

INFORME DE RESULTADOS

LIC 04/10

ACTUALIZACIÓN MEMORIA DE CÁLCULO DE EMISIONES AEROPUERTO ARTURO MERINO BENÍTEZ, AÑO 2013

Preparado por:

Algoritmos →



Servicios de Asesoría
en Monitoreo Calidad del Aire
y Modelación Atmosférica.

Para:



Noviembre, 2014

INFORME DE RESULTADOS

LIC 04/10

ACTUALIZACIÓN MEMORIA DE CÁLCULO DE EMISIONES

AEROPUERTO ARTURO MERINO BENÍTEZ, AÑO 2013

Preparado Para:



Versión del Documento				A-4	
Responsable Elaboración		Responsable Revisión		Responsable Aprobación	
Nombre:	Álvaro Valenzuela S.	Nombre:	Juan Carlos Yáñez	Nombre:	Hugo Luarte
Cargo:	Ingeniero de Proyecto	Cargo:	Jefe Área de Modelación	Cargo:	DGAC
Fecha:	06-11-2014	Fecha:	06-11-2014	Fecha:	06-11-2014
Firma:		Firma:		Firma:	

Noviembre, 2014

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
2	Descripción del Modelo Utilizado	2
3	Metodología de Cálculo de Emisiones.....	3
3.1	Fuentes Internas Asociadas al Aeropuerto AMB.....	6
3.1.1	Aeronaves	6
3.1.2	Equipo de Soporte en Tierra y Unidades de Poder Auxiliar (GSE/APU).....	13
3.1.3	Fuentes Estacionarias.....	14
3.1.4	Fuentes Móviles.....	19
3.2	Fuentes Externas	26
3.2.1	Quemas Agrícolas	26
3.2.2	Erosión Eólica en Sector de Extracción de Pumicita	28
4	Tasas de Emisión Resultante	31
4.1	Tasas de Emisión de Fuentes Internas del Aeropuerto AMB	31
4.1.1	Aeronaves	31
4.1.2	Grupos de Soporte Terrestre (GSE).....	31
4.1.3	Unidades de Energía Auxiliar (APU)	32
4.1.4	Fuentes Estacionarias.....	33
4.1.5	Tránsito de Vehículos por Caminos de Acceso	33
4.1.6	Tránsito de Vehículos por Estacionamientos	34
4.2	Tasas de Emisión de Fuentes Externas	35
4.2.1	Quemas Agrícolas	35
4.2.2	Erosión Eólica.....	36
4.3	Tasas de Emisión.....	36
5	Análisis Comparativo Inventarios 2012 y 2013.....	38
5.1	Aeronaves	38
5.2	Grupos de Soporte Terrestre (GSE).....	39
5.3	Unidades de Energía Auxiliar (APUs)	40
5.4	Fuentes Móviles.....	41
5.4.1	Tránsito de Vehículos en Caminos de Acceso	41
5.4.2	Tránsito de Vehículos en Estacionamientos	42
5.5	Fuentes Estacionarias.....	43
5.6	Emisiones Totales	44
6	Conclusiones	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1 Listado de Aeronaves y Ciclos LTO, año 2013	8
Tabla Nº 2 Características Técnicas y de Operación de las Fuentes Estacionarias	15
Tabla Nº 3 Características Técnicas y de Operación de las Fuentes Estacionarias	18
Tabla Nº 4 Clasificación de vehículos.....	21
Tabla Nº 5 Caminos considerados en Conteo Vehicular	21
Tabla Nº 6 Sector de Estacionamientos y Flujo Vehicular Asociado	22
Tabla Nº 7 Total de Vehículos y Porcentaje Equivalente por Caminos de Acceso.....	22
Tabla Nº 8 Flujo de Vehículos y Porcentaje aplicado según tipo de vehículo por Caminos de Acceso.....	24
Tabla Nº 9 Flujo Vehicular considerado en cada Área de Estacionamiento	25
Tabla Nº 10 Factores de Emisión y Cargas de Combustible por Quemadas Agrícolas	27
Tabla Nº 11 Sectores identificados con Quemadas Agrícolas	28
Tabla Nº 12 Tasas de Emisión de las Aeronaves, Operación Año 2013	31
Tabla Nº 13 Tasas de Emisión de Grupos de Soporte Terrestre, Operación Año 2013	32
Tabla Nº 14 Tasas de Emisión de Unidades de Energía Auxiliar, Operación año 2013.....	32
Tabla Nº 15 Tasas de Emisión de Fuentes Estacionarias, Operación año 2013	33
Tabla Nº 16 Tasas de Emisión de Tránsito en Caminos de Acceso, Operación año 2013	33
Tabla Nº 17 Tasas de Emisión de Tránsito en Caminos de Acceso, Operación año 2013	34
Tabla Nº 18 Tasas de Emisiones de Quemadas Agrícolas, año 2013 (ton/año)	35
Tabla Nº 19 Tasas de Emisión Total Aeropuerto AMB, Año 2013	37
Tabla Nº 20 Variación de las Tasas de Emisión de Aeronaves	38
Tabla Nº 21 Variación de las Tasas de Emisiones de GSE	39
Tabla Nº 22 Variación de Tasas de Emisiones de APUs (ton/año)	40
Tabla Nº 23 Comparación Flujo Vehicular Total.....	41
Tabla Nº 24 Variación de Tasas de Emisión de Tránsito por Caminos de Acceso (ton/año).....	41
Tabla Nº 25 Variación de Tasas de Emisión de Estacionamientos (ton/año)	42
Tabla Nº 26 Variación de Tasas de Emisión de Fuentes Estacionarias (ton/año)	43
Tabla Nº 27 Variación de Tasas de Emisiones Totales	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Ubicación Espacial de Caminos, Calles de Rodaje y Pistas	4
Figura N° 2 Ubicación Espacial de las Dependencias de Aeropuerto	5
Figura N° 3 Ingreso de Datos al Modelo EDMS, Grupos Electrógenos	16
Figura N° 4 Ingreso de Datos al Modelo EDMS, Calderas	16
Figura N° 5 Ubicación sector Pumicita	30

1 Introducción

El presente documento da cuenta de los resultados obtenidos al realizar la memoria de cálculo correspondiente a las emisiones de material particulado respirable MP_{10} , material particulado respirable fino $MP_{2,5}$, monóxido de carbono (CO), gases orgánicos totales (TOG), hidrocarburos no metánicos (NMHC), compuestos orgánicos volátiles (VOC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y sulfuros (SO_x), generadas por las actividades asociadas al Aeropuerto Arturo Merino Benítez (en adelante, Aeropuerto AMB), durante el año 2013.

El Inventario de Emisiones año 2013, considera además de las operaciones en Aeropuerto AMB, el flujo vehicular que accede a las distintas áreas del recinto y las emisiones de fuentes externas, como las quemas agrícolas y efectos de la erosión eólica en el sector suroeste del Aeropuerto AMB, donde existe extracción de pumicita.

Para el cálculo de las emisiones asociadas a las actividades de operación del Aeropuerto AMB se utilizó el Modelo EDMS, el cual fue desarrollado por Federal Aviation Administration (FAA) en conjunto con United State Air Force (USAF). El Modelo permite generar un inventario de emisiones en base a fuentes que se encuentran en y alrededor de los Aeropuertos Civiles. Por otra parte el Modelo Emission Dispersion Modelling System (EDMS) emplea la base de datos de emisiones de los motores de aeronaves de la Federal Aviation Administration (FAA) de los EEUU.

Para las fuentes externas, el cálculo de las emisiones se realizó en base a los factores de emisión definidos en el documento "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA Región Metropolitana" y California Air Resources Board 2005 (CARB) mediante el documento "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology".

2 Descripción del Modelo Utilizado

El Modelo Emission Dispersion Modelling System (EDMS) es un sistema integrado de información, que permite evaluar los impactos de calidad del aire de las actividades aeroportuarias, principalmente provenientes de la aviación, siendo estas: Aeronaves, Unidades de Energía Auxiliar (APU), Equipo de Apoyo en Tierra (GSE), Vehículos de acceso y Fuentes estacionarias.

El Modelo EDMS incluye el cálculo de las emisiones, para lo cual cuenta con una actualización de las últimas aeronaves, una base de datos con los factores de emisión por modelo de aeronave y tipo de motor específico, estipulados por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI).

Otro elemento importante que conforma a este Modelo, es la integración en su sistema de factores de emisión asociados a los vehículos el Modelo MOBILE6 validado por la Agencia de Protección Ambiental EPA, el que realiza la predicción de emisiones de Hidrocarburos, Monóxido de Carbono, Dióxidos de Nitrógeno, Dióxido de Carbono y Material Particulado, provenientes de automóviles, camiones y motos en diversas condiciones.

Cabe mencionar que la Federal Aviation Administration (FAA) en 1998 revisa la metodología de los procedimientos de modelación del Modelo EDMS para el análisis de la calidad del aire proveniente de fuentes aeroportuarias, concluyendo que estos presentan coherencia y calidad en dicha metodología.

3 Metodología de Cálculo de Emisiones

La metodología utilizada en el cálculo de emisiones, considera las fuentes de emisión generadas por las actividades asociadas al Aeropuerto Arturo Merino Benítez y las generadas por fuentes externas.

A continuación se detallan las fuentes consideradas, las cuales son identificadas y agrupadas según las definiciones del Modelo EDMS, además se presentan las fuentes externas consideradas en el Inventario de Emisiones.

Fuentes asociadas a las actividades del Aeropuerto AMB

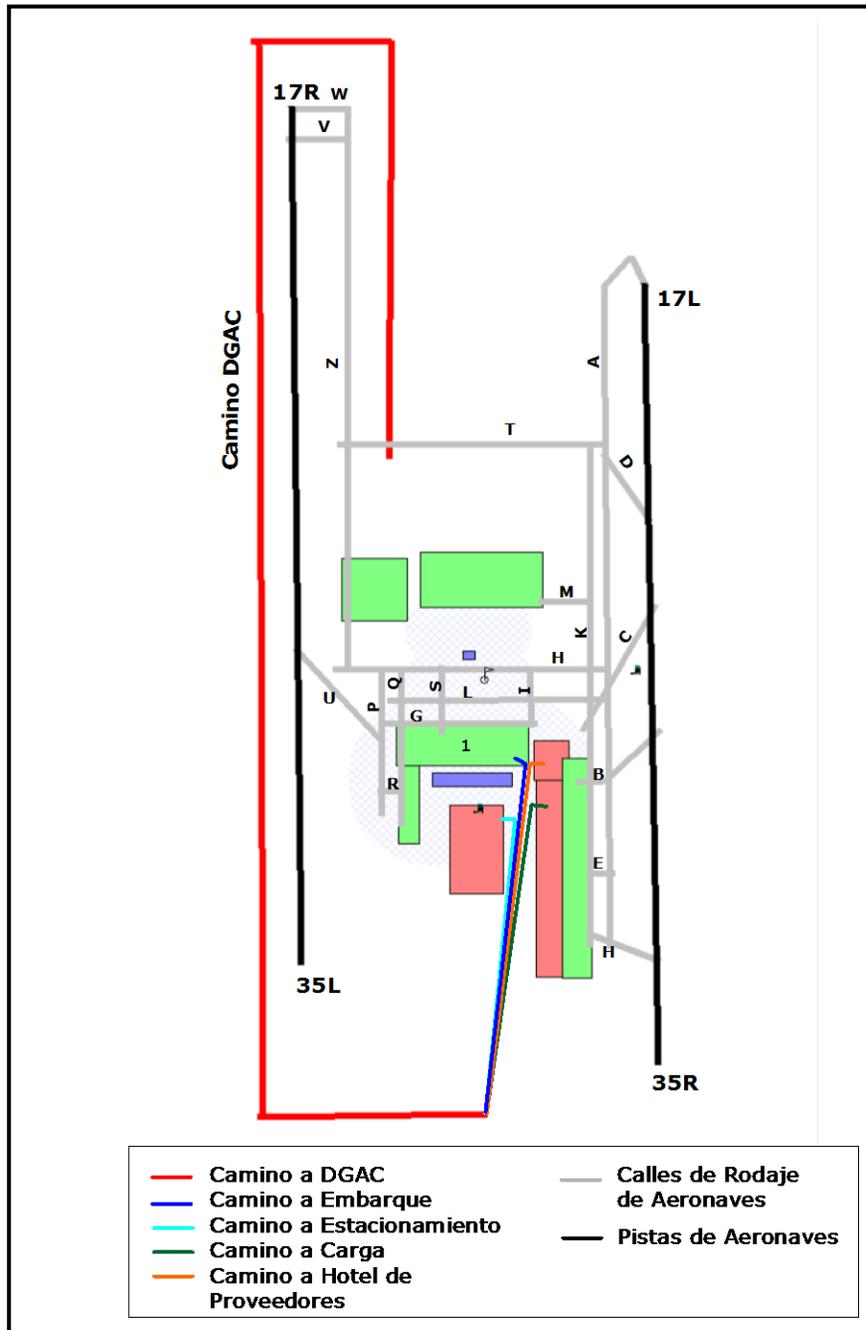
- Aeronaves
- Equipos de Soporte en Tierra y Unidades de Poder Auxiliar (GSE/APU)
- Fuentes Móviles como el flujo vehicular en vías de acceso a las distintas áreas del Aeropuerto AMB y en los estacionamientos
- Fuentes Estacionarias

Fuentes Externas

- Quemadas agrícolas
- Erosión eólica asociada a sector de extracción de pumicita

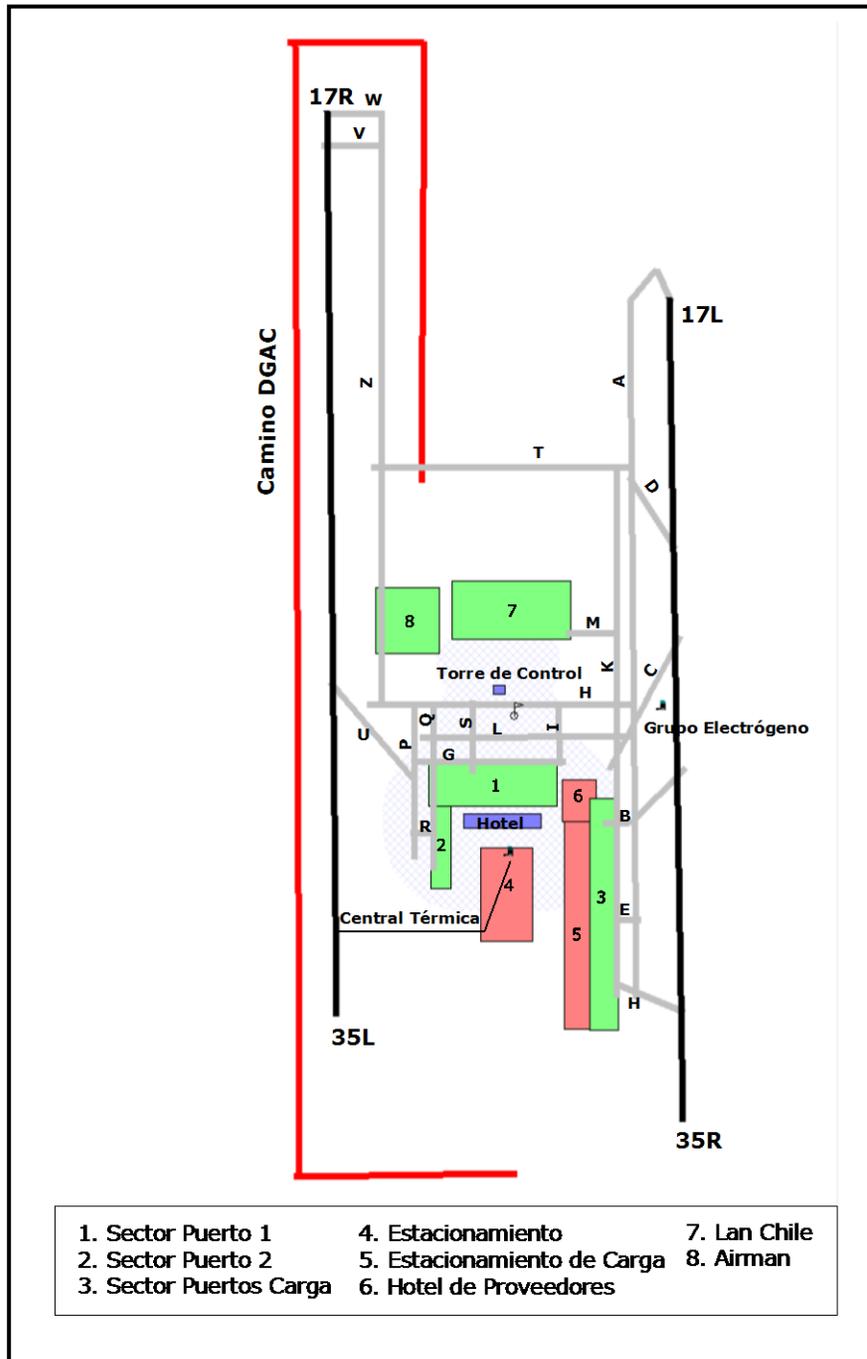
En la Figura N° 1 y Figura N° 2, se muestra la ubicación espacial de forma esquemática de las distintas fuentes asociadas a las actividades desarrolladas por Aeropuerto AMB, caminos de acceso a las distintas áreas del aeropuerto, pistas y calles de rodaje, zonas de estacionamientos, edificios y puertos de embarque.

Figura N° 1
Ubicación Espacial de Caminos, Calles de Rodaje y Pistas



Fuente: Algoritmos 2014.

Figura N° 2
Ubicación Espacial de las Dependencias de Aeropuerto



Fuente: Algoritmos 2013.

3.1 Fuentes Internas Asociadas al Aeropuerto AMB

3.1.1 Aeronaves

El estudio de las emisiones de las aeronaves está centrado en aquellas etapas del vuelo correspondientes al denominado ciclo de aterrizaje y despegue o Ciclo LTO (Landing and Take-off Cycle), el que se encuentra compuesto por 5 maniobras o modos de operación, los cuales corresponden a: movimiento en tierra de la aeronave desde la puerta de salida a la pista y viceversa, la aproximación, el despegue y el ascenso.

Cabe mencionar, que el cálculo de emisiones en base al ciclo LTO no considera aquella porción del vuelo cuando la aeronave se encuentra sobre la capa de mezcla atmosférica, puesto que los contaminantes tienden a dispersarse y no tienen efectos a nivel superficial, por el contrario, bajo la capa de mezcla las condiciones atmosféricas muestran un estado relativamente estable por lo que las emisiones quedan atrapadas bajo la inversión provocando un efecto en la calidad del aire de la zona.

La altura de la capa de mezcla considerada, se encuentra establecida por defecto en el Modelo EDMS y que corresponde a 914,4 metros, altura promediada en base a información meteorológica del Aeropuerto AMB.

a. Método de Cálculo

La metodología utilizada para la estimación de las emisiones provenientes de las aeronaves y establecidas por la *Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy Washington (FAA)* y aplicadas en el Modelo EDMS, incorpora los siguientes pasos en la estructura sistémica del Modelo EDMS.

- Determinar altura de capa de mezcla
- Definir la flota de aeronaves en operación en Aeropuerto AMB
- Determinar el nivel de actividad del Aeropuerto AMB
- Estimación de cada uno de los tiempos utilizados en los Ciclos LTO
- Factores de emisión a utilizar
- Calcular emisiones en base al nivel de operación y tipo de aeronave presente en el Aeropuerto AMB.

Las emisiones totales por ciclo LTO para un tipo de avión dado, son calculadas con la siguiente ecuación:

$E_{ij} = TIM_{jk} \times \left(\frac{FF_{jk}}{1000} \right) \times EF_{ijk} \times NE_j$	(1)
--	-----

E_{ij} : Emisiones Totales (ton/año)

TIM_{jk} : Tiempo en minutos asociado al modo k para un avión tipo j

FF_{jk} : Flujo de combustible para el modo k (kg/min) para cada motor usado en el tipo de avión j

EF_{ijk} : Factor de emisión (g/kg) para el contaminante i para un tipo de avión j operando en el modo k del ciclo LTO.

NE_j : Número de motores usados en un tipo de avión j

b. Factor de Emisión

El Modelo EDMS posee en su base de datos los factores de emisión asociados a cada modelo de aeronave y tipo de motor específico.

Cabe mencionar, que en el caso de las aeronaves que presentan operación en el Aeropuerto AMB y de las cuales no exista registro en la base de datos del modelo, se consideró el factor de la aeronave y motor más representativo del grupo.

c. Nivel de Actividad

El nivel de actividad de las aeronaves se encuentra definido por el número de Ciclos LTO y el tiempo asociado a cada una de las fases, simulando duración y estado de carga del motor durante la fase de aproximación a la pista, movimiento sobre la pista, despegue y ascenso.

Una vez realizado el cálculo para cada tipo de aeronave, las emisiones totales se calculan multiplicando las emisiones de un ciclo por la cantidad de ciclos LTO que ese tipo de avión realizó en el año de estudio. Por lo que para obtener las emisiones totales de toda la flota se suman los cálculos realizados para cada tipo de aeronave.

A continuación en la Tabla N° 1, se presenta el listado de las aeronaves que operaron en el Aeropuerto AMB durante el año 2013, información proporcionada por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Cabe mencionar que la información presentada en la Tabla N° 1 fue generada en base a un listado de aeronaves entregado por la DGAC respecto de las operaciones del año.

Tabla N° 1
Listado de Aeronaves y Ciclos LTO, año 2013

<i>Modelo</i>	<i>Ciclo LTO</i>
AV-8B Harrier	2
Agusta A-109	448
Air Tractor 802	14
Air Tractor AT-502	3
Airbus A310-200	2
Airbus A318-100	879
Airbus A319-100	11.834
Airbus A320-200	30.076
Airbus A321-200	339
Airbus A330-200	428
Airbus A330-300	41
Airbus A340-300	562
Airbus A340-600	365
Antonov 124 Ruslan	2
Avro RJ-85	91
BAE 146-200	144
Bell 206 JetRanger	605
Bell 407	571
Bell UH-1 Iroquois	825
Boeing 707-300	27
Boeing 727-200	115
Boeing 737-200	1.975
Boeing 737-300	935
Boeing 737-400	58
Boeing 737-500	94
Boeing 737-700	682
Boeing 737-800	1.417
Boeing 747-200	6
Boeing 747-400	422
Boeing 747-SP	69

<i>Modelo</i>	<i>Ciclo LTO</i>
Boeing 757-200	2
Boeing 757-300	2
Boeing 767-200	106
Boeing 767-300	6.801
Boeing 767-400	32
Boeing 767-400 ER	1
Boeing 777-200	669
Boeing 777-300	1.186
Boeing DC-10-10	1
Boeing KC-135 Stratotanker	120
Boeing MD-11	490
Boelkow BO-105	39
Bombardier CRJ-200	58
Bombardier CRJ-700	50
Bombardier Challenger 300	45
Bombardier Challenger 600	12
Bombardier Challenger 601	9
Bombardier Challenger 604	3
Bombardier Learjet 35	111
Bombardier Learjet 40	36
Bombardier Learjet 45	17
Bombardier Learjet 55	2
Bombardier Learjet 60	33
Casa 212-400	20
Casa 295	10
Casa CN-235-100	2
Casa CN-235-300	83
Cessna 150	1
Cessna 172 Skyhawk	343
Cessna 182	16
Cessna 206	7
Cessna 208 Caravan	14
Cessna 210 Centurion	11
Cessna 310	12

<i>Modelo</i>	<i>Ciclo LTO</i>
Cessna 340	2
Cessna 421 Golden Eagle	15
Cessna 441 Cosquest II	1
Cessna 501 Citation I SP	10
Cessna 525 Citation Jet	423
Cessna 550 Citation II	599
Cessna 551 Citation II SP	81
Cessna 560 Citation Excel	145
Cessna 560 Citation V	18
Cessna 650 Citation III	12
Cessna 680 Citation Sovereign	62
Cessna 750 Citation X	60
Cirrus SR22	95
Dassault Falcon 10	19
Dassault Falcon 20-F	1
Dassault Falcon 200	1
Dassault Falcon 2000-EX	19
Dassault Falcon 50	4
Dassault Falcon 900-EX	48
DeHavilland DHC-6-300 Twin Otter	606
Dornier 228-100	666
Dornier 228-200	84
EADS Socata TBM-700	31
EADS Socata TBM-850	12
Embraer 312 Tucano	73
Embraer EMB110 Bandeirante	1
Embraer ERJ135	3
Embraer ERJ135 Legacy Business	7
Embraer ERJ145	2
Embraer ERJ145-XR	1
Embraer ERJ190	1.109
Embraer Legacy	26
Fairchild SA-226-T Merlin III	1
Fairchild SA-227-AC Metro III	3

<i>Modelo</i>	<i>Ciclo LTO</i>
Grumman G-21G Goose	2
Gulfstream G150	197
Gulfstream G200	1
Gulfstream G300	4
Gulfstream G400	1
Gulfstream G450	17
Gulfstream G550	43
Gulfstream IV-SP	123
Gulfstream V-SP	18
Hawker HS 125 series 1	1
Hawker HS 125 series 700	3
Ilyushin 76 Candid	1
Ilyushin 96	1
Lancair 360	1
Lockheed C-130 Hercules	167
Lockheed Martin F-16 Fighting Falcon	205
Lockheed P-3 Orion	5
Mitsubishi MU-2	10
Northrop F-5E/F Tiger II	8
Pilatus PC-12	7
Pilatus PC-6 Porter	4
Piper PA-28 Cherokee	99
Piper PA-31 Navajo	37
Piper PA-31T Cheyenne	334
Piper PA-32 Cherokee Six	1
Piper PA-34 Seneca	49
Piper PA-46 500TP	1
Raytheon Beech 1900-D	1
Raytheon Beech Baron 58	11
Raytheon Beech Bonanza 36	80
Raytheon Beechjet 400	7
Raytheon Hawker 4000 Horizon	61
Raytheon Hawker 800	60
Raytheon Hawker 900	89

<i>Modelo</i>	<i>Ciclo LTO</i>
Raytheon Hawker 900XP	3
Raytheon King Air 100	1
Raytheon King Air 90	180
Raytheon Super King Air 200	857
Raytheon Super King Air 300	111
Robinson R44 Raven	4
Rockwell 1121 Jet Commander	2
Rockwell Commander 690	3
Rockwell Commander 60	1
Total de Ciclos año 2013	70.426

Fuente: DGAC año 2014.

3.1.2 Equipo de Soporte en Tierra y Unidades de Poder Auxiliar (GSE/APU)

Los grupos de soporte en tierra corresponden a unidades móviles que abastecen a la aeronave ya sea en el traslado, transporte de carga, servicios de combustible entre otros, mientras que las unidades de poder auxiliar corresponden a sistemas que proveen de energía a las aeronaves cuando se encuentran fuera de los puertos.

a. Método de Cálculo

El cálculo de las emisiones para los equipos GSE y unidades de poder auxiliar APU se realiza mediante la siguiente ecuación:

$E_{GSE} = P \times LF \times U \times EI$	(2)
--	-----

Donde

E_{GSE} : Emisiones (ton/año)

P : Potencia del Equipo (hp)

LF : Factor de carga (%)

U : Horas de uso

EI : Factor de emisiones por contaminante de acuerdo al tipo de motor y combustible utilizado

b. Factor de Emisión

El Modelo EDMS tiene en su base de datos los grupos de soporte en tierra y unidades de poder auxiliar dependiendo del tipo de aeronave, por lo cual los factores de emisión son los asociados a cada uno de ellos y consideran factores de carga y potencia, información que se encuentra integrada en el Modelo.

c. Nivel de Actividad

El nivel de actividad está representado por el tiempo de funcionamiento, el cual depende de la aeronave en análisis y los equipos asociados a ésta, información integrada en el Modelo EDMS. Cabe mencionar que el uso de los puentes de embarque por parte principalmente de aeronaves del tipo AirBus y Boeing, reducen la utilización de APUs.

3.1.3 Fuentes Estacionarias

Las fuentes estacionarias en Aeropuerto AMB se encuentran representadas por calderas y grupos electrógenos ubicados en distintos lugares del Aeropuerto AMB.

a. Calderas

- Método de Cálculo

La ecuación general para determinar las emisiones de las calderas, se define a continuación.

$E = Fe \times C$	(3)
-------------------	-----

Donde:

- E : Emisión (kg/año)
- Fe : Factor de Emisión Calderas (kg/10³L)
- C : Consumo de Combustible (10³L/año)

En cuanto al consumo de combustible, éste se determina a través de la siguiente ecuación:

$C = \frac{Pe}{\%ef \times Pc}$	(4)
---------------------------------	-----

Donde:

- C : Consumo de Combustible (10³L/año)
- Pe : Potencia equivalente (kcal/hora)
- $\%ef$: Porcentaje de eficiencia
- Pc : Poder calorífico (kcal/10³ L)

- Factor de Emisión

Los factores de emisión utilizados en el Modelo EDMS se encuentran en la base de datos del sistema y corresponden a los factores de emisión definidos en el documento "AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, United States – Environmental Protection Agency".

- Nivel de Actividad

La siguiente Tabla, presenta los valores de potencia equivalente, el poder calórico y las horas de operación al año, necesarios para determinar el consumo de combustible anual, de acuerdo a lo expresado en la ecuación (4). En cuanto al porcentaje de eficiencia, se consideró un 50%.

Tabla N° 2
Características Técnicas y de Operación de las Fuentes Estacionarias

Organización	Fuente Emisora	Tipo Combustible	Potencia equivalente (kcal/hora)	Poder Calórico (Kcal/Kg)	Horas de operación al año	Consumo Combustible (10³L/año)
SCL	Caldera 1	Gas Licuado	941,4	11.900	2.880	0,8
SCL	Caldera 2	Gas Licuado	1.980	11.900	2.880	1,6
SCL	Caldera 3	Gas Licuado	1.980	11.900	2.880	1,6
SCL	Caldera 4	Gas Licuado	908,58	11.900	2.880	0,8
Hotel Holyday	Caldera 1	Petróleo Diesel N°2	542.000	12.100	8.760	943,2
Hotel Holyday	Caldera 2	Petróleo Diesel N°2	542.000	12.100	8.760	943,2
SKY Chefs	Caldera 1	Gas Licuado	400	11.900	5.475	0,6
SKY Chefs	Caldera 2	Gas Licuado	1.500	11.900	5.475	2,4
SKY Chefs	Caldera 3	Gas Licuado	187	11.900	5.475	0,3
Andes	Caldera 1	Gas Natural	137.569	11.900	8.640	343,2
Andes	Caldera 2	Gas Natural	137.569	11.900	8.640	343,2
Airman	Caldera 1	Gas Licuado	52.193	11.900	5.500	82,9
LAN	Caldera 1	Gas Licuado	210.000	11.900	2.920	177,1
LAN	Caldera 2	Gas Licuado	385.469	11.900	2.920	325,0
LAN	Caldera 3	Gas Licuado	1.383.000	11.900	2.920	1.166,2
Fast Air	Caldera 1	Gas Natural	137.569	11.900	8.640	343,2
Fast Air	Caldera 2	Gas Natural	137.569	11.900	8.640	343,2

Fuente: DGAC.

Figura N° 3
Ingreso de Datos al Modelo EDMS, Grupos Electr6genos

The screenshot shows the EDMS software interface for entering data for 'Grupos Electr6genos'. The interface is divided into several sections:

- Available:** Lists units FE37 and FE9.
- In Study:** Lists units FE1 through FE22, with FE1 selected.
- Category & Type:** Set to 'Emergency Generator' and 'Diesel Fuel (EPA Methodology)'. It includes 'Hours Operated' (Yearly: 15, Peak: 0) and 'Operational Profiles' (Qtr-Hourly, Daily, Monthly: DEFAULT).
- Dispersion Parameters:** Includes a table for X (meters) and Y (meters) coordinates, and input fields for Elevation, Rel. Height, Gas Velocity, and Temperature.
- Emission Parameters:** A table listing various parameters and their values/units.

Parameter Name	Value	Units
CO EF	3.030	grams/hp-hr
TOC EF	1.140	grams/hp-hr
NOx EF	14.000	grams/hp-hr
SOx EF	0.930	grams/hp-hr
PM-10 EF	0.998	grams/hp-hr
CO Pollution Control Factor	0. %	
TOC Pollution Control Factor	0. %	
NOx Pollution Control Factor	0. %	
SOx Pollution Control Factor	0. %	
PM-10 Pollution Control Factor	0. %	
Power Rating	1340	horsepower

Fuente: Modelo EDMS

Figura N° 4
Ingreso de Datos al Modelo EDMS, Calderas

The screenshot shows the EDMS software interface for entering data for 'Calderas'. The interface is divided into several sections:

- Available:** Lists units FE37 and FE9.
- In Study:** Lists units FE38 through FE8, with FE51 selected.
- Category & Type:** Set to 'Boiler/Space Heater' and 'Fuel Oil: Commercial Boiler <100 Million BTU/hr, Distillate Oil'. It includes 'Kiloliters Used' (Yearly: 936.8, Peak: 0.03) and 'Operational Profiles' (Qtr-Hourly, Daily, Monthly: DEFAULT).
- Dispersion Parameters:** Includes a table for X (meters) and Y (meters) coordinates, and input fields for Elevation, Rel. Height, Gas Velocity, and Temperature.
- Emission Parameters:** A table listing various parameters and their values/units.

Parameter Name	Value	Units
CO EI	0.600	Kg/Kiloliter
TOC EI	0.067	Kg/Kiloliter
NOx EI	2.400	Kg/Kiloliter
SOx EI	17.300	Kg/Kiloliter - %Sulfur
PM-10 EI	0.123	Kg/Kiloliter
Fuel Sulfur Content	0.300	%
CO Pollution Control Factor	0. %	
TOC Pollution Control Factor	0. %	
NOx Pollution Control Factor	0. %	
SOx Pollution Control Factor	0. %	
PM-10 Pollution Control Factor	0. %	

Fuente: Modelo EDMS

b. Grupos Electr6genos

- M6todo de C6lculo

La ecuaci6n general para determinar las emisiones provenientes del Grupo Electr6geno, se define a continuaci6n.

$E = Fe \times P \times H / 1000$	(5)
-----------------------------------	-----

Donde:

- E : Emisi6n Grupo Electr6geno (Kg/a6o)
- Fe : Factor de Emisi6n para Grupo Electr6geno (g/hp-hr)
- P : Potencia Grupo Electr6geno (hp)
- H : Horas de funcionamiento anual (hr/a6o)

- Factor de Emisi6n

Los factores de emisi6n utilizados en el Modelo EDMS, se encuentran en la base de datos del sistema y corresponden a los factores de emisi6n definidos en el documento "AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, United States – Environmental Protection Agency", Capitulo 3: Stationary Internal Combusti6n Sources, Secci6n 3.3: Gasoline and Diesel Industrial Engines, Tabla 3.3-1.

- Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a las horas de funcionamiento de los Grupos Electr6genos, informaci6n entregada por la DGAC.

En la siguiente Tabla se presenta las caracter6sticas t6cnicas y de operaci6n de cada Grupo Electr6geno.

Tabla N° 3
Características Técnicas y de Operación de las Fuentes Estacionarias

Organización	N° de Fuentes Emisoras	Potencia (hp)	Hora de funcionamiento anual
SCL	3	2010	104
Hotel Holyday	1	681	100
Andes	1	429	30
YPF	1	9	20
SIAV	1	536	28
Enaer	1	75	60
Aeronest	1	34	15
Airman	1	265	90
Lan Cargo	1	236	698
Lan Cargo	1	64	7
Lan Cargo	1	70	7
Base Mtto	1	538	11,6
Base Mtto	1	269	12,3
Base Mtto	1	161	15,1
Base Mtto	1	860	26
Base Mtto	1	336	32,7
Fast Air	1	372	30
Zona Central	1	944	4,8
Zona Central	1	944	3,1
Zona Central	1	704	50
Zona Central	1	313	50
Zona Central	1	26	6,2
Zona Central	1	30	12,7
Zona Central	1	21	2

Fuente: DGAC año 2014.

3.1.4 Fuentes Móviles

Las fuentes móviles consideradas en la Actualización del Inventario de Emisiones de Aeropuerto AMB contemplan las emisiones fugitivas provenientes del flujo vehicular y su combustión, representado principalmente por vehículos de acercamiento a las distintas dependencias del recinto y el tránsito en áreas de estacionamiento.

En cuanto al tránsito de vehículos por caminos de acceso a las distintas áreas del Aeropuerto AMB se consideró en el Modelo EDMS, lo siguiente:

- Tránsito Camino DGAC, correspondiente al Flujo de vehículos que se dirigen al sector de la Torre de Control de la DGAC, dependencias de LAN, G-10 de la Fuerza Aérea de Chile, entre otros.
- Tránsito Camino Embarque, correspondiente al Flujo de vehículos que se dirigen al sector de embarque de pasajeros.
- Tránsito Camino Estacionamiento, correspondiente al Flujo de vehículos que se dirigen al sector de estacionamiento de pasajeros.
- Tránsito Camino Carga, correspondiente al Flujo de vehículos que se dirigen al sector de carga.
- Tránsito Camino Hotel de Proveedores, correspondiente al Flujo de vehículos que se dirigen al sector de Hotel de Proveedores.

Respecto del tránsito en áreas de estacionamiento se consideraron 3 zonas:

- Tránsito Estacionamiento de Pasajeros
- Tránsito Estacionamiento Hotel de Proveedores
- Tránsito Estacionamiento de Carga.

Cabe mencionar que el flujo vehicular que ingresó al Aeropuerto AMB durante el año 2013 no cuenta con una clasificación según tipo de vehículos ni lugar de destino. Por lo anterior, se aplicarán los porcentajes presentados en el documento "Actualización Memoria Calculo de Emisiones Aeropuerto Arturo Merino Benítez, año 2010", puesto que se consideró que dicho flujo es representativo para determinar la distribución según tipo de vehículo y vía utilizada como acercamiento a las distintas áreas del Aeropuerto AMB durante el año 2013.

a. Método de Cálculo

La ecuación general para determinar las emisiones de las fuentes móviles se define a continuación.

$E_i = Fe_i \times D_i$	(6)
-------------------------	-----

Dónde:

- E_i : Emisión según tipo de vehículo i (kg/año)
- Fe_i : Factor de emisión según tipo de vehículo i (kg/veh-km)
- D_i : Distancia total recorrida según tipo de vehículo i (veh-km/año)

b. Factor de Emisión

Los factores de emisión utilizados en el Modelo EDMS, se encuentran en la base de datos del sistema y corresponden a los factores de emisión definidos en el modelo EPA MOBILE 6.2.

Los contaminantes considerados por el Modelo MOBILE e ingresados al Modelo EDMS corresponden a CO, VOC, TOG, NO_x, SO_x MP₁₀ y MP_{2,5}.

Cabe mencionar, que los factores de emisión utilizados por el Modelo EDMS, también dependen del año de fabricación de los vehículos considerados en el cálculo. Por lo anterior, se utilizó como año promedio de fabricación para todo tipo de vehículo el año 2010.

Tabla N° 4
Clasificación de vehículos

Clasificación Vehículos Conteo	Clasificación Factor de Emisión
Vehículos livianos	Vehículos particulares
Buses	Buses urbanos licitados
Camión 2 ejes	Camiones livianos diesel
Camión 3 ejes	Camiones medianos diesel
Camión más de 3 ejes	Camiones pesados diesel

Fuente: Algoritmos 2014.

c. Nivel de Actividad

El nivel de actividad asociado al tránsito de vehículos y la combustión de éstos, se encuentra representado por el flujo vehicular según tipo de vehículo que transita por los caminos de acceso a las áreas del Aeropuerto y por la distancia de éstos.

En el caso de los estacionamientos, el nivel de actividad corresponde al número de vehículos que ingresa a estas áreas y la distancia recorrida hasta situarse en el estacionamiento.

- Flujo Vehicular

Para establecer el flujo vehicular se identificaron los caminos de acceso a las distintas áreas del Aeropuerto AMB y las áreas de estacionamiento, tal como se presenta en la Tabla N° 5 y Tabla N° 6.

Por otra parte en la Figura N° 1 y Figura N° 2 se presenta la ubicación de los caminos de acceso y las áreas de estacionamiento respectivamente.

Tabla N° 5
Caminos considerados en Conteo Vehicular

Camino	Origen	Destino
Camino DGAC	Punto Común ^a	Dependencias de DGAC
Camino Embarque	Punto Común	Sector de embarque de pasajeros
Camino Estacionamientos	Punto Común	Sector de estacionamientos de pasajeros
Camino Carga	Punto Común	Sector de estacionamiento de carga
Camino Hotel de Proveedores	Punto Común	Sector identificado como Hotel de Proveedores

Fuente: Algoritmos 2014.

^a Corresponde al lugar donde se dividen los caminos de acceso a las distintas áreas del Aeropuerto AMB.

Tabla N° 6
Sector de Estacionamientos y Flujo Vehicular Asociado

Sector de estacionamientos	Flujo Asociado
Sector de estacionamientos de Pasajeros	Flujo ingreso Camino Estacionamientos
Sector de estacionamiento de carga	Flujo ingreso Camino Carga
Sector identificado como Hotel de Proveedores	Flujo ingreso Camino Hotel de Proveedores

Fuente: Algoritmos 2014.

Cabe mencionar que los caminos presentados en la Tabla N° 5 con su respectivo origen y destino, corresponden a los ingresados al Modelo EDMS como fuentes móviles, para los cuales se realizó el cálculo de emisiones.

Posteriormente se definieron categorías de vehículos a considerar en el conteo para cada camino de acceso definido anteriormente, la cual se muestra en la Tabla N° 4.

Por otra parte, el flujo de ingreso considerado en las 3 áreas de estacionamiento, corresponde al flujo asignado para cada camino según el destino, como se presenta en la Tabla N° 6.

La cantidad de vehículos que transitan por los caminos y sectores anteriormente identificados, se estimó en base al porcentaje referencial calculado y presentado en el documento "Actualización Memoria de Cálculo de Emisiones Aeropuerto Arturo Merino Benítez, año 2010" y aplicado al total de vehículos registrados en el año 2013.

Por lo tanto estos porcentajes, presentados en la Tabla N° 7, fueron aplicados al total de vehículos registrados en el año 2013, lo cual permite obtener la distribución del flujo de entrada de vehículos por cada camino.

Tabla N° 7
Total de Vehículos y Porcentaje Equivalente por Caminos de Acceso

Caminos de Acceso	Porcentaje por camino (%)^b	Flujo Total de vehículos Año 2013	Flujo vehículos según Camino, Año 2013
Camino DGAC	14,3	9.161.407	1.310.081
Camino Embarque	41,5		3.801.984
Camino Estacionamientos	26,7		2.446.096
Camino Carga	10,8		989.432
Camino Hotel Proveedores	6,7		613.814

Fuente: Algoritmos 2014, basado en información entregada por DGAC

^b Porcentajes estimados en el documento "Actualización Memoria de Cálculo de Emisiones Aeropuerto Arturo Merino Benítez", año 2010.

Posteriormente en el mismo documento, se estableció un porcentaje, de acuerdo al tipo de vehículo para cada camino de acceso, el cual fue aplicado al flujo de ingreso de vehículos estimados para el año 2013 por cada camino de acceso, el cual se presenta en la Tabla N° 8.

Cabe mencionar que el flujo vehicular establecido para los caminos de acceso en la Tabla N° 8 presenta los flujos de entrada a cada sector por lo cual se deben multiplicar por 2 para obtener el flujo total de vehículos para el año 2013 en cada camino de acceso, según lo establecido por el Modelo EDMS.

Respecto al tránsito al interior de los estacionamientos también es considerado en el Modelo EDMS como fuente de emisiones fugitivas, por lo cual se consideraron los mismos flujos de entrada de vehículos, según tipo de vehículo y para cada camino, como se definen en la Tabla N° 8.

Las áreas de estacionamientos consideradas son: Estacionamiento Pasajeros, Estacionamiento Hotel de Proveedores y Estacionamiento Carga. A continuación en la Tabla N° 9 se presenta el Flujo vehicular considerado para cada área según tipo de vehículo.

Cabe mencionar que el flujo vehicular requerido para su ingreso al Modelo EDMS, corresponde sólo a los flujos de entrada a los distintos estacionamientos.

Tabla N° 8
Flujo de Vehículos y Porcentaje aplicado según tipo de vehículo
por Camino de Acceso

<i>Camino de Acceso</i>	<i>Tipo de Vehículo</i>	<i>Porcentaje según tipo de vehículo (%)^c</i>	<i>Flujo vehículos según Camino, Año 2012</i>	<i>Flujo Vehículos según Tipo, Año 2013^d</i>
Camino DGAC	Vehículos livianos	92,89	1.310.081	1.216.934
	Buses	4,96		64.980
	Camión 2 ejes	1,58		20.699
	Camión 3 ejes	0,54		7.074
	Camión + de 3 ejes	0,03		393
Camino Embarque	Vehículos livianos	95,13	3.801.984	3.616.827
	Buses	4,79		182.115
	Camión 2 ejes	0,08		3.042
Camino Estacionamientos	Vehículos livianos	98,90	2.446.096	2.419.189
	Buses	0,90		22.015
	Camión 2 ejes	0,20		4.892
Camino Carga	Vehículos livianos	84,07	989.432	831.815
	Buses	10,65		105.375
	Camión 2 ejes	3,90		38.588
	Camión + de 3 ejes	1,38		13.654
Camino Hotel Proveedores	Vehículos livianos	86,95	613.814	533.711
	Buses	12,90		79.182
	Camión 2 ejes	0,14		859

Fuente: Algoritmos 2014, revisado por Oficina de Medio Ambiente y Prevención Ap. AMB-DGAC.

^c Porcentajes estimados en el documento "Actualización Memoria de Cálculo de Emisiones Aeropuerto Arturo Merino Benítez", año 2010.

^d Flujo de vehículos de entrada

Tabla N° 9
Flujo Vehicular considerado en cada Área de Estacionamiento

Estacionamientos	Tipo de Vehículo	N° de vehículos^e
Estacionamiento de Pasajeros	vehículos livianos	2.419.189
	buses	22.015
	camión 2 ejes	4.892
Estacionamiento Carga	vehículos livianos	831.815
	buses	105.375
	camión 2 ejes	38.588
	camión + de 3 ejes	13.654
Estacionamiento Hotel Proveedores	vehículos livianos	533.711
	buses	79.182
	camión 2 ejes	859

Fuente: Algoritmos 2014.

- Velocidad de los vehículos y distancia recorrida

Respecto de la velocidad de tránsito en los caminos de acceso, ésta correspondió a 50 km/h, mientras que en las áreas de estacionamiento la velocidad de tránsito de los vehículos fue de 32 km/h.

La distancia recorrida por los vehículos en los caminos de acceso fue estimada por el Modelo EDMS mediante el ingreso de un plano georreferenciado del sector del Aeropuerto AMB^f.

Respecto de la distancia recorrida en las áreas de estacionamiento, ésta se estimó en base a una visita a terreno, por lo cual se determinó en 100 metros para el sector de Carga y Hotel de Proveedores y 200 metros en sector Estacionamiento de Pasajeros.

^e Flujo de vehículos de entrada

^f Diagrama de diseño presentado en la Figura N° 1 y Figura N° 2

3.2 Fuentes Externas

La actualización del Inventario de Emisiones para el año 2013 contempla las emisiones provenientes de fuentes externas, correspondientes a quemas agrícolas realizadas en las cercanías del Aeropuerto AMB en un radio de 5 km. aproximadamente y a la erosión eólica en sectores de extracción de pumicita.

3.2.1 Quemas Agrícolas

La DGAC mantiene catastros de incendios producidos en las cercanías del Aeropuerto AMB, mediante observación diaria desde las Oficinas de la Torre de Control Aéreo, y registros desarrollados por su Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios SSEI. Por lo que para este Inventario se consideraron los catastros internos de DGAC año 2013.

En la combustión generada en las quemas agrícolas, se emiten diversos contaminantes a la atmósfera siendo los más importantes, el material particulado MP_{10} y $MP_{2,5}$, óxido de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2), compuestos orgánicos volátiles (COV) y monóxido de carbono (CO).

a. Método de Cálculo

El método de cálculo se basa en lo presentado por California Air Resources Board 2005 (CARB) mediante el documento "*Emission Factors for Open Burning of Agricultural Residues*", Section 7.17 "*Agricultural Burning and Other Burning Methodology*", el cual describe el cálculo de emisiones asociados a quemas de residuos agrícolas.

En dicho documento se describen factores de emisión para los distintos tipos de cultivos, tales como la quema de residuos agrícolas posterior a la cosecha y podas; disminución de pastizales y hierbas, entre otros. Junto con lo anterior, se presentan las cargas de combustibles por superficie consumida para cada tipo de material en quema.

Por lo anterior y debido a que no se tiene información sobre los materiales en quema, se consideró que la totalidad de las quemas agrícolas cuantificadas en las cercanías del aeropuerto son pastizales, según lo informado por la DGAC.

Por otra parte en la siguiente ecuación se presenta el cálculo de las emisiones totales por quemas de pastizales.

$E = FQ \times Cc \times Hc$	(7)
------------------------------	-----

Donde

E : Emisiones (kg/año)

FQ : Factor de emisión de quema (kg/ton)

Cc : Carga de combustible del material (ton/ha)

Hc : Área consumida por la quema (ha)

b. Factor de Emisión

A continuación en la siguiente Tabla se presentan los factores de emisión para cada contaminante y la carga de combustible del material en quema.

Tabla N° 10
Factores de Emisión y Cargas de Combustible por Quemas Agrícolas

Factores de Emisión Quemas Agrícolas (kg/ton)						Carga de combustible (ton/ha)
MP_{10}	$MP_{2,5}$	NO_x	SO_x	VOC	CO	
7,2	6,9	2,0	0,3	4,9	51,7	2,6

Fuente: Algoritmos 2014.

c. Nivel de Actividad

El nivel de actividad generado por las quemas agrícolas corresponde a las hectáreas consumidas por dicha acción, para lo cual se consideró un área de 0,05 hectáreas por cada incendio informado, debido a que no se tiene información sobre las superficies afectadas por las quemas.

Por otra parte, en base al catastro anual de quemas realizado por la DGAC en las cercanías del Aeropuerto AMB, se identificaron 12 sectores representativos ubicados alrededor de éste y que se presentan en la siguiente Tabla con las respectivas quemas cuantificadas y el área total consumida por esta acción.

Tabla N° 11
Sectores identificados con Quemadas Agrícolas

Sectores	N° de Quemadas Agrícolas, Año 2012	Área total consumida (ha)
Pista 17 L	7	0,35
Pista 17 R	9	0,45
Pista 35 R	6	0,30
Sector Norte Pista 17 R	7	0,35
Sector Norte Pista 17 L	25	1,25
Sector Sur Pista 35 L	7	0,35
Sector Sur Pista 35 R	5	0,25
Sector Este Pista 17 L	26	1,30
Sector Este Pista 17 R	4	0,20
Sector Oeste Pista 17 R	15	0,75
Sector Oeste Pista 17 L	4	0,20
Sector Oeste Pista 35 L	2	0,10

Fuente: Algoritmos 2014, en base a información proporcionada por DGAC.

3.2.2 Erosión Eólica en Sector de Extracción de Pumicita

El material particulado (MP_{10}) presente en una superficie expuesta al viento puede ser emitido a la atmósfera cuando las intensidades de los vientos sobrepasen un límite permitiendo el arrastre de las partículas.

En la comuna de Pudahuel, en donde se ubica el Aeropuerto AMB, se han identificado sectores donde existen una explotación de minas de pumacita (material de tipo ceniza volcánica con proporciones variables de piedra pómez y fragmentos de roca), los que generan polución permanente que se incrementa con las ráfagas de viento presentes en la zona, principalmente en épocas estivales donde los vientos aumentan su intensidad, siendo el más representativo en cuanto a su extensión y ubicación el área ubicada en el sector suroeste de la Pista 35L del Aeropuerto AMB, el cual se presenta en este estudio.

a. Método de Cálculo

La emisión generada por la erosión eólica se estimó mediante la siguiente ecuación:

$E = Fe \times A$	(8)
-------------------	-----

Donde

- E : Emisión por erosión eólica (kg/año)
- Fe : Factor de emisión de erosión eólica (kg/ha)
- A : Área expuesta a erosión (ha/año)

En donde el método del cálculo del factor por erosión eólica (kg/ha) de MP_{10} se realiza mediante la ecuación 8, la cual considera el porcentaje de finos del material y el porcentaje de tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s.

$Fe = 1,9 \times \left(\frac{s}{1,5}\right) \times \left(\frac{f}{15}\right)$	(9)
---	-----

Donde

- Fe : factor de emisión por erosión (kg/ha)
- s : % de finos del material
- f : porcentaje del tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s

Para el porcentaje de finos se ha considerado un promedio del 40%, valor extraído del Estudio "Caracterización de las Emisiones de Áridos y su posterior Evaluación y Control, CONAMA RM (1999)", Capítulo 3 "Emisiones de Material Particulado Región Metropolitana", el cual propone un rango de finos entre 30% y 50% para el material de tipo puzolana o pumicita.

Por otra parte, el porcentaje del tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s es del 6,8%, cálculo realizado en base a información meteorológica de la estación ubicada en Aeropuerto AMB y proporcionada por la DGAC.

b. Nivel de Actividad

El nivel de actividad está representado por el área afectada por la erosión. La ubicación del terreno compuesto por pumicita y expuesto a erosión eólica fue proporcionada por la DGAC.

El área expuesta a erosión, se encuentra en el extremo sur-oeste del Aeropuerto AMB, como se muestra en la Figura N° 5.

Cabe mencionar que el área considerada fue calculada por el consultor en base a imagen extraída de Google Earth.

De esta manera y en base a la información entregada el área afectada por erosión eólica corresponde a 85,8 hectáreas.

Figura N° 5
Ubicación sector Pumicita



Fuente: Google Earth.

4 Tasas de Emisión Resultante

Al multiplicar los factores de emisión por el nivel de actividad de cada fuente definida en las secciones anteriores, se obtienen las tasas de emisión total para MP₁₀ y MP_{2,5} y los gases monóxido de carbono (CO), gases orgánicos totales (TOG), hidrocarburos no – metánicos (NMHC), compuestos orgánicos volátiles (VOC), óxido de nitrógeno (NO_x) y sulfuros (SO_x).

4.1 Tasas de Emisión de Fuentes Internas del Aeropuerto AMB

A continuación se presentan las emisiones anuales de acuerdo a cada actividad realizada en las dependencias del Aeropuerto AMB para el año 2013.

4.1.1 Aeronaves

En la siguiente Tabla se muestran las emisiones generadas por las aeronaves.

Tabla N° 12
Tasas de Emisión de las Aeronaves, Operación Año 2013

Actividad Emisora	Tasas de Emisión (ton/año)								
	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO _x	SO _x	MP ₁₀	MP _{2,5}
Aeronaves	104,844	19,811	22,901	22,781	22,903	330,049	22,047	2,009	2,009

Fuente: Algoritmos 2014.

En la Tabla anterior, se observa que las mayores emisiones corresponden a Óxidos de Nitrógeno NO_x, seguido por el Monóxido de Carbono CO.

4.1.2 Grupos de Soporte Terrestre (GSE)

La Tabla N° 13 presenta las emisiones provenientes de los Grupos de Soporte Terrestre asociados a cada aeronave.

Tabla N° 13
Tasas de Emisión de Grupos de Soporte Terrestre, Operación Año 2013

Actividad Emisora	Tasas de Emisión (ton/año)								
	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO_x	SO_x	MP₁₀	MP_{2,5}
Grupos de Soporte Terrestre	245,954	N/A	8,120	8,465	9,308	27,939	0,617	0,978	0,936

Fuente: Algoritmos 2014.
N/A: No Aplica

En la Tabla anterior, se observa que las mayores emisiones de los Grupos de Soporte Terrestre asociados a cada aeronave, corresponden a Monóxido de Carbono (CO) seguido por los Óxidos de Nitrógeno (NO_x).

4.1.3 Unidades de Energía Auxiliar (APU)

Estas Unidades de Energía Auxiliar son las que suministran energía a las aeronaves las cuales pueden ir conectadas directamente a los puentes de embarque del Aeropuerto AMB o a generadores propios. Cabe mencionar que en el año 2013, según información entregada por la DGAC, del total de ciclos registrados el 62% utilizó los puentes de embarque, representados principalmente por aeronaves del tipo AirBus y Boeing.

En la Tabla N° 14 se presentan las emisiones generadas por estas Unidades.

Tabla N° 14
Tasas de Emisión de Unidades de Energía Auxiliar, Operación año 2013

Actividad Emisora	Tasas de Emisión (ton/año)								
	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO_x	SO_x	MP₁₀	MP_{2,5}
Unidades de Energía Auxiliar	3,393	0,260	0,301	0,300	0,301	8,694	0,919	0,685	0,685

Fuente: Algoritmos 2014.

En la Tabla anterior, se observa que las mayores emisiones asociadas al funcionamiento de Unidades de Energía Auxiliar, corresponden a Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Monóxido de Carbono (CO).

4.1.4 Fuentes Estacionarias

Las fuentes estacionarias consideradas, corresponden a la actividad desarrollada por calderas y grupos electrógenos situados cercano a los estacionamientos de pasajeros e incluye fuentes insertas en las concesiones del Aeropuerto AMB. A continuación, se presentan las emisiones generadas por este tipo de fuente.

Tabla N° 15
Tasas de Emisión de Fuentes Estacionarias, Operación año 2013

Actividad Emisora	Tasas de Emisión (ton/año)								
	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO _x	SO _x	MP ₁₀	MP _{2,5}
Fuentes Estacionarias	6,781	N/A	2,193	2,270	2,650	17,432	10,459	1,038	0,981

Fuente: Algoritmos 2014.
N/A: No Aplica

En la Tabla anterior, se observa que las mayores emisiones corresponden a Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Monóxidos de Carbono (CO).

4.1.5 Tránsito de Vehículos por Caminos de Acceso

A continuación se presentan las emisiones provenientes del tránsito de vehículos, las cuales incluyen tanto la combustión de los vehículos como el material particulado en suspensión de cada camino de acceso a las áreas del Aeropuerto AMB.

Tabla N° 16
Tasas de Emisión de Tránsito en Caminos de Acceso, Operación año 2013

Actividad Emisora	Tasas de Emisión (ton/año)								
	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO _x	SO _x	MP ₁₀	MP _{2,5}
Caminos AMB	65,122	0,000	1,679	1,706	1,800	1,315	0,142	0,508	0,238

Fuente: Algoritmos 2014.

En la Tabla anterior, se observa que las mayores emisiones corresponden a Monóxidos de Carbono (CO) y a gases orgánicos totales (TOG).

4.1.6 Tránsito de Vehículos por Estacionamientos

A continuación se presentan las emisiones provenientes del tránsito de vehículos en los sectores de estacionamiento, las cuales incluyen tanto la combustión de los vehículos como el material particulado en suspensión de cada camino de acceso a las áreas del Aeropuerto AMB.

Tabla N° 17
Tasas de Emisión de Tránsito en Caminos de Acceso, Operación año 2013

Actividad Emisora	Tasas de Emisión (ton/año)								
	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NO _x	SO _x	MP ₁₀	MP _{2,5}
Estacionamientos	3,718	0,000	0,421	0,423	0,435	0,089	0,007	0,013	0,007

Fuente: Algoritmos 2014.

En la Tabla anterior, se observa que las mayores emisiones corresponden a Monóxidos de Carbono (CO).

4.2 Tasas de Emisión de Fuentes Externas

Como se mencionó en la Sección 3 del presente documento, las Fuentes Externas consideradas corresponden a las quemas alrededor del Aeropuerto AMB y la erosión eólica en área de explotación de pumicita.

Respecto a las quemas agrícolas, el Área de Medio Ambiente de la DGAC durante el año 2013 identificó el número de quemas y los lugares donde se produjeron.

4.2.1 Quemas Agrícolas

A continuación, en la Tabla N° 18 se presentan las emisiones generadas por las quemas agrícolas identificadas alrededor del Aeropuerto según los puntos de mayor ocurrencia de quemas.

Tabla N° 18
Tasas de Emisiones de Quemas Agrícolas, año 2013 (ton/año)

Sector	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NOX	SO2	MP10	MP2,5
Pista 17 L	0,0470	N/A	N/A	0,0045	N/A	0,0018	0,0003	0,0066	0,0063
Pista 17 R	0,0605	N/A	N/A	0,0057	N/A	0,0023	0,0004	0,0084	0,0081
Pista 35 R	0,0403	N/A	N/A	0,0038	N/A	0,0016	0,0002	0,0056	0,0054
Sector Norte Pista 17 R	0,0470	N/A	N/A	0,0045	N/A	0,0018	0,0003	0,0066	0,0063
Sector Norte Pista 17 L	0,1680	N/A	N/A	0,0159	N/A	0,0065	0,0010	0,0234	0,0224
Sector Sur Pista 35 L	0,0470	N/A	N/A	0,0045	N/A	0,0018	0,0003	0,0066	0,0063
Sector Sur Pista 35 R	0,0336	N/A	N/A	0,0032	N/A	0,0013	0,0002	0,0047	0,0045
Sector Este Pista 17 L	0,1747	N/A	N/A	0,0166	N/A	0,0068	0,0010	0,0243	0,0233
Sector Este Pista 17 R	0,0269	N/A	N/A	0,0025	N/A	0,0010	0,0002	0,0037	0,0036
Sector Oeste Pista 17 R	0,1008	N/A	N/A	0,0096	N/A	0,0039	0,0006	0,0140	0,0135
Sector Oeste Pista 17 L	0,0269	N/A	N/A	0,0025	N/A	0,0010	0,0002	0,0037	0,0036
Sector Oeste Pista 35 L	0,0134	N/A	N/A	0,0013	N/A	0,0005	0,0001	0,0019	0,0018
Total (ton/año)	0,7864	N/A	N/A	0,0745	N/A	0,0304	0,0046	0,1095	0,1049

Fuente: Algoritmos 2014.

En la Tabla anterior, se observa que las mayores emisiones generadas por las quemas agrícolas corresponden a monóxido de carbono CO, seguido del material particulado MP₁₀.

Cabe mencionar que las mayores emisiones se asocian al Sector Este de la Pista 17L, seguido por el Sector Norte Pista 17 L. Lo cual se puede asociar a la presencia de Vertederos Ilegales presentes en los sectores mencionados, los cuales desarrollan frecuentemente quemas ilegales de residuos.

4.2.2 Erosión Eólica

La acción del viento como efecto erosivo se ve reflejado por el levantamiento de polvo a la atmósfera, que en este caso corresponde al MP_{10} y que afecta a un área al suroeste del Aeropuerto AMB, en la cual existe explotación de pumicita.

En base al área de explotación de pumicita correspondiente a 85,8 hectáreas, la emisión por erosión eólica alcanza las 1,97 ton/año

4.3 Tasas de Emisión

La siguiente Tabla, presenta de manera resumida las emisiones generadas tanto por el aeropuerto AMB, como por las fuentes externas.

Tabla N° 19
Tasas de Emisión Total Aeropuerto AMB, Año 2013

Actividad Emisora	Tasas de Emisión (ton/año)								
	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NOx	SOx	MP₁₀	MP_{2,5}
Aeronaves	104,844	19,811	22,901	22,781	22,903	330,049	22,047	2,009	2,009
Grupo de Soporte Terrestre	245,954	N/A	8,120	8,465	9,308	27,939	0,617	0,978	0,936
Unidad de Energía Auxiliar	3,393	0,260	0,301	0,300	0,301	8,694	0,919	0,685	0,685
Estacionamientos	3,718	0,000	0,421	0,423	0,435	0,089	0,007	0,013	0,007
Tránsito por Caminos de Acceso	65,122	0,000	1,679	1,706	1,800	1,315	0,142	0,508	0,238
Fuentes Estacionarias	6,781	N/A	2,193	2,270	2,650	17,432	10,459	1,038	0,981
Total Tasas de Emisión Fuentes Interior Aeropuerto AMB	429,812	20,071	35,615	35,945	37,397	385,518	34,191	5,231	4,856
Quemas Agrícolas	0,7864	N/A	N/A	0,0745	N/A	0,0304	0,0046	0,1095	0,1049
Erosión Eólica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,97	N/A
Total Tasas de Emisión Fuentes Exterior Aeropuerto AMB	0,7864	N/A	N/A	0,0745	N/A	0,0304	0,0046	2,0795	0,1049
Total Tasas de Emisión Aeropuerto AMB	430,5984	20,071	35,615	36,0195	37,397	385,5484	34,1956	7,3105	4,9609

Fuente: Algoritmos 2014.
N/A: No Aplica

5 ANÁLISIS COMPARATIVO INVENTARIOS 2012 Y 2013

A continuación se presenta una comparación de las Tasas de Emisión resultantes por tipo de fuente entre los resultados presentados en la "Actualización Inventario de Emisiones Aeropuerto Arturo Merino Benítez, Año 2012" y los resultados obtenidos en el presente documento para el año 2013.

Cabe señalar que los porcentajes de variación negativos corresponden a la disminución de las tasas de emisión obtenidas para el año 2013 respecto de las tasas de emisión presentadas para el año 2012.

5.1 Aeronaves

En el registro de operación del Aeropuerto AMB para el año 2013, correspondió a 72.046 Ciclos LTO totales.

En la Tabla N° 20, se muestra una comparación entre las Tasas de Emisión por contaminante resultantes para cada año.

Tabla N° 20
Variación de las Tasas de Emisión de Aeronaves

Contaminante	Toneladas al Año		% de variación
	2012	2013	
CO	111,062	104,844	-6
THC	22,476	19,811	-12
NMHC	25,980	22,901	-12
VOC	25,844	22,781	-12
TOG	25,983	22,903	-12
NOx	299,695	330,049	10
SOx	20,576	22,047	7
MP-10	2,105	2,009	-5
MP-2,5	2,105	2,009	-5

Fuente: Algoritmos 2014.

En la Tabla anterior, se observa que las tasas de emisión de los contaminantes aumentaron hasta un 10% y otros disminuyeron un 12%. El crecimiento en las emisiones de NOx se debe principalmente al aumento de los ciclos LTO considerados en la operación para el año 2013.

Cabe señalar que en el cálculo de las tasas de emisión se utilizan los tiempos asociados a cada ciclo de aterrizaje y despegue de las aeronaves, parámetros integrados en el Modelo EDMS, por lo cual dependen de la actualización de la versión de dicho Modelo y el tipo de aeronave.

5.2 Grupos de Soporte Terrestre (GSE)

Las tasas de emisión asociadas a los GSE para el año 2013 presentan un aumento en las tasas de emisión de todos los contaminantes respecto de las emisiones presentadas para el año 2012, lo cual se observa en la Tabla N° 21.

Cabe mencionar que en el cálculo de las tasas de emisión obtenidas para el año 2013, se utilizaron los años de fabricación de cada Grupo de Soporte, valor por defecto asociado al Modelo EDMS.

Tabla N° 21
Variación de las Tasas de Emisiones de GSE

Contaminante	Toneladas al Año		% de variación
	2012	2013	
CO	228,178	245,954	8
THC	N/A	N/A	N/A
NMHC	7,523	8,12	8
VOC	7,843	8,465	8
TOG	8,625	9,308	8
NOx	25,632	27,939	9
SOx	0,572	0,617	8
MP-10	0,899	0,978	9
MP-2,5	0,860	0,936	9

N/A: No Aplica
Fuente: Algoritmos 2014.

5.3 Unidades de Energía Auxiliar (APUs)

Las Unidades de Energía Auxiliar son equipos que proveen de energía a las aeronaves, por lo tanto su funcionamiento es efectivo cuando las aeronaves no tienen conectado sus equipos a los respectivos puentes del Aeropuerto AMB.

En la Tabla N° 22, se presenta una comparación de las emisiones resultantes para el año 2013 y las presentadas en el Inventario 2012, en la cual se observa que las emisiones de todos los contaminantes aumentaron entre 25% y 162%.

Tabla N° 22
Variación de Tasas de Emisiones de APUs (ton/año)

Contaminante	Toneladas al Año		% de variación
	2012	2013	
CO	2,719	3,393	25
THC	0,184	0,260	41
NMHC	0,213	0,301	41
VOC	0,212	0,300	42
TOG	0,213	0,301	41
NOx	3,323	8,694	162
SOx	0,373	0,919	146
MP-10	0,349	0,685	96
MP-2,5	0,349	0,685	96

Fuente: Algoritmos 2014.

El incremento de emisiones más significativo se produce en las variables de NOx y SOx, principalmente debido al aumento de operaciones de aeronaves (ciclos LTO). Lo anterior explica el crecimiento no proporcional de todos los contaminantes obtenidos, fluctuando desde un 25% a un 162%.

5.4 Fuentes Móviles

5.4.1 Tránsito de Vehículos en Caminos de Acceso

En el tránsito de vehículos en caminos de acceso se presenta un aumento del 6,9% en el flujo vehicular utilizado en el Inventario de Emisiones 2013 respecto del presentado en el Inventario para el año 2012, como se muestra en la Tabla N° 23.

Tabla N° 23
Comparación Flujo Vehicular Total

<i>Año de Registro</i>	<i>Flujo total de Ingreso a AMB</i>
2012	8.569.683
2013	9.161.407

Fuente: Algoritmos 2014.

En el presente cálculo de emisiones, no se efectuó conteo vehicular en terreno, dado que sólo se utilizó como referencia, el conteo realizado en inventario anterior.

A continuación, en la Tabla N° 24 se presenta la comparación entre las Tasas de Emisión obtenidas para el año 2013 y las presentadas en el Inventario 2012 provenientes del tránsito de vehículos en caminos de acceso.

Tabla N° 24
Variación de Tasas de Emisión de Tránsito por Caminos de Acceso
(ton/año)

<i>Contaminante</i>	<i>Toneladas al Año</i>		<i>% de variación</i>
	<i>2012</i>	<i>2013</i>	
CO	60,913	65,122	7
THC	N/A	N/A	N/A
NMHC	1,568	1,679	7
VOC	1,594	1,706	7
TOG	1,681	1,8	7
NOx	1,223	1,315	8
SOx	0,132	0,142	8
MP-10	0,474	0,508	7
MP-2,5	0,223	0,238	7

N/A: No Aplica

Fuente: Algoritmos 2014.

Se consideró como año de fabricación el 2010 para todos los vehículos, parámetro asociado a la determinación de los factores de emisión a utilizar en el cálculo de emisiones para el año 2013.

En la Tabla anterior se observa un aumento de todos los contaminantes respecto al inventario del año 2012, debido al crecimiento del parque vehicular.

5.4.2 Tránsito de Vehículos en Estacionamientos

Las tasas de emisión generadas por el tránsito de vehículos en las áreas de estacionamiento, presentan un aumento en todos los contaminantes (excepto MP2.5), entre un 6% y un 17%, respecto del Inventario 2012, como se observa en la Tabla N° 25.

Tabla N° 25
Variación de Tasas de Emisión de Estacionamientos (ton/año)

Contaminante	Toneladas al Año		% de variación
	2012	2013	
CO	3,478	3,718	7
THC	N/A	N/A	N/A
NMHC	0,394	0,421	7
VOC	0,396	0,423	7
TOG	0,407	0,435	7
NOx	0,084	0,089	6
SOx	0,006	0,007	17
MP-10	0,012	0,013	8
MP-2,5	0,007	0,007	0

N/A: No Aplica

Fuente: Algoritmos 2014.

El aumento en las emisiones generadas para esta actividad en el año 2013 respecto del año 2012, se debe aumento en la cantidad de vehículos que estacionarán.

5.5 Fuentes Estacionarias

Las emisiones generadas por las Fuentes Estacionarias durante el año 2013, presentan una disminución respecto de las tasas de emisiones presentadas en el Inventario 2012 en todos los contaminantes. Esta diferencia se presenta producto de la utilización de preferencia combustibles, como por ejemplo gas natural.

Tabla N° 26
Variación de Tasas de Emisión de Fuentes Estacionarias (ton/año)

Contaminante	Toneladas al Año		% de variación
	2012	2013	
CO	9,724	6,781	-30
THC	N/A	N/A	N/A
NMHC	3,708	2,193	-41
VOC	3,749	2,270	-39
TOG	4,387	2,650	-40
NOx	35,851	17,432	-51
SOx	12,019	10,459	-13
MP-10	2,311	1,038	-55
MP-2,5	2,253	0,981	-56

N/A: No Aplica
Fuente: Algoritmos 2014.

5.6 Emisiones Totales

A continuación, en la Tabla N° 26 se presentan las emisiones totales resultantes producto de las actividades generadas en el Aeropuerto AMB para el año 2013 y las emisiones presentadas en el Inventario 2012.

Tabla N° 27
Variación de Tasas de Emisiones Totales

Contaminante	Año		% de variación
	2012	2013	
CO	416,074	429,812	3
THC	22,660	20,071	-11
NMHC	39,386	35,615	-10
VOC	39,638	35,945	-9
TOG	41,296	37,397	-9
NOx	365,808	385,518	5
SOx	33,678	34,191	2
MP-10	6,150	5,231	-15
MP-2,5	5,795	4,856	-16

Fuente: Algoritmos 2014.

De la Tabla anterior, se observa una disminución en las tasas de emisión respecto a las emisiones presentadas durante el año 2012 en el THC, NMHC, VOC, TOG, MP₁₀ y MP_{2,5}, debido a una mejor tecnología utilizada en las aeronaves que aumentaron sus Ciclo LTO.

6 CONCLUSIONES

Respecto de las emisiones de material particulado MP_{10} y $MP_{2,5}$ y gases CO, THC, NMHC, VOC, TOG, NO_x y SO_x , estimadas para las actividades desarrolladas en el Aeropuerto AMB, junto con las emisiones generadas por fuentes externas para el año 2013, es posible señalar que:

- Las mayores emisiones provenientes de las operaciones al interior del Aeropuerto durante el año 2013, se asocian a las Aeronaves seguidos por los Grupos de Soporte Terrestre a excepción de las emisiones de CO las cuales son generadas principalmente por esta última fuente, en donde las emisiones de este contaminante son superiores.
- Las máximas emisiones de CO generadas en Aeropuerto AMB provienen del Grupo de Soporte Terrestre con un 57% de las emisiones totales de CO, mientras que las mínimas emisiones de este contaminante provienen de las quemas agrícolas, con un 0,2%.
- Las máximas emisiones de THC generadas en Aeropuerto AMB provienen de la operación de las Aeronaves que representan el 99% de la emisión total de este contaminante.
- Las máximas emisiones de NMHC generadas en el Aeropuerto AMB provienen de la operación de las Aeronaves que representan el 64% seguido de los GSE equivalente al 23%.
- Las máximas emisiones de VOC generadas en Aeropuerto AMB provienen de la operación de las aeronaves que representan el 64% de la emisión total de este contaminante.
- Las máximas emisiones de TOG generadas en el Aeropuerto AMB provienen de la operación de las aeronaves que representan el 61% de la emisión total de este contaminante.
- Las máximas emisiones de NO_x generadas en el Aeropuerto AMB provienen de la operación de las aeronaves que representan el 86%, seguido de las emisiones producidas por los grupos de soporte terrestre equivalente al 7% y finalmente las quemas agrícolas son quienes aportan la menor cantidad de NO_x con un 0,01% de la emisión total de este contaminante.
- Las máximas emisiones de SO_x generadas en el Aeropuerto AMB provienen de la operación de las aeronaves que representan el 64% seguido de las Fuentes Estacionarias equivalente al 31% y finalmente se encuentran las quemas agrícolas con un aporte mínimo equivalente al 0,01% de la emisión total de este contaminante.

- Las máximas emisiones de MP_{10} generadas en el Aeropuerto AMB provienen de la operación de Aeronaves que representan el 27,5% de la emisión total de este contaminante, seguida por la erosión eólica equivalentes al 26,9% y finalmente se encuentra las Fuentes Estacionarias con un 14% de MP_{10} .
- Las máximas emisiones de $MP_{2,5}$ generadas en el Aeropuerto AMB provienen de la operación de Aeronaves que representan el 40% de la emisión total de este contaminante, seguida por las Fuentes Estacionarias equivalentes al 20%.
- En resumen, se puede concluir que las tasas de emisiones presentaron una disminución en sus valores respecto de lo obtenido para el año 2012 para MP_{10} , $MP_{2,5}$, THC, NMHC, VOC y TOG, lo cual se atribuye principalmente a una mejor tecnología utilizada en las aeronaves que aumentaron sus Ciclo LTO. Por otra parte se produjo un aumento de las emisiones de CO, NOx y SOx respecto al año 2012. En el caso del NOx y SOx por el aumento de la operación de aeronaves y en el caso del CO por los grupos de soporte terrestre.