

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DEL APORTE CONTAMINANTE GASEOSO EN LOS AEROPUERTOS DEBIDO A LAS OPERACIONES DE LOS VEHÍCULOS DE ASISTENCIA A LA AERONAVE

Sznajderman, Lucas; D'lorio, Juan Ignacio; Coppa, Matías; Di Bernardi Alejandro

Grupo Transporte Aéreo – UIDET 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. Correo electrónico: sznajdermanlucas@gmail.com

Palabras claves: Vehículos de apoyo, contaminación, aeropuerto, operaciones, simulación.

En los aeropuertos, además de existir las emisiones derivadas de la operación de las aeronaves, deben tenerse en cuenta aquellas debido a la operación de los vehículos de apoyo en tierra, denominados en su conjunto como GSE (*Ground Support Equipment*). Los mismos están asociados al transporte de pasajeros desde las terminales a las aeronaves y viceversa, a los procesos de carga y descarga de mercancías y equipajes, al suministro de energía y combustible a la aeronave, al transporte de tripulaciones, entre otros tantos servicios.

El principal objetivo del presente estudio es el análisis de las distintas metodologías de cálculo, donde mediante la utilización de los modelos y de los resultados obtenidos, se busca validar y comparar las distintas herramientas empleadas.

Para efectuar el análisis del aporte de los GSE, se debe caracterizar previamente el tráfico del aeropuerto en estudio, para lo cual se analiza un día promedio del mes pico, en donde se determina un perfil diario de operación y con ello las estimaciones del aporte contaminante mediante distintos software (ACERT, AEDT 2b, entre otros) y bases de datos (ICAO, FAA, EPA).

Por otro lado, el objetivo del trabajo es obtener el peso relativo del aporte contaminante de los GSE respecto a las emisiones totales del aeropuerto en su parte aeronáutica. Para ello se analiza un aeropuerto tipo y se caracterizan tanto las emisiones gaseosas contaminantes generadas por los vehículos de asistencia, como aquellas derivadas de las operaciones aéreas.

El presente estudio se encuentra encolumnado con los objetivos del Comité de Protección Ambiental Aeronáutica (CAEP), conformado por la Organización de aviación civil internacional (OACI), y particularmente con los del Grupo de Trabajo 3 (WG3) centrados en la mitigación de las emisiones gaseosas.

En cuanto a los resultados, se demostraron comparaciones que le dieron validez al uso de los distintos programas, junto a la contaminación de los vehículos de apoyo en relación a las aeronaves utilizadas.

INTRODUCCIÓN

El volumen del tráfico aéreo mundial se ha ido duplicando una vez cada 15 años desde 1977, y se espera que este crecimiento continúe a pesar de ciclos de recesión cada vez mayores. Se pronostica que el tráfico regular de pasajeros, medido en términos de Revenue Passenger Kilometres (RPK), crezca de cinco mil millones a más de 13 mil millones en el período: 2010-2030, con un promedio anual de tasa de crecimiento de 4,9%. (Airbus 2014)

La consecuencia directa de un crecimiento del tráfico aéreo es un mayor consumo de combustible y una mayor contaminación gaseosa que afecta la calidad del aire, de vida, la fauna y zonas protegidas en las áreas vecinas a un aeropuerto (Lee et al. 2009) . Considerando además que la tendencia temporal de crecimiento urbano lleva a la ciudad hacia las inmediaciones del predio aeroportuario, la anticipada identificación de áreas sensibles a contaminación acústica y gaseosa permite una menor afectación tanto en el desarrollo urbano y como aeroportuario.

En las instalaciones aeroportuarias se produce una gran actividad diariamente, desde la realizada por las aeronaves, a aquellas destinadas a dar asistencia a pasajeros, mercancías y aeronaves en tierra (vehículos handling). En los aeropuertos, además de registrarse las emisiones procedentes de las aeronaves, se determinan como principales fuentes de emisión las procedentes de los vehículos de transporte en accesos y estacionamientos del aeropuerto, las procedentes de fuentes estacionarias (caldera y depósitos de combustible), y aquellas procedentes de vehículos de apoyo en tierra (llamados Ground Service Equipment-GSE) (International Civil Aviation Organization (ICAO) 2011).

El handling engloba entre sus operaciones el transporte de pasajeros desde las terminales a las aeronaves y viceversa, los procesos de carga y descarga de mercancías y equipajes, el suministro de energía y combustible a la aeronave, transporte de tripulaciones, así como todas las maniobras que deben realizarse para situar al avión en posición para efectuar el despegue o el inicio de la rodadura según el caso.

Como se mencionó previamente, las emisiones debido a los movimientos de las aeronaves representan el mayor porcentaje de las emisiones totales producto de la actividad aeroportuaria, en la actualidad se encuentran muy pocos estudios específicos publicados que caractericen y cuantifiquen el porcentaje de los distintos gases contaminantes respecto a las posibles fuentes en un aeropuerto, menos aún que realicen un análisis específico de los GSE. Es decir, no se han publicado análisis que cuantifiquen la cuota parte de las emisiones de los vehículos de asistencia a la aeronave integrando un modelo de uso y operación de los mismos teniendo en cuenta las características de capacidad e infraestructura aeroportuaria.



Líneas de trabajo y emisiones estimadas para el año 2050.

Los vehículos de asistencia (GSE) incluyen todos los equipos de servicio en tierra y los vehículos normalmente asociados con los movimientos de la aeronave en la plataforma [3]. Cada uno de estos vehículos poseen distintos tiempos de operación que, debido a su función, y no todos los procesos pueden realizarse simultáneamente.[4]

En concordancia con ello y a los efectos de disponer de valores de referencia se presenta a continuación una tabla descriptiva:

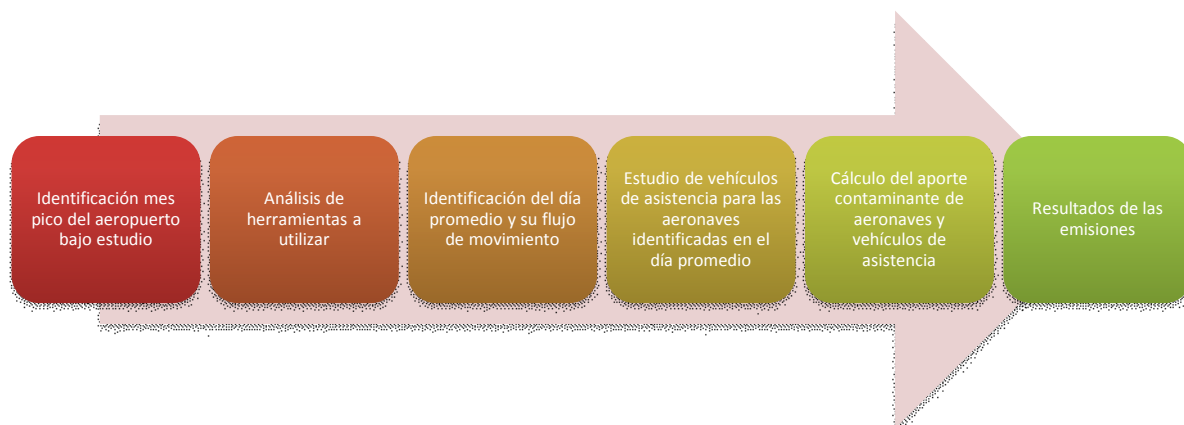
| GSE | Función | Tipo de motor | Rango de factor de carga | Servicio por tiempo (min) |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Aire acondicionado | Provee aire precondicionado | 100-150 KW diésel. | 15%-50% carga | Depende del tiempo y agenda |
| Unidad de aire | Provee aire de alta presión para que prendan algunos motores | 150 kw. | 90% carga | 3-5 |
| Tractor de empuje | Empuje de aeronaves | 95kw a 400kw. | 25% carga | 5-10 |
| Rampa de acceso | Provee acceso | 30-65kw. | 25% carga | 2-10 |
| Catering y servicios | Limpieza y almacenamiento de comida | 85-130kw. | 10-25% carga | 10-30 |
| Lavatorio, agua potable | Almacenamiento de agua y limpieza de baños | 120kw. | 25% carga | 5-20 |
| Colectivo de pasajeros | Transporte de pasajeros | 100kw diésel, GNC o nafta. | 25% carga | Depende del tiempo y agenda |
| Camión de combustible | Transferencia de combustible | 200kw. | 10-50% carga | 10-40 |

Caracterización de los principales GSE, funciones, tipo de motor y tiempo de servicio. [5]

DESARROLLO HIPÓTESIS Y METODOLOGÍA

A continuación, se detalla el proceso para el cálculo de las emisiones gaseosas derivadas de las operaciones de las aeronaves y de los respectivos GSE.

- Identificación de los meses picos del Aeropuerto Jorge Newbery y mezcla de tráfico operativo para esos meses,
- Identificación del ADPM (Average Day Peak Month),
- Análisis de herramientas de cálculo a utilizar,
- Caracterización del flujo de movimientos diario y la hora pico en dicho día,
- Determinación de perfiles de servicio típico según aeronave. Análisis de todos los vehículos handling soporte de cada avión (tiempos de servicio, potencia de motores, factores de carga, entre otros factores considerados),
- Cálculos con los distintos software y bases de datos del aporte contaminante de estos vehículos y el de las aeronaves correspondientes para cada movimiento, y
- Elaboración de tablas comparativas de la contaminación provocadas por aeronaves para un ciclo LTO y por los GSE asociados



Proceso lógico de trabajo para determinar la contaminación gaseosa

Para las emisiones provocadas por los vehículos de asistencia, se utilizaron los datos estándar de servicio de cada vehículo por cada aeronave, sin tener en cuenta los tiempos y recorridos asociados hasta llegar al objetivo, según software AEDT.

Movimientos de las aeronaves en el día promedio

Para las simulaciones se utilizaron los siguientes movimientos para el Aeropuerto Jorge Newbery en el día promedio identificado:

| Aeronave | Mov | Arribos | Despegue | Motor | Empresa |
|------------------------|------------|----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| Embraer 190 | 107 | 55 | 52 | CF34-8E5 | GE |
| Boeing 738W | 55 | 26 | 29 | CFM56-7B27 | GE |
| Airbus A320 | 64 | 31 | 33 | CFM56-5B4/2 | GE |
| Boeing 737 | 78 | 36 | 42 | CFM56-7B18 | GE |
| Saab SF340 | 13 | 6 | 7 | CT7-5A2 | GE |
| Jetstream 31 | 3 | 1 | 2 | TFE31-10GT | Allied Signal |
| McDonnell Douglas MD83 | 9 | 5 | 4 | JT8D-217 | Pratt & Whitney |

Aeronaves utilizadas y movimientos para el día promedio con indicación de sus respectivos motores

Herramientas de simulación

En el presente trabajo se utilizaron diferentes herramientas para la simulación (software y base de datos) de los escenarios operacionales con el objeto de obtener datos para el desarrollo de los indicadores, a continuación, se describen los softwares utilizados y la base de datos ICAO:

- Aviation Environmental Design Tool (AEDT Versión 2c, FAA): software que modela el rendimiento de la aeronave y sus vehículos de asistencia en el espacio y tiempo para estimar el consumo de combustible, emisiones, ruido, y las consecuencias de calidad del aire.
- Airport Carbon and Emissions Reporting Tool v3.1 (ACERT): software que cuantifica las emisiones de CO₂ a partir de los movimientos y los tipos de combustibles de las aeronaves y los vehículos de asistencia a las mismas.
- ICAO Aircraft Engine Emissions Databank (edb) v22: base de datos con diversos

Aeropuerto de referencia: Aeroparque Metropolitano Jorge Newbery

| | Movimientos de aeronaves | | | |
|----------------------------------------|--------------------------|---------|------------------|---------|
| | Pasajeros | Carga | Aviación General | Total |
| Aeroparque | 10.825.986 | 7.394 | 120.492 | 66.834 |
| Total del SNA | 32.647.818 | 209.120 | 455.962 | 455.962 |
| Porcentaje respecto al total en el SNA | 33,16% | 3,54% | 26,43% | 14,66% |

Cantidad de tráfico de pasajeros, cargas y aeronaves en Aeroparque Metropolitano y en total de todos los aeropuertos del SNA (Sistema Nacional de Aeropuertos) del país, según estadísticas del ORSNA (Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos) en el año 2015 [9].

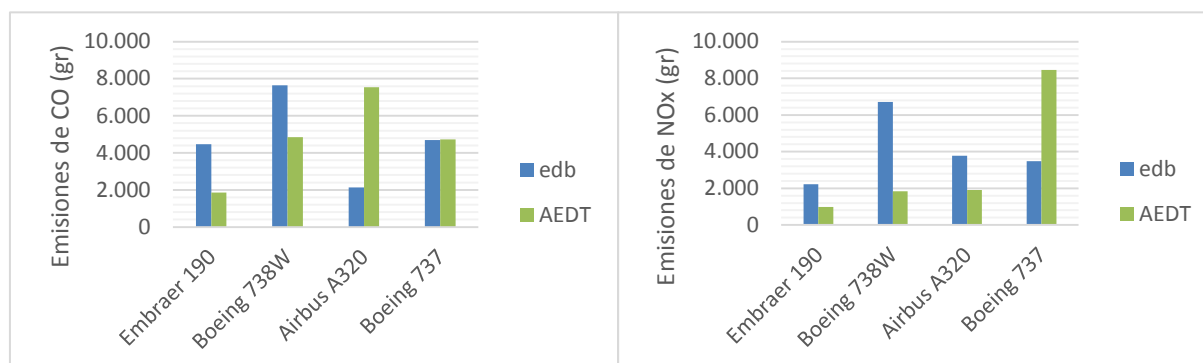
RESULTADOS

En primer lugar, se presentan los resultados de la cuantificación de las emisiones generadas por movimiento de cada aeronave en el día promedio según el software utilizado y la base de datos, con su respectiva relación.

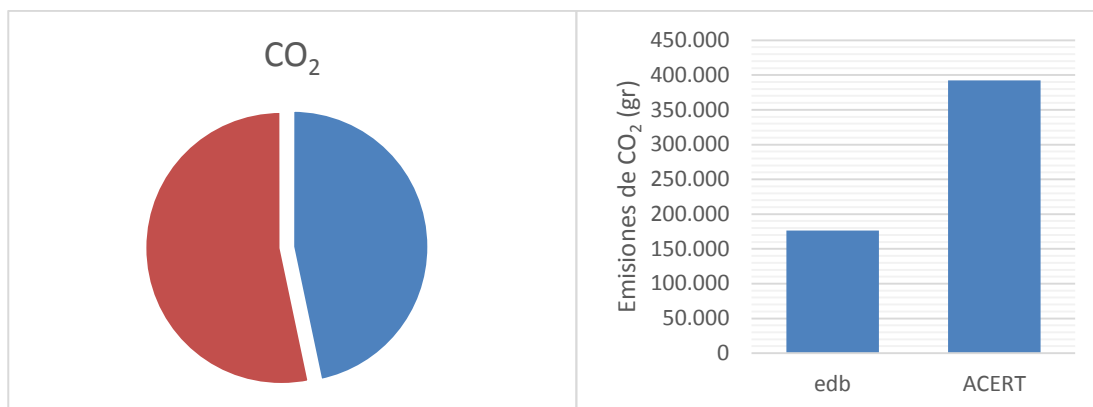
| | edb (LTO) | | | |
|-------------|-------------|----------|-----------|----------|
| | LTO por mov | | LTO total | |
| | CO (gr) | Nox (gr) | CO (gr) | NOx (gr) |
| Embraer 190 | 4.461 | 2.222 | 238.679 | 118.881 |
| Boeing 738W | 7.636 | 6.719 | 209.999 | 184.780 |
| Airbus A320 | 2.141 | 3.783 | 68.522 | 121.044 |
| Boeing 737 | 4.689 | 3.472 | 182.853 | 135.396 |

Izq: Tabla comparativa de las emisiones de CO y NOx por cada operación de las aeronaves según edb.

Analizando de forma comparativa las emisiones producto de la operación en el ciclo LTO y los GSE asociados se presenta a continuación los resultados para las emisiones de CO y NO_x:



Izq: Comparación de las emisiones de CO de la base de datos edb y el software AEDT en el ciclo LTO por movimiento de cada aeronave. Der: Comparación de las emisiones de NOx de la base de datos edb y el software AEDT en el ciclo LTO por movimiento de cada aeronave.



Izq: Comparación de las emisiones de CO₂ de las aeronaves en el ciclo LTO y los vehículos de apoyo con el software ACERT. Der: Comparación de las emisiones de CO₂ de las aeronaves en el ciclo LTO del software AEDT 2c y la base de datos edb.

CONCLUSIONES

A partir del trabajo realizado, respecto a las emisiones debido a la operación de aeronaves utilizando el software AEDT y de los cálculos con la base de datos de ICAO, se observa que los resultados obtenidos poseen un mismo orden de magnitud particularmente en el CO con una variación de aproximadamente 30% en promedio de todas las aeronaves, mientras que en el NO_x, esa relación fue del doble. Vale decir, que la relación son los valores obtenidos del edb sobre el software. Si bien el ciclo analizado es el mismo (tiempos y potencias respectivas) y el AEDT utiliza como base de datos la de ICAO la diferencia radica principalmente en la modelización e hipótesis propias del programa.

Por otro lado, comparando las emisiones de los GSE con aquellas producto de las operaciones de las aeronaves, se observa que el porcentaje es mayor al esperado donde el aporte de CO es de 60% aproximadamente a las emisiones totales (aeronaves y GSE) y el del NO_x alcanza el 44%. La diferencia principal en entre dichos porcentajes tiene que ver con las emisiones propias del tipo de combustible utilizado por los GSE.

Para lograr una caracterización completa y así determinar los pesos relativos de todas las emisiones gaseosas producto de la actividad aeroportuaria este tipo de estudio debe ser complementado con análisis de sensibilidad de variables de las otras fuentes presentes en un aeropuerto provenientes tanto de la Parte Pública, Parte Aeronáutica, como de los Elementos de apoyo al aeropuerto.

REFERENCIAS

- [1] International Civil Aviation Organization, "Global Air Navigation Plan Fourth Edition," pp. 1–128, 2013.
- [2] A. Report, "Annual Report 2014-2015," 2015.
- [3] EUROPEAN ORGANISATION NAVIGATION FOR THE SAFETY OF AIR, "Airport Local Air Quality Studies," 2005.
- [4] T. Horstmeier and F. De Haan, "Influence of ground handling on turn round time of new large aircraft," *Aircr. Eng. Aerosp. Technol.*, vol. 73, no. 3, pp. 266–271, 2001.
- [5] ICAO, *Airport air quality manual*, vol. 1. 2011.

- [6] K. Johnson, S. E. Bennett, A. S. Highway, L. Rock, S. Grossman, E. Potts, and L. Mckee, *REPORT 149 Improving Ground Support Equipment Operational Data for Airport Emissions Modeling*. .
- [7] S. Rosenbloom, D. H. Butler, J. Robert E. Skinner, V. a. Arroyo, J. B. Barker, W. a. V. Clark, J. Eugene A. Conti, J. M. Crites, and P. J. C. Hammond, *Airport Ground Support Equipment (GSE): Emission Reduction Strategies, Inventory, and Tutorial*. 2012.
- [8] A. F. A. Aeropuerto, D. S. Rafael, and D. I. Tránsitos, “Movimiento operacional de los aeropuertos del Sistema Nacional Aeropuertos del SNA Pasajeros,” pp. 5–6, 2015.
- [9] MADHEL Manual De Aeródromos y Helipuertos, Dirección Nacional de Inspección de Navegación Aérea Dirección Regulación, Normas y Procedimientos. Departamento Información Aeronáutica.