07.0434>
- Municipio de Quito. (2000). *Proyecto calidad de aire Municipio de Quito, incremento de enfermedades respiratorias en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular*. www.bvsde.paho.org/bvsci/fulltext/escolares.pdf
- Nurton, J. (2020). *Airbus: por unos cielos azules más verdes*. https://www.wipo.int/wipo_magazine/es/2020/01/article_0005.html
- Organizacion Mundial de la Salud. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. *Guías de Calidad Del Aire de La OMS Relativas Al Material Particulado, El Ozono, El Dióxido de Nitrógeno y El Dióxido de*

- Azufre Actualización, 5(1), 1–21.
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=970454FA25DFB60943EBC3409FF7E87B?sequence=1
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente*.
<https://www.who.int/es/news-room/detail/15-03-2016-an-estimated-12-6-million-deaths-each-year-are-attributable-to-unhealthy-environments>
- Organización de Aviación Civil Internacional (2019) *La aviación sostenible da pasos importantes en la OACI*.
- Orozco Picalua, R. L., & Romaña Men, J. A. (2018). Estimación de las Concentraciones de los Contaminantes Atmosféricos Criterio: PM10, SO2, CO, COVs, NOx emitidos por las Fuentes Móviles en las Principales Vías de la Ciudad de Barranquilla. *Mathematics Education Journal*, 1(1), 75. <https://doi.org/10.29333/aje.2019.423a>
- Palacios Espinoza, E., & Espinoza Molina, C. (2014). *Contaminación del aire exterior. Cuenca - Ecuador, 2009 - 2013. Posibles efectos en la salud*. 32(2), 6–17.
- Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española. (2019). *Agenda Estratégica de Investigación, Desarrollo e Innovación en Aeronáutica*. 8. http://www1.odn.ne.jp/sogogiken/2020/%2719_2030.mihon.pdf
- Reyes, S., & Tito, C. (2017). *Inventario De Emisiones Atmosféricas Procedentes De Fuentes Fijas, Móviles Y De Área En El Cantón Ibarra Año Base 2015*. 86. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9274/1/T-UCE-0012-22.pdf>
- Riveros, R. (2017) *Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en la Industria de Pinturas y sus Disolventes en Perú – Análisis de caso y estrategias de gestión ambiental y salud ocupacional*.
- Rodríguez, A. & de la Cruz, M. (2018) *Aviación responsable: un análisis descriptivo de la sostenibilidad de las principales líneas aéreas que operan en Canarias*.
- Sistema General de la Comunidad Andina (2019) *Estadísticas de Transporte Aéreo de la Comunidad Andina*.
<http://extranet.comunidadandina.org/transporteAereo/>
- Singh María, & José, F. (2010). *Aproximación espacial de concentraciones de gases productos de fuentes móviles de la ciudad de Panamá, utilizando sistemas de información geográfica*. 63–63. <https://doi.org/10.3778/j.issn.1002-8331.2010.09.018>
- Suxo, J. (2017). *Cuentas ambientales del departamento de Pando en Bolivia: Aplicación del enfoque insumo producto a nivel sub-nacional*.
- Teleamazonas (2016) *La crisis económica impactó a Ecuador en 2015*.
<https://www.teleamazonas.com/2016/01/la-crisis-economica-impacto-el-ecuador-en-2015/>
- U.S EPA. (2001). *Introduction To Area Source Emission Inventory*.
http://www.epa.gov/ttnchie1/eiip/techreport/volume03/iii01_apr2001.pdf
- Urbaneja, L. (2015) *Estimación de emisiones de los ciclos de aterrizajes y despegues de aeronaves en el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas*.
- Vargas Rincón, L. P. (2013). *Estrategias de Control para Procesos de Emisiones Atmosféricas de Solventes en la Industria de Carrocerías en el*

Municipio de Cota. 26(4), 1–37.

ANEXOS

ANEXO 1. FACTORES DE EMISIÓN DE DISOLVENTES (COV's) POR USO COMERCIAL.

	FACTORES DE EMISIÓN DE DISOLVENTES DE USO DOMESTICO-COMERCIAL (kg*habitante) [COV's]			
	Cuidado personal + artículos de uso personal (Productos de uso personal)	Productos de belleza (Productos en aerosoles)	Pintura, barnices y lacas (Productos de cuidado auto motriz)	Fumigación en las actividades de la agricultura (Pesticidas comerciales y domésticos)
Factor de Emisión México [kg/Hab]	1.049	0.046	0.607	0.807
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2000)	0.210	0.01	0.121	0.161
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2001)	0.274	0.01	0.159	0.211
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2002)	0.313	0.01	0.181	0.241
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2003)	0.349	0.02	0.202	0.269
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2004)	0.387	0.02	0.224	0.298
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2005)	0.434	0.02	0.251	0.334
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2006)	0.481	0.02	0.278	0.370
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2007)	0.515	0.02	0.298	0.396
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2008)	0.612	0.03	0.354	0.471
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2009)	0.609	0.03	0.352	0.468
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2010)	0.665	0.03	0.385	0.511
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2011)	0.745	0.03	0.431	0.573
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2012)	0.813	0.04	0.470	0.625
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2013)	0.865	0.04	0.501	0.666
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2014)	0.911	0.04	0.527	0.701
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2015)	0.875	0.04	0.506	0.673
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2016)	0.868	0.04	0.502	0.667
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2017)	0.892	0.04	0.516	0.686
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2018)	0.914	0.04	0.529	0.703

Fuente: Inventario de Emisiones (Zona Metropolitana del Valle de México) 2004 pág. A-36

Relación del PIB per cápita de México (2004) con el de Ecuador			
PIB per cápita México (2004) USD	PIB per cápita Ecuador [año; USD]		Relación para factor de emisión
7,310.96	2000	1,461.84	0.20
	2001	1,909.42	0.26
	2002	2,180.39	0.30
	2003	2,434.98	0.33
	2004	2,700.12	0.37
	2005	3,025.01	0.41
	2006	3,351.48	0.46
	2007	3,588.57	0.49
	2008	4,267.47	0.58
	2009	4,241.94	0.58
	2010	4,633.25	0.63
	2011	5,192.87	0.71
	2012	5,664.89	0.77
	2013	6,030.50	0.82
	2014	6,347.00	0.87
	2015	6,099.35	0.83
	2016	6,046.30	0.83
	2017	6,216.61	0.85
	2018	6,367.59	0.87

Fuente: Banco central del Ecuador; Inventario de emisiones México 2004

ANEXO 2. FACTORES DE EMISIÓN DE DISOLVENTES (COV's) POR USO INDUSTRIAL.

FACTOR DE EMISION DE DISOLVENTES DE USO INDUSTRIAL (Kg * habitante) [COV's]					
	Construcción de edificios + Obras de ingeniería civil (Recubrimientos superficiales arquitectónicos)	Pintura, barnices y lacas (Aplicación de pintura automotriz)	Lavado en seco	Artes gráficas	Limpieza de superficie industrial
Factor de Emisión México [kg/Hab]	1.183	0.137	0.3484	0.40	1.080
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2000)	0.237	0.027	0.070	0.080	0.216
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2001)	0.309	0.036	0.091	0.104	0.282
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2002)	0.353	0.041	0.104	0.119	0.322
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2003)	0.394	0.046	0.116	0.133	0.360
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2004)	0.437	0.051	0.129	0.148	0.399
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2005)	0.489	0.057	0.144	0.166	0.447
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2006)	0.542	0.063	0.160	0.183	0.495
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2007)	0.581	0.067	0.171	0.196	0.530
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2008)	0.691	0.080	0.203	0.233	0.630
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2009)	0.686	0.079	0.202	0.232	0.627
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2010)	0.750	0.087	0.221	0.253	0.684
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2011)	0.840	0.097	0.247	0.284	0.767
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2012)	0.917	0.106	0.270	0.310	0.837
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2013)	0.976	0.113	0.287	0.330	0.891
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2014)	1.027	0.119	0.302	0.347	0.938
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2015)	0.987	0.114	0.291	0.334	0.901
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2016)	0.978	0.113	0.288	0.331	0.893
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2017)	1.006	0.116	0.296	0.340	0.918
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2018)	1.030	0.119	0.303	0.348	0.941

Fuente: Inventario de Emisiones (Zona Metropolitana del Valle de México) 2004 pág. A-34; A-35

Relación del PIB per cápita de México (2004) con el de Ecuador		
PIB per cápita México (2004) USD	PIB per cápita Ecuador [año; USD]	Relación para factor de emisión
7,310.96	2000	1,461.84
	2001	1,909.42
	2002	2,180.39
	2003	2,434.98
	2004	2,700.12
	2005	3,025.01
	2006	3,351.48
	2007	3,588.57
	2008	4,267.47
	2009	4,241.94
	2010	4,633.25
	2011	5,192.87
	2012	5,664.89
	2013	6,030.50
	2014	6,347.00
	2015	6,099.35
	2016	6,046.30
	2017	6,216.61
2018	6,367.59	

Fuente: Banco central del Ecuador; Inventario de emisiones México 2004

ANEXO 3. EMISIONES ANUALES DE DISOLVENTES (COV's) POR CIU.

EMISIONES ANUALES DE COV's POR CIU					
Agrupación	CIU	Año	Toneladas de COV's	TOTAL ANUAL	
disolventes-construcción y comerciales	F	2000	2,987.21	14,285.56	
	G, S	2000	4,297.74		
disolventes-pintado carrocería	G	2000	345.94		
disolventes-pesticidas	A	2000	2,037.76		
disolventes-servicios	R, S	2000	1,889.79		
	E	2000	2,727.12		
disolventes-construcción y comerciales	F	2001	3,855.88		18,439.78
	G, S	2001	5,547.51		
disolventes-pintado carrocería	G	2001	446.54		
disolventes-pesticidas	A	2001	2,630.34		
disolventes-servicios	R, S	2001	2,439.34		
	E	2001	3,520.16		
disolventes-construcción y comerciales	F	2002	4,466.87	21,361.67	
	G, S	2002	6,426.55		
disolventes-pintado carrocería	G	2002	517.30		
disolventes-pesticidas	A	2002	3,047.14		
disolventes-servicios	R, S	2002	2,825.87		
	E	2002	4,077.95		
disolventes-construcción y comerciales	F	2003	4,486.92		23,625.42
	G, S	2003	7,280.02		
disolventes-pintado carrocería	G	2003	585.99		
disolventes-pesticidas	A	2003	3,451.81		
disolventes-servicios	R, S	2003	3,201.16		
	E	2003	4,619.52		
disolventes-construcción y comerciales	F	2004	5,691.60	27,218.63	
	G, S	2004	8,188.59		
disolventes-pintado carrocería	G	2004	659.13		
disolventes-pesticidas	A	2004	3,882.60		
disolventes-servicios	R, S	2004	3,600.67		
	E	2004	5,196.05		
disolventes-construcción y comerciales	F	2005	6,468.55		30,934.23
	G, S	2005	9,306.40		
disolventes-pintado carrocería	G	2005	749.11		
disolventes-pesticidas	A	2005	4,412.61		
disolventes-servicios	R, S	2005	4,092.19		
	E	2005	5,905.36		
disolventes-construcción y comerciales	F	2006	7,271.43	34,773.77	
	G, S	2006	10,461.51		
disolventes-pintado carrocería	G	2006	842.08		
disolventes-pesticidas	A	2006	4,960.31		
disolventes-servicios	R, S	2006	4,600.11		
	E	2006	6,638.33		
disolventes-construcción y comerciales	F	2007	7,900.34		37,781.38
	G, S	2007	11,366.34		
disolventes-pintado carrocería	G	2007	914.92		
disolventes-pesticidas	A	2007	5,389.33		
disolventes-servicios	R, S	2007	4,997.98		
	E	2007	7,212.48		
disolventes-construcción y comerciales	F	2008	9,532.79	45,588.18	
	G, S	2008	13,714.97		
disolventes-pintado carrocería	G	2008	1,103.97		
disolventes-pesticidas	A	2008	6,502.93		
disolventes-servicios	R, S	2008	6,030.72		
	E	2008	8,702.80		

disolventes-construcción y comerciales	F	2009	9,613.28	45,973.11	
	G, S	2009	13,830.78		
disolventes-pintado carrocería	G	2009	1,113.29		
disolventes-pesticidas	A	2009	6,557.84		
disolventes-servicios	R, S	2009	6,081.64		
	E	2009	8,776.29		
disolventes-construcción y comerciales	F	2010	11,254.74		53,822.95
	G, S	2010	16,192.36		
disolventes-pintado carrocería	G	2010	1,303.38		
disolventes-pesticidas	A	2010	7,677.58		
disolventes-servicios	R, S	2010	7,120.07		
	E	2010	10,274.82		
disolventes-construcción y comerciales	F	2011	12,827.89	61,346.15	
	G, S	2011	18,455.68		
disolventes-pintado carrocería	G	2011	1,485.56		
disolventes-pesticidas	A	2011	8,750.72		
disolventes-servicios	R, S	2011	8,115.29		
	E	2011	11,711.01		
disolventes-construcción y comerciales	F	2012	14,227.24		65,632.91
	G, S	2012	20,468.94		
disolventes-pintado carrocería	G	2012	1,647.62		
disolventes-pesticidas	A	2012	7,300.03		
disolventes-servicios	R, S	2012	9,000.56		
	E	2012	12,988.52		
disolventes-construcción y comerciales	F	2013	15,393.10	73,613.61	
	G, S	2013	22,146.28		
disolventes-pintado carrocería	G	2013	1,782.63		
disolventes-pesticidas	A	2013	10,500.62		
disolventes-servicios	R, S	2013	9,738.12		
	E	2013	14,052.87		
disolventes-construcción y comerciales	F	2014	16,460.52		78,718.30
	G, S	2014	23,682.00		
disolventes-pintado carrocería	G	2014	1,906.25		
disolventes-pesticidas	A	2014	11,228.77		
disolventes-servicios	R, S	2014	10,413.40		
	E	2014	15,027.36		
disolventes-construcción y comerciales	F	2015	16,066.35	76,833.30	
	G, S	2015	23,114.91		
disolventes-pintado carrocería	G	2015	1,860.60		
disolventes-pesticidas	A	2015	10,959.89		
disolventes-servicios	R, S	2015	10,164.04		
	E	2015	14,667.51		
disolventes-construcción y comerciales	F	2016	16,171.09		77,334.19
	G, S	2016	23,265.60		
disolventes-pintado carrocería	G	2016	1,872.73		
disolventes-pesticidas	A	2016	11,031.34		
disolventes-servicios	R, S	2016	10,230.30		
	E	2016	14,763.13		
disolventes-construcción y comerciales	F	2017	16,876.31	80,706.72	
	G, S	2017	24,280.21		
disolventes-pintado carrocería	G	2017	1,954.40		
disolventes-pesticidas	A	2017	11,512.41		
disolventes-servicios	R, S	2017	10,676.44		
	E	2017	15,406.95		
disolventes-construcción y comerciales	F	2018	17,540.09		83,881.07
	G, S	2018	25,235.19		
disolventes-pintado carrocería	G	2018	2,031.27		
disolventes-pesticidas	A	2018	11,965.22		
disolventes-servicios	R, S	2018	11,096.37		
	E	2018	16,012.93		

ANEXO 4. FACTORES DE EMISIÓN DE DISOLVENTES (COT) POR USO COMERCIAL

	FACTORES DE EMISIÓN DE DISOLVENTES DE USO DOMESTICO-COMERCIAL (kg*habitante) [COT]			
	Cuidado personal + artículos de uso personal (Productos de uso personal)	Productos de belleza (Productos en aerosoles)	Pintura, barnices y lacas (Productos de cuidado automotriz)	Fumigación en las actividades de la agricultura (Pesticidas comerciales y domésticas)
Factor de emisión México [kg/hab]	1.520	0.067	0.880	1.170
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2000)	0.304	0.013	0.176	0.234
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2001)	0.397	0.017	0.230	0.306
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2002)	0.453	0.020	0.262	0.349
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2003)	0.506	0.022	0.293	0.390
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2004)	0.561	0.025	0.325	0.432
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2005)	0.629	0.028	0.364	0.484
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2006)	0.697	0.031	0.403	0.536
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2007)	0.746	0.033	0.432	0.574
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2008)	0.887	0.039	0.514	0.683
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2009)	0.882	0.039	0.511	0.679
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2010)	0.963	0.042	0.558	0.741
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2011)	1.080	0.048	0.625	0.831
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2012)	1.178	0.052	0.682	0.907
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2013)	1.254	0.055	0.726	0.965
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2014)	1.320	0.058	0.764	1.016
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2015)	1.268	0.056	0.734	0.976
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2016)	1.257	0.055	0.728	0.968
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2017)	1.292	0.057	0.748	0.995
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2017)	1.324	0.058	0.766	1.019

Fuente: Inventario de Emisiones (Zona Metropolitana del Valle de México) 2004 pág. A-36

Relación del PIB per cápita de México (2004) con el de Ecuador			
PIB per cápita México (2004) USD	PIB per cápita Ecuador [año; USD]	Relación para factor de emisión	
7,310.96	2000	1,461.84	0.20
	2001	1,909.42	0.26
	2002	2,180.39	0.30
	2003	2,434.98	0.33
	2004	2,700.12	0.37
	2005	3,025.01	0.41
	2006	3,351.48	0.46
	2007	3,588.57	0.49
	2008	4,267.47	0.58
	2009	4,241.94	0.58
	2010	4,633.25	0.63
	2011	5,192.87	0.71
	2012	5,664.89	0.77
	2013	6,030.50	0.82
	2014	6,347.00	0.87
	2015	6,099.35	0.83
	2016	6,046.30	0.83
	2017	6,216.61	0.85
2018	6,367.59	0.87	

Fuente: Banco central del Ecuador, Inventario de emisiones México

ANEXO 5. FACTORES DE EMISIÓN DE DISOLVENTES (COT) POR USO INDUSTRIAL.

FACTOR DE EMISION DE DISOLVENTES DE USO INDUSTRIAL (Kg * habitante) [COT]					
	Construcción de edificios + Obras de ingeniería civil (Recubrimientos superficiales arquitectónicos)	Pintura, barnices y lacas (Aplicación de pintura automotriz)	Lavado en seco	Artes gráficas	Limpieza de superficie industrial
Factor de emisión México [Kg/hab]	1.183	0.137	0.3484	0.40	1.080
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2000)	0.237	0.027	0.070	0.080	0.216
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2001)	0.309	0.036	0.091	0.104	0.282
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2002)	0.353	0.041	0.104	0.119	0.322
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2003)	0.394	0.046	0.116	0.133	0.360
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2004)	0.437	0.051	0.129	0.148	0.399
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2005)	0.489	0.057	0.144	0.166	0.447
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2006)	0.542	0.063	0.160	0.183	0.495
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2007)	0.581	0.067	0.171	0.196	0.530
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2008)	0.691	0.080	0.203	0.233	0.630
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2009)	0.686	0.079	0.202	0.232	0.627
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2010)	0.750	0.087	0.221	0.253	0.684
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2011)	0.840	0.097	0.247	0.284	0.767
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2012)	0.917	0.106	0.270	0.310	0.837
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2013)	0.976	0.113	0.287	0.330	0.891
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2014)	1.027	0.119	0.302	0.347	0.938
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2015)	0.987	0.114	0.291	0.334	0.901
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2016)	0.978	0.113	0.288	0.331	0.893
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2017)	1.006	0.116	0.296	0.340	0.918
Factor de Emisión Ecuador [Kg/Hab] (2017)	1.030	0.119	0.303	0.348	0.941

Fuente: Inventario de Emisiones (Zona Metropolitana del Valle de México) 2004 pág. A-32; A-34

Relación del PIB per cápita de México (2004) con el de Ecuador			
PIB per cápita México (2004) USD	PIB per cápita Ecuador [año; USD]		Relación para factor de emisión
7,310.96	2000	1,461.84	0.20
	2001	1,909.42	0.26
	2002	2,180.39	0.30
	2003	2,434.98	0.33
	2004	2,700.12	0.37
	2005	3,025.01	0.41
	2006	3,351.48	0.46
	2007	3,588.57	0.49
	2008	4,267.47	0.58
	2009	4,241.94	0.58
	2010	4,633.25	0.63
	2011	5,192.87	0.71
	2012	5,664.89	0.77
	2013	6,030.50	0.82
	2014	6,347.00	0.87
	2015	6,099.35	0.83
	2016	6,046.30	0.83
	2017	6,216.61	0.85
2018	6,367.59	0.87	

Fuente: Banco central del Ecuador; Inventario de emisiones México

ANEXO 6. EMISIONES ANUALES DE DISOLVENTES (COT) POR CIU.

EMISIONES ANUALES DE COT POR CIU					
Agrupación	CIU	Año	Ton de COT	TOTAL ANUAL	
disolventes-construcción	F	2000	2,987.21	17,133.88	
	G, S	2000	6,229.45		
disolventes-pintado carrocería	G	2000	345.94		
disolventes-pesticidas	A	2000	2,954.38		
disolventes-comerciales	R, S	2000	1,889.79		
disolventes-industrias manufactureras	E	2000	2,727.12		
disolventes-construcción	F	2001	3,855.88		24,014.55
	G, S	2001	8,889.46		
disolventes-pintado carrocería	G	2001	446.54		
disolventes-pesticidas	A	2001	4,863.16		
disolventes-comerciales	R, S	2001	2,439.34		
disolventes-industrias manufactureras	E	2001	3,520.16		
disolventes-construcción	F	2002	4,466.87	25,620.86	
	G, S	2002	9,315.10		
disolventes-pintado carrocería	G	2002	517.30		
disolventes-pesticidas	A	2002	4,417.78		
disolventes-comerciales	R, S	2002	2,825.87		
disolventes-industrias manufactureras	E	2002	4,077.95		
disolventes-construcción	F	2003	5,060.09		29,023.42
	G, S	2003	10,552.18		
disolventes-pintado carrocería	G	2003	585.99		
disolventes-pesticidas	A	2003	5,004.48		
disolventes-comerciales	R, S	2003	3,201.16		
disolventes-industrias manufactureras	E	2003	4,619.52		
disolventes-construcción	F	2004	5,691.60	30,780.61	
	G, S	2004	11,869.12		
disolventes-pintado carrocería	G	2004	659.13		
disolventes-pesticidas	A	2004	3,764.05		
disolventes-comerciales	R, S	2004	3,600.67		
disolventes-industrias manufactureras	E	2004	5,196.05		
disolventes-construcción	F	2005	6,468.55		40,227.51
	G, S	2005	13,489.37		
disolventes-pintado carrocería	G	2005	749.11		
disolventes-pesticidas	A	2005	6,397.47		
disolventes-comerciales	R, S	2005	7,217.66		
disolventes-industrias manufactureras	E	2005	5,905.36		
disolventes-construcción	F	2006	7,271.43	41,707.13	
	G, S	2006	15,163.66		
disolventes-pintado carrocería	G	2006	842.08		
disolventes-pesticidas	A	2006	7,191.52		
disolventes-comerciales	R, S	2006	4,600.11		
disolventes-industrias manufactureras	E	2006	6,638.33		
disolventes-construcción	F	2007	7,900.34		39,437.58
	G, S	2007	10,598.34		
disolventes-pintado carrocería	G	2007	914.92		
disolventes-pesticidas	A	2007	7,813.52		
disolventes-comerciales	R, S	2007	4,997.98		
disolventes-industrias manufactureras	E	2007	7,212.48		
disolventes-construcción	F	2008	9,532.79	47,586.60	
	G, S	2008	12,788.28		
disolventes-pintado carrocería	G	2008	1,103.97		
disolventes-pesticidas	A	2008	9,428.04		
disolventes-comerciales	R, S	2008	6,030.72		
disolventes-industrias manufactureras	E	2008	8,702.80		
disolventes-construcción	F	2009	9,613.28		47,988.41
	G, S	2009	12,896.27		
disolventes-pintado carrocería	G	2009	1,113.29		
disolventes-pesticidas	A	2009	9,507.64		
disolventes-comerciales	R, S	2009	6,081.64		
disolventes-industrias manufactureras	E	2009	8,776.29		

disolventes-construcción	F	2010	11,254.74	56,182.35	
	G, S	2010	15,098.28		
disolventes-pintado carrocería	G	2010	1,303.38		
disolventes-pesticidas	A	2010	11,131.06		
disolventes-comerciales	R, S	2010	7,120.07		
disolventes-industrias manufactureras	E	2010	10,274.82		
disolventes-construcción	F	2011	12,827.89		62,773.29
	G, S	2011	17,208.67		
disolventes-pintado carrocería	G	2011	1,485.56		
disolventes-pesticidas	A	2011	12,686.92		
disolventes-comerciales	R, S	2011	8,115.29		
disolventes-industrias manufactureras	E	2011	10,448.95		
disolventes-construcción	F	2012	14,227.24	71,020.74	
	G, S	2012	19,085.91		
disolventes-pintado carrocería	G	2012	1,647.62		
disolventes-pesticidas	A	2012	14,070.90		
disolventes-comerciales	R, S	2012	9,000.56		
disolventes-industrias manufactureras	E	2012	12,988.52		
disolventes-construcción	F	2013	15,393.10		76,840.57
	G, S	2013	20,649.91		
disolventes-pintado carrocería	G	2013	1,782.63		
disolventes-pesticidas	A	2013	15,223.94		
disolventes-comerciales	R, S	2013	9,738.12		
disolventes-industrias manufactureras	E	2013	14,052.87		
disolventes-construcción	F	2014	16,460.52	82,169.03	
	G, S	2014	22,081.87		
disolventes-pintado carrocería	G	2014	1,906.25		
disolventes-pesticidas	A	2014	16,279.64		
disolventes-comerciales	R, S	2014	10,413.40		
disolventes-industrias manufactureras	E	2014	15,027.36		
disolventes-construcción	F	2015	16,066.35		80,201.39
	G, S	2015	21,553.09		
disolventes-pintado carrocería	G	2015	1,860.60		
disolventes-pesticidas	A	2015	15,889.80		
disolventes-comerciales	R, S	2015	10,164.04		
disolventes-industrias manufactureras	E	2015	14,667.51		
disolventes-construcción	F	2016	16,171.09	80,724.24	
	G, S	2016	21,693.60		
disolventes-pintado carrocería	G	2016	1,872.73		
disolventes-pesticidas	A	2016	15,993.39		
disolventes-comerciales	R, S	2016	10,230.30		
disolventes-industrias manufactureras	E	2016	14,763.13		
disolventes-construcción	F	2017	16,876.31		84,244.61
	G, S	2017	22,639.65		
disolventes-pintado carrocería	G	2017	1,954.40		
disolventes-pesticidas	A	2017	16,690.86		
disolventes-comerciales	R, S	2017	10,676.44		
disolventes-industrias manufactureras	E	2017	15,406.95		
disolventes-construcción	F	2018	17,540.09	87,558.11	
	G, S	2018	23,530.11		
disolventes-pintado carrocería	G	2018	2,031.27		
disolventes-pesticidas	A	2018	17,347.34		
disolventes-comerciales	R, S	2018	11,096.37		
disolventes-industrias manufactureras	E	2018	16,012.93		

ANEXO 7. CICLOS LTO DEL TRÁFICO AÉREO POR TIPO DE AERONAVE Y AEROPUERTO.

DATOS DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL			
VUELOS DE SALIDA POR AEROPUERTO, TIPO DE AERONAVE Y AÑO			
NACIONAL E INTERNACIONAL			
Aeropuerto	Tipo de Aeronave	Año	Ciclos LTO
SEQM	A310	2016	1
SEQM	A314	2016	1
SEQM	A318	2016	2
SEQM	A319	2016	3097
SEQM	A320	2016	2014
SEQM	A332	2016	593
SEQM	A340	2016	1
SEQM	A343	2016	105
SEQM	A346	2016	220
SEQM	B190	2016	2
SEQM	B721	2016	11
SEQM	B722	2016	170
SEQM	B727	2016	1
SEQM	B732	2016	8
SEQM	B733	2016	5
SEQM	B734	2016	3
SEQM	B735	2016	4
SEQM	B737	2016	841
SEQM	B738	2016	1812
SEQM	B739	2016	1
SEQM	B742	2016	4
SEQM	B744	2016	1144
SEQM	B748	2016	126
SEQM	B752	2016	723
SEQM	B757	2016	1
SEQM	B762	2016	13
SEQM	B763	2016	1276
SEQM	B767	2016	1
SEQM	B772	2016	297
SEQM	B77L	2016	480
SEQM	B77W	2016	70
SEQM	C130	2016	16
SEQM	CL60	2016	34
SEQM	DC10	2016	1
SEQM	E135	2016	16
SEQM	E145	2016	2
SEQM	E190	2016	626
SEQM	F2TH	2016	71
SEQM	F28	2016	1
SEQM	F70	2016	101
SEQM	GLEX	2016	8
SEQM	MD11	2016	51
SEQM	MD83	2016	2
SEQM	T204	2016	14

SEGU	A318	2016	6
SEGU	A319	2016	2169
SEGU	A320	2016	444
SEGU	A321	2016	34
SEGU	A332	2016	349
SEGU	A333	2016	2
SEGU	A343	2016	2894
SEGU	A346	2016	1013
SEGU	AT42	2016	153
SEGU	B722	2016	1
SEGU	B732	2016	11
SEGU	B733	2016	1
SEGU	B734	2016	235
SEGU	B735	2016	6
SEGU	B736	2016	1
SEGU	B737	2016	355
SEGU	B738	2016	1455
SEGU	B744	2016	2
SEGU	B752	2016	145
SEGU	B763	2016	1235
SEGU	B772	2016	620
SEGU	B776	2016	1
SEGU	B77L	2016	4
SEGU	B77W	2016	108
SEGU	C130	2016	6
SEGU	DH8D	2016	1
SEGU	E190	2016	411
SEGU	F2TH	2016	5
SEGU	GLEX	2016	6
SEGU	MD83	2016	1
SEGS	A319	2016	1789
SEGS	A320	2016	1801
SEGS	B732	2016	14
SEGS	B734	2016	2
SEGS	B738	2016	2
SEGS	C130	2016	10
SEGS	CL60	2016	4
SEGS	E190	2016	2
SEGS	F2TH	2016	5
SEGS	GLEX	2016	9
SEGS	PA23	2016	39
SECO	A319	2016	437
SECO	A320	2016	214
SECO	AT42	2016	72
SECO	E145	2016	498
SECO	E170	2016	1
SECO	E190	2016	256
SECU	A319	2016	1177
SECU	A320	2016	53
SECU	AT42	2016	670
SECU	B735	2016	5
SECU	C130	2016	9
SECU	CL60	2016	3
SECU	CRJ7	2016	1
SECU	E135	2016	6
SECU	E190	2016	187
SECU	F2TH	2016	7

SETN	A319	2016	161
SETN	A320	2016	121
SETN	AT42	2016	368
SETN	B732	2016	4
SETN	C130	2016	11
SETN	E135	2016	4
SETN	E145	2016	7
SETN	E190	2016	144
SETN	F2TH	2016	2
SETN	PA23	2016	100
SETN	PA24	2016	1
SEGU	A310	2016	1
SEGU	A318	2016	2
SEGU	A319	2016	5695
SEGU	A320	2016	3481
SEGU	A322	2016	1
SEGU	AT42	2016	1595
SEGU	B722	2016	50
SEGU	B732	2016	160
SEGU	B735	2016	8
SEGU	B737	2016	9
SEGU	B763	2016	4
SEGU	C130	2016	125
SEGU	E135	2016	32
SEGU	E145	2016	16
SEGU	E190	2016	388
SEGU	PA18	2016	2
SENL	A319	2016	82
SENL	A320	2016	46
SENL	AT42	2016	1002
SENL	E 145	2016	2
SENL	E 190	2016	1
SENL	E145	2016	367
SENL	E190	2016	319
SELT	AT42	2016	181
SELT	B735	2016	24
SELT	B737	2016	5
SELT	C130	2016	3
SELT	D328	2016	1
SELT	E190	2016	2
SECA	AT42	2016	431
SECA	B732	2016	3
SECA	C130	2016	6
SECA	E135	2016	5
SECA	E190	2016	672
SECA	F2TH	2016	2
SEMC	B732	2016	7
SEMC	C130	2016	5
SEMC	E135	2016	2
SEMC	PA23	2016	1
SEMT	A319	2016	590
SEMT	A320	2016	521
SEMT	AT42	2016	18
SEMT	B722	2016	1
SEMT	B732	2016	20
SEMT	B735	2016	3
SEMT	B737	2016	3
SEMT	C130	2016	17
SEMT	E135	2016	7
SEMT	E145	2016	22
SEMT	E190	2016	303
SEMT	F2TH	2016	2
SEMT	PA28	2016	1
SEMT	T39	2016	1

SEQM	A319	2016	8797
SEQM	A320	2016	4512
SEQM	A332	2016	1
SEQM	A343	2016	29
SEQM	AT42	2016	667
SEQM	B722	2016	17
SEQM	B732	2016	14
SEQM	B735	2016	6
SEQM	B737	2016	5
SEQM	B763	2016	4
SEQM	C130	2016	15
SEQM	CL60	2016	1
SEQM	E135	2016	98
SEQM	E145	2016	912
SEQM	E190	2016	2719
SESA	AT42	2016	56
SESA	B722	2016	16
SESA	B732	2016	60
SESA	B737	2016	1
SESA	C130	2016	54
SESA	E135	2016	11
SESA	E145	2016	2
SESA	E190	2016	56
SESA	FA50	2016	3
SESA	PA28	2016	5
SEST	A319	2016	1042
SEST	A320	2016	245
SEST	B732	2016	5
SEST	C130	2016	4
SEST	CL60	2016	2
SEST	E135	2016	1
SEST	E190	2016	82
SEST	F2TH	2016	1
SEST	GLEX	2016	3
SEST	PA23	2016	67
SERO	AT42	2016	222
SERO	B722	2016	3
SERO	B732	2016	4
SERO	B735	2016	1
SERO	B737	2016	1
SERO	C130	2016	1542
SERO	E135	2016	7
SERO	E145	2016	12
SERO	E190	2016	401
SERO	F2TH	2016	2
SERO	PA18	2016	1
SERO	PA23	2016	2
SERO	PA28	2016	4
SERO	T39	2016	2
SEJD	B722	2016	64
SEJD	B732	2016	4
SEJD	C130	2016	99
SEJD	E135	2016	4
SETU	E135	2016	3
SETU	F2TH	2016	1

ANEXO 8. FACTORES DE EMISIÓN DE TRÁFICO AÉREO POR TIPO DE AERONAVE.

FACTORES DE EMISIÓN							
TIPO DE AERONAVE							
TIPO DE GAS CRITERIO							
Tipo de Aeronave	Consumo de Combustible (Kg/LTO)	Gases Criterio (Kg/LTO)					
		Nox (Kg)	CO (Kg)	NMCOV (Kg)	SO2 (Kg)	PM10 (Kg)	PM2,5 (Kg)
A300	1723.14	25.86	14.8	1.12	1.7	0.5	0.5
A310	1506.6	19.46	28.3	5.67	1.51	0.5	0.5
A314	1506.6	19.5	28.3	5.67	1.51	0.5	0.5
A318	688.8	8.73	6.35	0.54	0.73	0.1	0.1
A319	688.8	8.73	6.36	0.54	0.73	0.1	0.1
A320	873.3	9.01	6.19	0.51	0.77	0.5	0.5
A321	960	16.72	7.55	1.27	0.96	0	0
A322	960	16.72	7.55	1.15	0.96	0	0
A323	960	16.72	7.55	1.15	0.96	0	0
A329	960	16.72	7.55	1.15	0.96	0	0
A330	2231.5	35.6	16.2	1.15	2.23	0.5	0.5
A332	2231.5	35.57	16.2	1.15	2.23	0.5	0.5
A333	1884	27.6	13	1.15	2.23	0.5	0.5
A340	1860	34.81	25.23	3.51	2.02	1	1
A342	2020	28.31	26.19	3.78	1.86	1	1
A343	2019.9	34.81	25.2	3.51	2.02	1	1
A345	1862.6	28.3	26.2	0.13	3.37	1	1
A346	3373	64.7	15	0.13	3.37	1	1
A388	4142.4	67.3	29.6	0	0	0	0
AT42	210.5	1.7	1.9	0	0.2	0.3	0.2
ATR42	223.3	2	1.5	0	0.2	0.3	0.2
B190	111.3	0.5	4.8	1.3	0.1	0.3	0.2
B721	1260	9.23	24.44	6.25	1.26	0	0
B722	3980	11.97	27.16	7.32	1.46	0	0
B727	1460	12.6	9.1	3	1.4	0.7	0.7
B732	870	6.74	16.04	4.06	0.87	1	1
B733	870	7.19	13.03	0.75	0.87	0.5	0.5
B734	780	7.19	13.03	0.75	0.78	0.5	0.5
B735	780	7.19	13.03	0.75	0.78	0.5	0.5
B736	720	7.66	8.65	0.91	0.72	0.5	0.5
B737	780	9.12	8	0.78	0.78	0.5	0.5
B738	880	12.3	7.07	0.65	0.88	0.5	0.5
B739	880	12.3	7.07	0.65	0.88	0.5	0.5
B742	3600	49.52	79.78	16.41	3.6	1	1
B744	3240	42.88	26.72	2.02	3.24	1	1
B747	3240	44.5	25.3	43.6	3.2	0	0
B748	3240	44.5	25.3	43.6	3.2	0	0
B752	1370	23.43	12.3	0.2	1.37	0.1	0.1
B753	1460	17.85	11.6	0.1	1.46	0.1	0.1
B757	1460	21.6	10.6	0.8	1.3	0.5	0.5
B762	1460	23.76	14.8	2.99	1.46	0.1	0.1
B763	1780	28.19	14.5	1.07	1.77	0.1	0.1
B764	1750	24.8	12.37	0.88	1.75	0	0
B767	1750	26.7	20.3	3.2	1.7	0	0
B772	2560	55.8	12.6	0.59	2.56	0.1	0.1
B773	2560	63.3	17.7	0.59	2.56	0.1	0.1
B776	2562.8	53.6	61.4	20.5	2.6	0.5	0.5
B777	2562.8	53.6	61.4	20.5	2.6	0.5	0.5
B77L	3090.8	69.8	47.5	0	0	0	0
B77W	2951.8	61.2	48.1	0	0	0	0
C130	537.9	3.7	4.2	1.9	0.5	0.3	0.2
CL60	331.4	2.2	7	0.6	0.3	0.1	0.1
CRJ 7	477.2	4.2	5.7	0	0.5	0.3	0.2
CRJ1	331.4	3.3	7	0.6	0.3	0.3	0.2

CRJ2	328.6	2.2	7.4	0.7	0.3	0.3	0.2
D328	254	2.3	1.6	0	0.3	0.3	0.2
DC10	2381.2	35.7	20.6	2.13	2.4	0.7	0.7
DC86	1695	15.62	26.31	52.2	1.9	0.1	0.1
DC87	1695.2	15.6	26.3	52.2	1.9	0.1	0.1
DH8D	348.5	3.1	3.5	1.3	0.3	0.3	0.2
E135	301.1	2.5	5.8	0.5	0.3	0.3	0.2
E145	314.2	2.7	6.2	0.5	0.3	0.3	0.2
E170	502.8	4.8	4.1	0	0.5	0.3	0.2
E190	654.9	6.7	12.8	1.1	0.7	0.3	0.2
F1	744.4	5.8	13.7	1.3	0.7	0.5	0.5
F27	253.3	0.4	16.4	3.6	0.3	0.3	0.2
F28	670	5.3	54.8	49.3	0.7	0	0
F2TH	169.9	1.3	5.2	0	0	0	0
F50	236.1	2.3	1.6	0	0.2	0.3	0.2
F70	683.8	5.6	8.9	1.2	0.7	0.5	0.5
GLEX	249.9	2.1	4.2	0.1	0.2	0.1	0.1
IL96	2627.9	46.6	8.5	0.5	2.6	1	1
J328	274.8	3	5.4	0.5	0.3	0.3	0.2
LRJ7	70.5	0.5	2.5	0.7	0.1	0.1	0.1
MD11	2310	38.2	18.3	2.13	2.31	0.3	0.2
MD80	1010	11.97	6.46	1.4	1.01	0.5	0.5
MD82	1010	12.3	6.46	1.4	1.01	0.5	0.5
MD87	1010	12.3	6.46	1.4	1.01	0.5	0.5
PA18	3.2	0	2.4	0	0	0.1	0
PA21	18	0	24.7	0.5	0	0.1	0.1
PA23	18	0	24.7	0.5	0	0.1	0.1
PA24	18	0	24.7	0.5	0	0.1	0.1
PA28	18	0	24.7	0.5	0	0.1	0.1
RJ85	600	4.34	11.21	1.21	0.6	0	0
T154	1885.7	12	82.9	75.9	2.2	0.3	0.2
T204	1801.1	37.1	10.2	0.4	1.8	0.5	0.5
T39	183.68	1.69	4.51	0	0.15	0	0

ANEXO 9. EMISIONES ANUALES POR TRÁFICO AÉREO DE NO_x.

RESUMEN DE EMISIONES DE FUENTES DE ÁREA		
EMISIONES POR TRÁFICO AÉREO		
Contaminante	Año	Total Toneladas
NO _x	2010	1,031,639.49
NO _x	2011	1,097,296.56
NO _x	2012	1,032,392.30
NO _x	2013	1,163,368.01
NO _x	2014	1,233,034.69
NO _x	2015	890,912.77
NO _x	2016	1,486,468.62
NO _x	2017	1,138,236.67
NO _x	2018	1,212,672.55

ANEXO 10. EMISIONES ANUALES POR TRÁFICO AÉREO DE CO.

RESUMEN DE EMISIONES DE FUENTES DE ÁREA		
EMISIONES POR TRÁFICO AÉREO		
Contaminante	Año	Total Toneladas
CO	2010	807,089.22
CO	2011	837,378.00
CO	2012	694,502.31
CO	2013	702,029.89
CO	2014	716,433.55
CO	2015	514,443.88
CO	2016	870,154.50
CO	2017	679,298.40
CO	2018	730,054.18

ANEXO11. EMISIONES ANUALES POR TRÁFICO AÉREO DE SO₂.

RESUMEN DE EMISIONES DE FUENTES DE ÁREA		
EMISIONES POR TRÁFICO AÉREO		
Contaminante	Año	Total Toneladas
SO2	2010	75,956.64
SO2	2011	76,745.10
SO2	2012	70,125.09
SO2	2013	77,324.20
SO2	2014	81,842.16
SO2	2015	54,221.89
SO2	2016	89,439.09
SO2	2017	71,801.91
SO2	2018	79,676.34

ANEXO 12. EMISIONES ANUALES POR TRÁFICO AÉREO DE COV's

RESUMEN DE EMISIONES DE FUENTES DE ÁREA		
EMISIONES POR TRÁFICO AÉREO		
Contaminante	Año	Total Toneladas
COV	2010	109,429.62
COV	2011	139,128.51
COV	2012	94,709.59
COV	2013	137,691.93
COV	2014	159,986.97
COV	2015	49,790.87
COV	2016	90,099.36
COV	2017	80,391.14
COV	2018	96,185.43

ANEXO 13. EMISIONES ANUALES POR TRÁFICO AÉREO DE PM₁₀.

RESUMEN DE EMISIONES DE FUENTES DE ÁREA		
EMISIONES POR TRÁFICO AÉREO		
Contaminante	Año	Total Toneladas
PM 10	2010	27,506.34
PM 10	2011	25,499.92
PM 10	2012	20,503.66
PM 10	2013	21,650.81
PM 10	2014	19,841.57
PM 10	2015	13,296.32
PM 10	2016	27,596.39
PM 10	2017	19,624.01
PM 10	2018	23,058.25

ANEXO 14. EMISIONES ANUALES POR TRÁFICO AÉREO DE PM_{2,5}.

RESUMEN DE EMISIONES DE FUENTES DE ÁREA		
EMISIONES POR TRÁFICO AÉREO		
Contaminante	Año	Total Toneladas
PM 2,5	2010	26,181.55
PM 2,5	2011	24,122.23
PM 2,5	2012	19,008.52
PM 2,5	2013	20,454.76
PM 2,5	2014	18,563.54
PM 2,5	2015	12,788.87
PM 2,5	2016	30,822.61
PM 2,5	2017	18,810.07
PM 2,5	2018	21,891.10