

## EVALUACIÓN DE SUSTITUCIÓN DE VEHÍCULOS DE ASISTENCIA A AERONAVES (GSE) POR VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (eGSE)

Granda, Ezequiel; Sznajderman, Lucas; Coppa, Matias; Di Bernardi, C. 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: zequi.granda@hotmail.com

**Palabras Claves:** Aeropuertos, infraestructura, servicio, GSE, emisiones, eGSE,

### INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas el medio ambiente ha sufrido las consecuencias negativas del desarrollo industrial. Si bien se dispone de la tecnología y de los medios necesarios para aminorar esta cuestión, no se han implementado a gran escala.

De acuerdo con la bibliografía de referencia [1], el mayor aporte contaminante mundial está dado por el suministro de energía (29,3%), y en segundo término los medios de transporte con el 19,5%. Cabe destacar que -si bien el avión es el medio de transporte más contaminante por pasajero- la industria aérea representa el 3% de las emisiones asociadas al cambio climático.

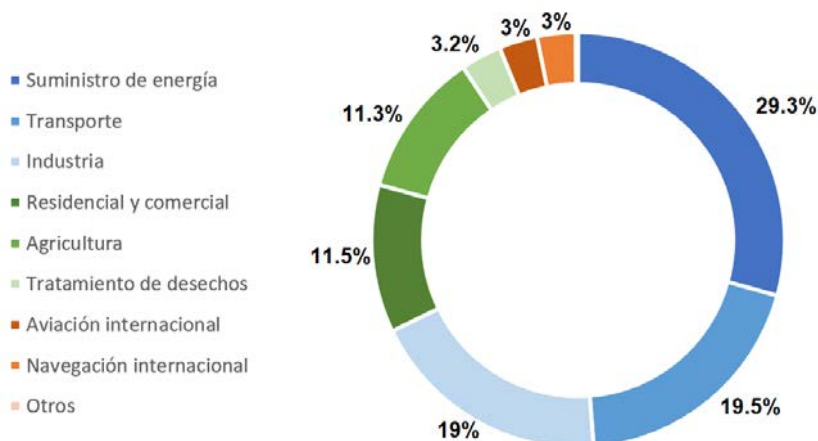


Figura 1 - Gases de efecto invernadero por sector (Fuente: Elaboración propia con datos de IPCC)

Con el devenir de los años, el tráfico aéreo –específicamente las operaciones civiles y comerciales– ha mostrado una tendencia creciente, haciendo indispensable el incremento de la flota aérea para abastecer la demanda de pasajeros y, por ende, repercutiendo directamente en el aumento de los niveles de contaminación. Bajo el contexto del acuerdo de Kyoto y del programa CORSIA, se hace notoria la obligación y el compromiso de los aeropuertos por inclinar la balanza hacia el empleo de tecnologías limpias. El uso responsable de los recursos naturales, la reducción del consumo energético, la utilización de energías renovables para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y la gestión de los residuos, son algunas de las medidas que permiten orientar la evolución de los mismos, hacia los denominados “aeropuertos verdes”.

Sin embargo, este escenario de desarrollo ha tenido un giro repentino hacia fines del año 2019 con la aparición de la pandemia por Coronavirus. Vuelos con un bajo factor de ocupación o cancelados, quiebre de aerolíneas, cierre de aeropuertos, y despidos masivos son algunas de las afecciones que ha sufrido el sector aeronáutico.

La actividad aérea (hasta inicios del año 2020) registraba una gran actividad diaria, la cual se preveía sería exponencial en los años subsiguientes. Si bien la contaminación gaseosa producida por las aeronaves representa el porcentaje más significativo: superior al 85% [2], también deben tenerse en cuenta otros focos de emisión [3] como:

1. Vehículos de asistencia en tierra (GSE).
2. Vehículos de acceso al aeropuerto (GAV).
3. Energía eléctrica consumida por el aeropuerto.

En una era en la que el costo del combustible supera ampliamente el precio de la electricidad, se ponen de manifiesto las alternativas que presentan las aerolíneas en pos de reducir sus gastos. La electrificación de los equipos de apoyo en tierra (GSE), si bien representa un desembolso de capital inicial significativo, resulta ser una opción más que viable a largo plazo.

En este contexto el presente estudio tiene por objeto el desarrollo de una metodología que permita evaluar el reemplazo parcial o total de los vehículos de asistencia a las aeronaves por vehículos eléctricos en cualquier aeropuerto independiente de sus dimensiones operacionales y de los servicios requeridos, con el objeto de obtener una mayor reducción de las emisiones gaseosas asociadas al servicio y circulación, generadas por los GSE. La secuencia lógica que se plantea es la siguiente:



Figura 2 – Secuencia lógica aplicada

## DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Los vehículos de asistencia en tierra representan un eslabón clave en lo que respecta a la gestión aeroportuaria. La operatividad de los mismos está directamente asociada al movimiento de las aeronaves (arribos y partidas) y a la mezcla de tráfico.

La identificación del tipo de servicio de las diferentes aeronaves que conforman la flota operativa de un aeropuerto, permite identificar qué vehículos GSE intervienen en cada proceso. Dicha caracterización propuesta abarca los siguientes tipos de servicio:

- Vuelo origen-destino con pasarela (FSC, por sus siglas en inglés “Full Service Carrier”)
- Vuelo origen-destino con puesto remoto (FSC)
- Vuelo en escala con pasarela (FSC)
- Vuelo en escala con puesto remoto (FSC)
- Vuelo low cost carrier (LCC)

Se habla de vuelo origen-destino cuando en el lugar de destino se lleva a cabo un intercambio total de pasajeros, carga y combustible. En el vuelo en escala o con conexión, el intercambio de pasajeros, carga y combustible se realiza de forma parcial y, a diferencia del primero, no cuenta generalmente con limpieza de cabina, abastecimiento de agua potable y servicio de aguas residuales.

Los vuelos low-cost o vuelos de bajo costo se caracterizan por su eficiencia en términos de reducción de tiempos operativos. Esto repercute en una disminución de costos dado por el menor tiempo de manejo de los vehículos de asistencia en tierra. A su vez, los

vuelos LCC presentan menos servicios que los vuelos regulares. Los pasajeros abordan por medio de escaleras para evitar cargos aeroportuarios relacionados con el uso de pasarelas; las aeronaves cuentan con escaleras a bordo para evitar el retraso en la colocación de escaleras móviles y para generar una reducción de gastos; los puestos de estacionamiento se ubican a poca distancia de la terminal para evitar el uso de buses; el menor consumo de alimentos dado por la falta de servicio de catering repercute en prescindir de vehículos de limpieza [4].

En el caso de ser requerido, todas las aeronaves tienen a disposición vehículos para pasajeros con movilidad reducida (PRM) y vehículos anticongelantes. Sin embargo, la disponibilidad de los PRM está sujeta a la anticipación con la que se haya solicitado el servicio, mientras que la disponibilidad de vehículos anticongelantes está asociada a las condiciones climáticas en las cuales se encuentre inmerso el emplazamiento aeroportuario.

A continuación se muestra una tabla resumen en donde se identifican los diferentes vehículos de asistencia en tierra intervinientes según el tipo de servicio que brinde la aeronave.

Tabla 1 – Identificación de vehículos GSE por servicio

GSE	FULL SERVICE CARRIER				LOW COST
	ORIGEN-DESTINO		EN ESCALA		
	PASARELA	REMOTO	PASARELA	REMOTO	
CATERING TRUCK	✓	✓	✓	✓	-
CLEANING TRUCK	-	✓	-	-	-
DE-ICING TRUCK	✓	✓	✓	✓	✓
FUEL HYDRANT DISPENSER OR TANKER	✓	✓	-	-	✓
LAVATORY VEHICLE	✓	✓	-	-	✓
POTABLE WATER VEHICLE	✓	✓	-	-	✓
BULK TRAIN	✓	✓	✓	✓	✓
CONVEYOR BELT	✓	✓	✓	✓	✓
GROUND POWER UNIT	✓	✓	✓	✓	-
APRON BUS	-	✓	-	✓	-
PASSENGER STAIRS	-	✓	-	✓	-
PRM VEHICLES	-	✓	-	✓	✓
TOW TRACTOR	✓	✓	✓	✓	-

Definido el aeropuerto y el período bajo estudio, se procede a caracterizar la flota según aeronave, tipo de vuelo, puesto de estacionamiento y horarios de arribo y partida. En función de ello, es que se logra identificar los GSE requeridos para cada servicio y la cantidad de vehículos necesarios para suplir la demanda generada, en función de las variables mencionadas previamente. Además, vale mencionar la importancia de caracterizar la plataforma, factor que influye directamente en los tiempos y las distancias recorridas por cada vehículo.

Otro punto a destacar es la influencia del tamaño de las aeronaves en la operatividad de los vehículos de apoyo en tierra. Las aeronaves de fuselaje ancho (Wide-Body) presentan una mayor cantidad de pasajeros a bordo que las aeronaves de fuselaje angosto (Narrow-Body). A continuación, se presenta la caracterización de la dependencia de los GSE en función de lo indicado:

- Bus de pasajeros: depende de la capacidad del vehículo en cuestión.
- Camión de catering: necesidad de una mayor cantidad de insumos.
- Vehículo de limpieza de aguas residuales: se generan más desechos.
- Vehículo de abastecimiento de agua potable: se requiere mayor cantidad de agua potable.
- Tractor de equipaje: necesidad de transportar mayor cantidad de valijas. Depende de la capacidad de los carros.
- Camión cisterna de combustible: se requiere mayor cantidad de combustible.

### Evaluación en la incorporación de vehículos eléctricos

Hoy en día, las emisiones de gases contaminantes asociadas a la actividad aérea no se encuentran reguladas bajo ningún marco normativo. Sin embargo, los aeropuertos suelen estar ubicados en áreas metropolitanas [5], por lo que resulta sustancial emplear sistemas de control ambiental. De aquí el compromiso de los explotadores aeroportuarios y de las aerolíneas por intentar reducir la contaminación mediante el uso de energías renovables.

El reemplazo de los vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos es una de las principales alternativas que surge al plantear este tipo de problemáticas. El bajo mantenimiento y la reducción en el costo del combustible repercuten directamente en los costos del ciclo de vida, mostrando un ahorro sensible en comparación a los vehículos accionados por combustible fósil.

Se expone a continuación una tabla que indica las principales ventajas y desventajas asociadas a la incorporación de vehículos eléctricos:

Tabla 2 – Ventajas y desventajas de los eGSE

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor costo de combustible</li> <li>• Menor mantenimiento</li> <li>• Mayor confiabilidad</li> <li>• Reducción de emisión de gases contaminantes asociados a la combustión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado costo inicial</li> <li>• Bajos ciclos de carga</li> <li>• Emisión de gases contaminantes en el reciclado de las baterías</li> <li>• Inoperatividad en tiempos de carga</li> <li>• Unidades eléctricas no disponibles para algunos GSE</li> </ul>

### Vehículos clave y análisis de mercado

Si bien el escenario ideal en términos de reducción de aporte contaminante sería reemplazar toda la flota por vehículos eléctricos, se presentan ciertas limitaciones. Teniendo en cuenta que el capital inicial para el reemplazo completo de la flota de GSE es muy elevado (entre un 30% y un 35% más que los vehículos a gas [6]), se debe hacer una selección de vehículos clave, identificando cuáles son los vehículos de asistencia en tierra que generan el mayor aporte contaminante.

De acuerdo con un estudio realizado en el Aeropuerto de Aeroparque [7], se detectó que los vehículos más contaminantes son los camiones cisterna de combustible, los buses de pasajeros, y las cintas transportadoras.

La electrificación de los vehículos de apoyo en tierra está sujeta principalmente a la disponibilidad de equipos en el mercado. De acuerdo a una extensa investigación basada en sitios web oficiales de los fabricantes de vehículos de apoyo en tierra eléctricos, se creó el siguiente listado que indica los equipos eGSE que se encuentran disponibles para la compra:

Tabla 3 – Disponibilidad de eGSE

GROUND SUPPORT EQUIPMENT			TIPO DE ENERGÍA	
CATEGORÍA DE SERVICIO	ACRÓNIMO	DESCRIPCIÓN	DIESEL/GASOLINA	ELÉCTRICO
AIRCRAFT TURNAROUND SERVICES	CAT	CATERING TRUCK	✓	✓
	CLEAN	CLEANING TRUCK	✓	✓
	DI	DE-ICING TRUCK	✓	X
	FUEL	FUEL HYDRANT DISPENSER OR TANKER	✓	X
	LV	LAVATORY VEHICLE	✓	✓
	WV	POTABLE WATER VEHICLE	✓	✓
BAGGAGE AND CARGO HANDLING	BULK	BULK TRAIN	✓	✓
	CB	CONVEYOR BELT	✓	✓
	LDCL	LOWER DECK CARGO LOADER	✓	✓
	ULD	ULD TRAIN	✓	✓
GROUND POWER AND AIR DISTRIBUTION	AC	AIR CONDITIONING UNIT	✓	✓
	AS	AIR START UNIT	✓	X
	GPU	GROUND POWER UNIT	✓	✓
PASSENGER LOADING AND UNLOADING	BUS	APRON BUS	✓	✓
	PS	PASSENGER STAIRS	✓	✓
	PRMV	PRM VEHICLES*	✓	✓
AIRCRAFT MOVEMENT	TOW	TOW TRACTOR	✓	✓

De la tabla previa, se concluye que hoy en día no se encuentran disponibles los siguientes tipos de vehículos eléctricos:

- Camión cisterna de combustible
- Vehículo anticongelante
- Unidad de arranque neumático

Tal como se puede observar, el camión cisterna de combustible no tiene disponible una versión en formato eléctrico. Esto puede deberse a que se trata de un vehículo que requiere una potencia elevada por las grandes toneladas de combustible que debe transportar. Implicaría, además, el uso de baterías muy pesadas y de gran capacidad. Por otra parte, en el caso de que las estaciones de carga funcionen con corriente alterna, resultaría riesgosa la circulación de energía eléctrica por un vehículo que dispone de grandes cantidades de combustible. Cualquier imperfecto técnico resultaría catastrófico.

## CONCLUSIONES

En un inicio se había planteado la posibilidad de convertir toda la flota de GSE por vehículos eléctricos. Sin embargo, se vio que esta tarea estaba íntimamente relacionada a la disponibilidad de vehículos en el mercado. Si bien el camión cisterna de combustible es el vehículo que genera el mayor aporte contaminante, la faltante de un vehículo eléctrico de tales características hace que las emisiones no puedan ser contrarrestadas completamente. Es por ello que en muchos aeropuertos estos vehículos han sido suplantados por cañerías subterráneas en donde se traslada desde las plantas de combustible a cada puesto de estacionamiento.

El reemplazo parcial de los GSE genera un impacto positivo en los estándares de calidad del aire, permitiendo reducciones significativas (del orden del 50% de las emisiones anuales [7]).

Los tiempos de autonomía de los vehículos a combustión interna son superiores a los expuestos por los vehículos eléctricos. Esto hace que se requieran menos vehículos para abastecer a la misma demanda de aeronaves. Sin embargo, el beneficio de los vehículos eléctricos radica en el ahorro de combustible. Hoy en día, el precio de la electricidad se encuentra muy por debajo del precio del combustible, haciendo que se puedan obtener grandes réditos económicos.

A efectos de brindar un orden de magnitud sobre el ahorro de combustible, de acuerdo a un estudio llevado a cabo en el Aeropuerto de Zagreb, se determinó que el ahorro anual correspondiente a las operaciones Full Service Carrier (FSC) de aeronaves Airbus A319/A320 ronda el 70% [8].

Es más que evidente que el proceso de conversión de los vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos trae aparejados grandes cambios, siendo la adaptación de la infraestructura el eje principal. Sin embargo, el impacto producido por la reducción de las emisiones y el ahorro de combustible son los pilares que fomentan la electrificación de los vehículos haciendo que sea factible su implementación.

## Bibliografía

- [1] Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático, "Informe de Síntesis Cambio Climático 2014," 2014.
- [2] E. Fleuti and S. Maraini, "Air Quality Assessment Sensitivities – Zurich Airport Case Study."
- [3] International Civil Aviation Organization, "Airport Air Quality Manual," 2011.
- [4] F. Gomez and D. Scholz, "Improvements to Ground Handling Operations and their Benefits to Direct Operating Costs," Germany, 2009.
- [5] P. E. M. Szelagowski, N. Vitale, S. Pitrelli, and P. Di Gregorio, "LA CIUDAD EN EL AEROPUERTO, EL AEROPUERTO EN LA CIUDAD," 2013.
- [6] Electric Power Research Institute EPRI, "Airport Electrification Strategy at the Los Angeles International Airport," Los Angeles, 2008.
- [7] C. Trujillo, L. Sznajderman, and A. Di Bernardi, "Estudio del Aporte Contaminante Gaseoso Generado por la Circulación de los Vehículos de Apoyo en Tierra (GSE) en Emplazamientos Aeroportuarios," 2018.
- [8] I. Štimac, D. Vince, and B. Jakšić, "Model of Environment – Friendly Aircraft Handling – Case Study: Zagreb Airport," 2013.