

## ANÁLISIS DE LA FLOTA AEROCOMERCIAL EN AMÉRICA DEL SUR Y SU APOORTE GASEOSO CONTAMINANTE EN CICLOS LTO

### Autores

CoppaMatias, D'Iorio Juan Ignacio, Di Bernardi Alejandro, Pesarini Alejandro, Di Gregorio Pablo.

### Lugar de ejecución del Trabajo

GTA - Grupo Transporte Aéreo de la UID "GTA-GIAI", Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Calle 116 e/ 47 y 48, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina. E-mail:matias.coppa@gmail.com, gta@ing.unlp.edu.ar

### Palabras clave

Aerolíneas,Aeronaves,Motores, Sudamérica, Contaminantes

### Resumen

El presente trabajo se desarrolló con el fin de determinar la distribución de la flota aerocomercial en América del Sur, para luego realizar un análisis de la contribución de cada país y, posteriormente, de toda la región, de contaminantes gaseosos producto de las plantas de poder que propulsan a dichas aeronaves.

El estudio comenzó con un análisis estadístico de la flota aerocomercial en cada uno de los países de América del Sur, para obtener datos como modelo y tipo de aeronave, motorización, edad promedio, entre otros. Una vez caracterizado el país en estudio, se procedió al trabajo estadístico sobre una base de datos mundial de motores aeronáuticos, para obtener valores puntuales de contaminación gaseosa, como ser, de hidrocarburos no quemados (HCs), óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO). Luego de ello, se asignaron los motores correspondientes a cada país para obtener el aporte a la atmósfera de cada contaminante gaseoso, y por último, se realizó, a través de ciclos LTO, una estimación preliminar del aporte global de la región en el contexto de la actividad mundial.

### INTRODUCCIÓN

Hacia el año 2011 existían en el mundo unas 25.378 aeronaves aerocomerciales que realizaban un promedio de 30.000.000 de operaciones al año. Las prognosis estiman que este número se duplicará en los próximos 20 años razón por la cual se pretende anticipar los posibles efectos adversos que la actividad genera y generará.

En ese contexto la regiónSAM de OACI realiza su cuota parte de aporte contaminante y de ahí la importancia de caracterizar la región. La flota aerocomercial existente al año 2011, respecto de las aeronaves operativas a nivel mundialAmérica en su conjunto totaliza el 39,4% de las aeronaves actualmente en uso.

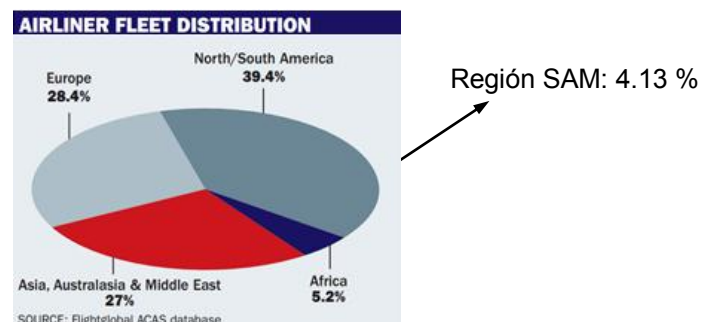


Figura 1. Distribución de aeronaves a nivel mundial [3]

Naturalmente la operación de estas aeronaves genera aporte de contaminantes de distintas magnitudes y calidades, es por eso que distintos organismos internacionales a través de naciones unidas (ONU) han generado y desarrollado políticas asociadas al impulso de un sistema global de transporte sustentable en el marco del cambio climático y calentamiento global.

En la última década se ha marcado, por parte de dichos organismos, una tendencia con claros lineamientos hacia el futuro, generado normativa asociada para la protección del medio ambiente, por ello resulta de interés cuantificar el aporte real de contaminantes gaseosos de la región OACI: SAM.

## DESARROLLO

A continuación se describen sucintamente ciertos aspectos relevantes que se contemplaron a la hora de determinar el aporte contaminante gaseoso.

### ➤ Flotas y planta poder

Las flotas de aeronaves, sus planteas poder y sus respectivos índices de mezcla se presentan en los resultados.

### ➤ Escenarios operacionales

En todos los casos se corresponde con un ciclo LTO (*Landing - Take Off*) en un aeropuerto tipo. Este ciclo encierra las siguientes cinco fases operacionales:

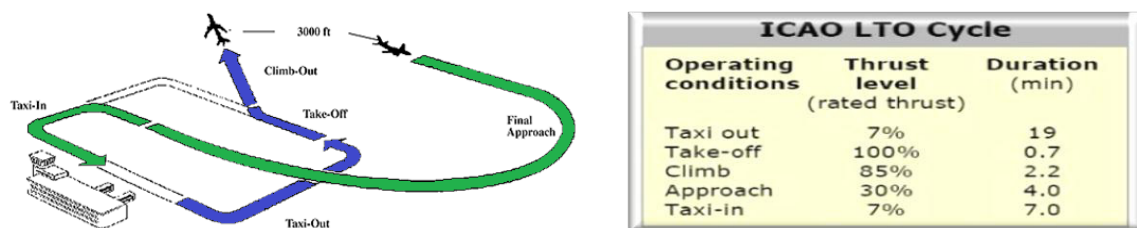
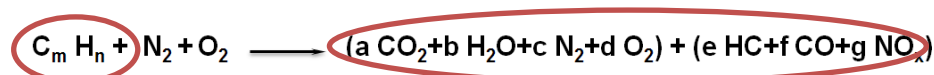


Figura 2. Ciclo Landing- Take Off y tiempos asociados

- Landing: son todas aquellas operaciones que se realizan desde los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto hasta que alcanza la superficie de la pista.
- Taxi in: son las maniobras que realiza el avión hasta llegar a su puesto de estacionamiento en plataforma en condición de Block-On (calzos colocados).
- Taxi out: son las maniobras que realiza el avión desde el Block-Off (calzos afuera) hasta llegar a la cabecera de pista.
- Take off: son las operaciones que realiza el avión en la pista para lograr el despegue.
- Climbout: son las operaciones que realiza el avión hasta alcanzar los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto.

### ➤ Contaminantes a estudiar – Fuentes

Los contaminantes producidos por un motor a reacción están dados, entre otros por: el tipo de combustible utilizado, la riqueza de la mezcla, el tipo de motor y cámara de combustión asociada y los niveles de mantenimiento que el mismo tenga. La ecuación teórica que indica parte de esto se presenta a continuación:



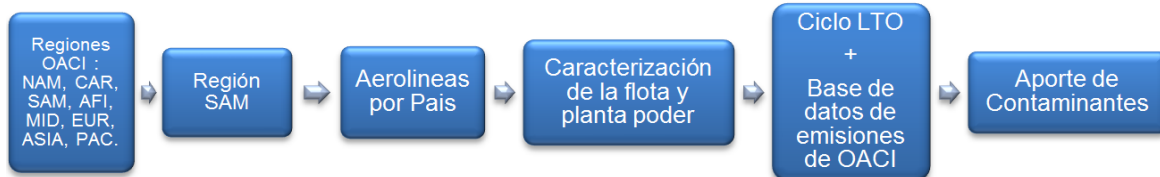
En la industria aeronáutica, y detallado en el Anexo 16 de OACI, se presta un mayor interés a los hidrocarburos no quemados (HCs), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO).

En el análisis de contaminantes solo se consideraron aquellos motores existentes en la base de datos de OACI constituidos por plantas poder tipo TurboFan. Los contaminantes por motor son los aportados en un ciclo LTO con combustible aeronáutico con las siguientes especificaciones:

Propiedad	Gama permisible de valores
Densidad, kg/m <sup>3</sup> a 15 °C	780 – 820
Temperatura de destilación, °C 10% del punto de ebullición	155 – 201
Punto final de ebullición	235 – 285
Calor neto de combustión, MJ/kg	42,86 – 43,50
Aromáticos, % de volumen	15 – 23
Naftalinas, % de volumen	1,0 – 3,5
Punto de humo, mm	20 – 28
Hidrógeno, % de masa	13,4 – 14,3
Azufre, % de masa	menos de 0,3%
Viscosidad cinemática a –20°C, mm <sup>2</sup> /s	2,5 – 6,5

➤ Base de datos – Proceso de cálculo.

Para la obtención del aporte de contaminantes, especificado por motor, se utilizó la base de datos de OACI [4]. El esquema básico de procedimiento se esquematiza a continuación:



## RESULTADOS

Sobre la base del análisis realizado, la siguiente tabla muestra la distribución de la flota de la región según los fabricantes, y el porcentaje de aeronaves sobre el total operativas a nivel mundial por fabricante.

Fabricante	[%] en la Región SAM	[%] / flota Mundial
Boeing	34,76	3,63
Airbus	31,81	5,22
Embraer	13,52	7,85
ATR	7,43	10,03
McDonnell Douglas	3,05	Sin Datos
Fokker	3,05	8,67
Beechcraft	1,71	3,06
Canadair Regional Jet	1,62	Sin Datos
Bombardier	1,43	0,64
British Aerospace	1,05	2,59

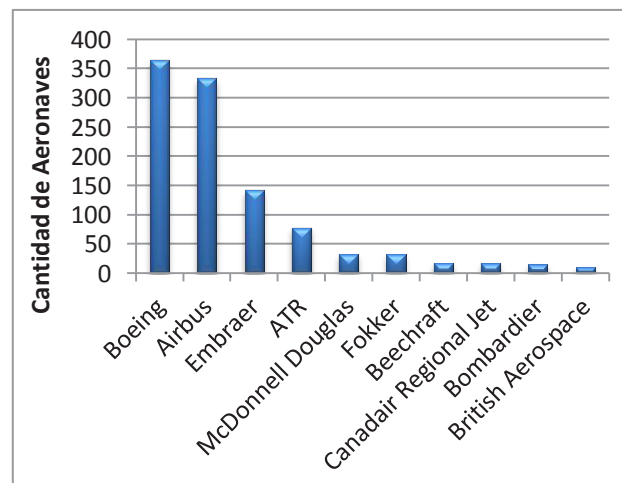


Figura 3. Distribución de las aeronaves por fabricante.

SITUACION ACTUAL DE LA REGIÓN SAM	
<b>Cantidad</b>	1.050 Aeronaves
<b>Edad promedio</b>	10,76 años

Figura 4. Resumen de las características de las flotas los países de la región SAM.

Con especial atención a las características de la región en función de cada país se obtiene:

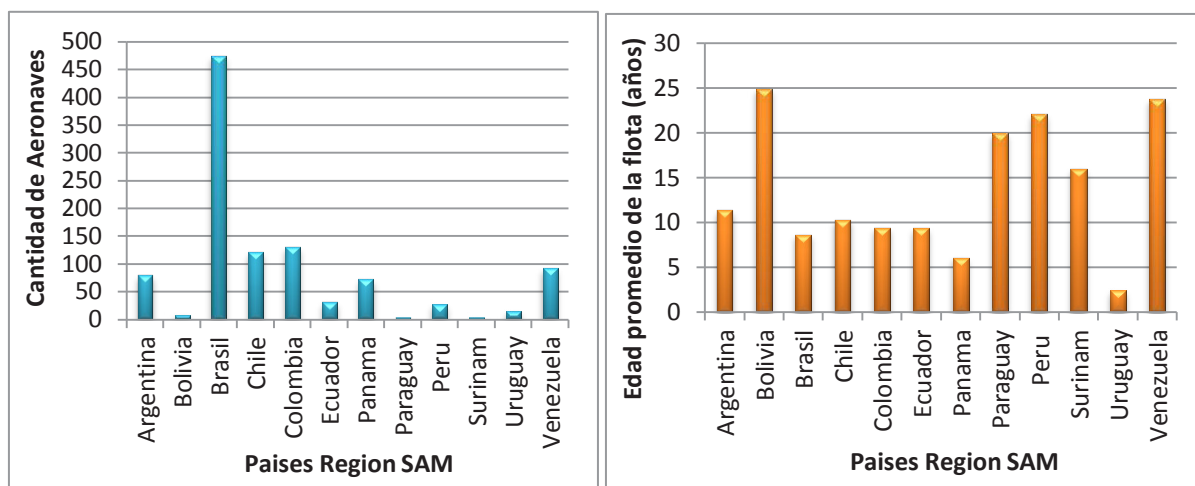


Figura 5. Distribución de la cantidad y edad promedio según los países de la región SAM.

Resulta de gran importancia la clasificación de la flota regional según el tipo de fuselaje:

Tipo de Fuselaje Región SAM		
	Flota	%
<b>Fuselaje Ancho</b>	105	10,0
<b>Fuselaje Angosto</b>	945	90,0

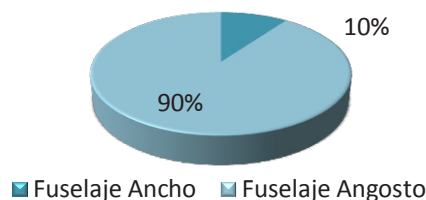


Figura 6. Distribución de las aeronaves por tipo de fuselaje de la región SAM.

Como se observa el 90% de la flota son aeronaves de fuselaje angosto, y según el fabricante y modelo poseen la siguiente distribución:

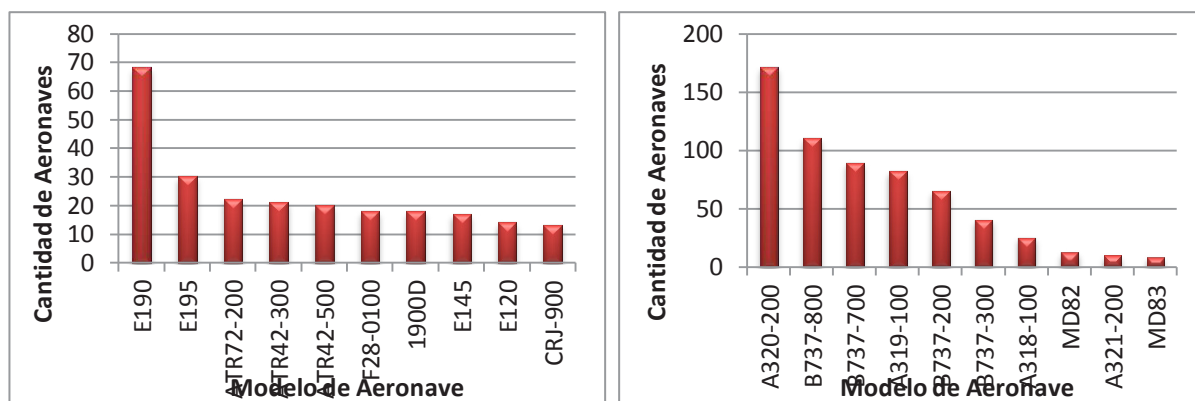


Figura 7. Distribución de aeronaves de vuelo regional y de largo alcance de fuselaje angosto

En la siguiente tabla se detalla el aporte de contaminantes en peso y porcentaje relativo discriminado por cada país de la región SAM.

	HC [gr]	%	CO [gr]	%	NOx [gr]	%
Argentina	96.307	7,99	909.877	6,07	8.675.14	10,48
Bolivia	13.521	1,12	107.175	0,71	87.462	1,06
Brasil	577.054	47,89	8.430.944	56,24	3.863.098	46,66
Chile	249.009	20,67	1.780.648	11,88	1.752.737	21,17
Colombia	151.524	12,58	2.684.442	17,91	961.738	11,62
Ecuador	20.548	1,71	186.398	1,24	130.877	1,58
Panamá	95.010	7,89	863.367	5,76	598.797	7,23
Paraguay	1.888	0,16	27.889	0,19	17.281	0,21
Perú	41.415	3,44	228.288	1,52	175.423	2,12
Surinam	4.248	0,35	46.920	0,31	43.416	0,52
Uruguay	458	0,04	53.560	0,36	59.332	0,72
Venezuela	132.292	10,98	636.920	4,25	634.920	7,67

Figura 8. Aporte de contaminantes según los países de la región SAM

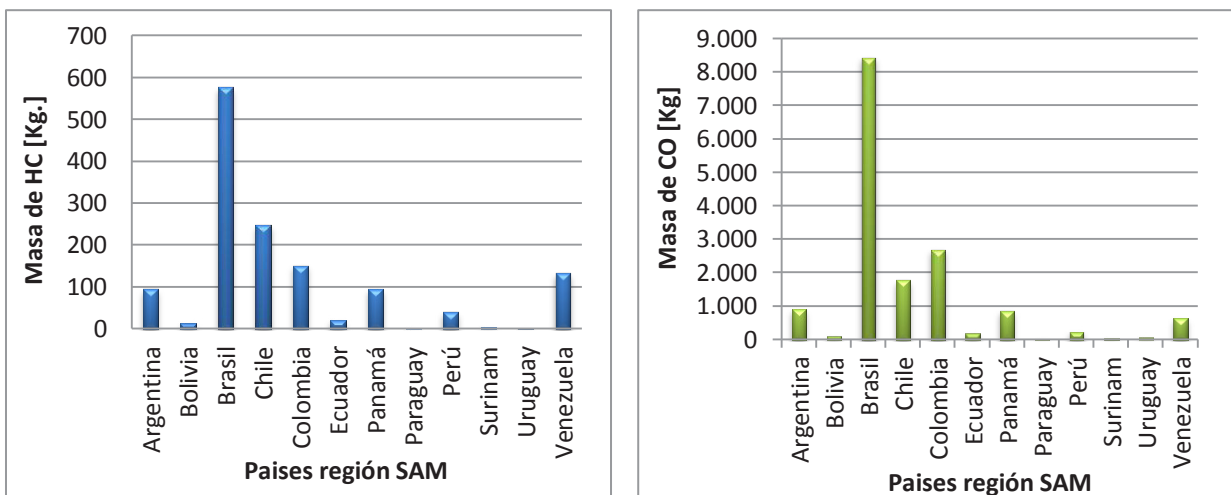


Figura 9. Aporte de HC y NOx para los países de la región SAM

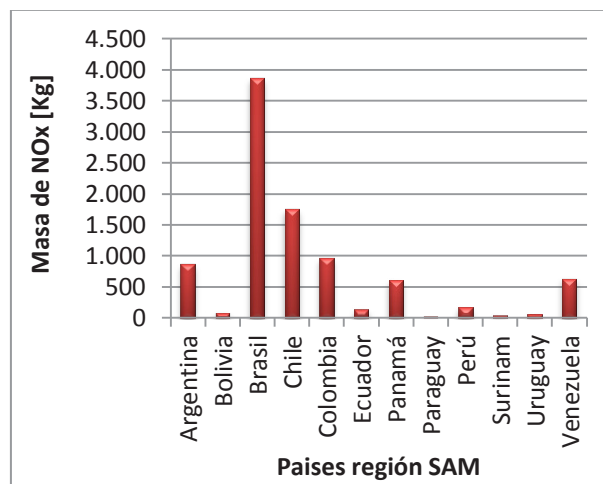


Figura 10. Aporte de CO para los países de la región SAM

Como representación esquemática de impacto visual, se presentan los siguientes mapas conceptuales de la región, donde se detalla la edad promedio de la flota y cantidad de aeronaves operativas.

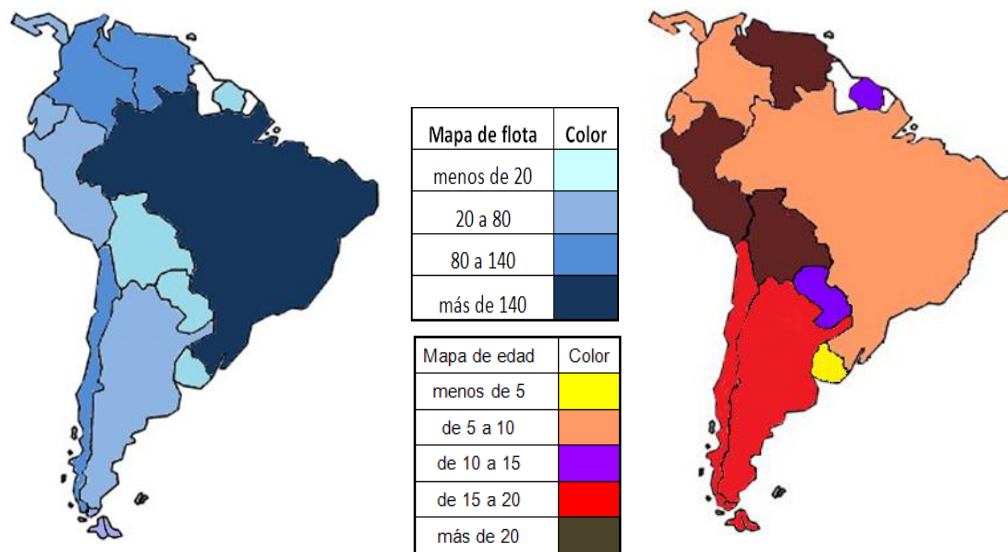


Figura 11. Mapas conceptuales de las características de la flota de la región SAM

## CONCLUSIONES

Del total de 25.378 aeronaves operativas en el mundo solo el 4.13% se encuentra en la región sudamericana. Las características de la flota de dicha región se encuentra muy influenciada por la flota de Brasil, que cuenta con 20 aerolíneas, 464 aeronaves y una edad promedio de 8.66 años.

Para determinar el peso relativo global que se tiene respecto a la contaminación aeronáutica es necesario cuantificar la totalidad de operaciones anuales. En los resultados de aporte de contaminantes obtenidos para un ciclo Landig-Take-Off no se contemplan operaciones globales anualizadas, si no que se estudia como el aporte de dos operaciones por aeronave. De acuerdo a estadísticas mundiales podemos aproximar que un aeronave realiza 4.5 operaciones/día por lo cual en un año el aporte resulta significativo.

Actualmente la industria aeronáutica llega a consumir apenas el 4% del combustible en el mundo y si bien, el aporte de CO<sub>2</sub> por la aviación es el 2 % del aporte de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, la industria aeronáutica es la única que contamina la alta atmosfera produciendo contaminantes como el NO<sub>2</sub> con tiempo de vida de 114 años.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Aviación: Airfleet, Datos actualizados al 1 de marzo de 2012.
- [2] Aircraft Bluebook actualizado al año 2011.
- [3] Special Report: World Airliner Census 2012, Fligh Global.
- [4] (OACI): Aircraft Engine Emissions Databank, 2012