

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Proyecto cultural y colectivo de nación

Carga y operación óptima de vehículos eléctricos para transporte público que participan activamente con la red de potencia

Semaria Ruiz Alvarez

Estudiante de doctorado, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

Director: Jairo José Espinosa Oviedo

Co-director: Iván Sarmiento

Cuarto Seminario Internacional de Tráfico y Transporte, Moycot, 2019

Sede Medellín



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Motivación

La implementación de sistemas de transporte público que usan vehículos eléctricos (Barco et al., 2013), para reducir:

- Los impactos en el ambiente y en la salud causados por la quema de combustibles fósiles
- Los problemas relacionados al uso excesivo de vehículos particulares

La oportunidad de usar vehículos eléctricos para entregar energía a la red eléctrica reduciendo los costos de operación de la flota

Vehículos eléctricos para transporte público participando activamente con la red eléctrica

Motivación

Problemas de movilidad y contaminación en la ciudad de Medellín (Aguiar et al., 2016)

El número de vehículos en la ciudad ha incrementado en un 64 % de 2005 a 2017

La concentración de PM 2.5 crece con una tasa anual de 4.1 %, y algunas veces excede el valor límite permitido de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Fig. 1. Ejemplo de congestión vehicular en Medellín.

Motivación



Agentes de Tránsito de Medellín se movilizarán en vehículos eléctricos

La alcaldía presentó siete carros eléctricos que atenderán casos en las vías de la ciudad.

- Comentar 2
- Facebook 8
- Twitter
- Guardar
- Enviar
- LinkedIn



Noticias - De interés - Precios - Contacto - Nuestro equipo

You are here: Home > Autos > 50 buses eléctricos llegarán a Medellín en 2019

50 buses eléctricos llegarán a Medellín en 2019

septiembre 28, 2018 Felipe Vallejo Unibe

C TEMAS DEL DÍA CATERINE IBARGÜEN LUIS FERNANDO ANDRADE FISCAL AD HOC

ANTIOQUIA COLOMBIA INTERNACIONAL NEGOCIOS DEPORTES OPINIÓN CULTURA TENDENCIAS

Medellín tendría 500 taxis eléctricos en 2018



Fig. 2. Inclusión de vehículos eléctricos en Medellín para 2018-2019.

Motivación

Nuestro grupo de investigación está involucrado en el proyecto: Transformación del sector energético colombiano en el horizonte 2030 (Energética 2030) - Análisis de la movilidad sostenible como un posible nodo prosumidor.



Fig. 3. Logo del Proyecto Energética 2030.

Motivación

La implementación de sistemas de transporte público que usan vehículos eléctricos (Barco et al., 2013), para reducir:

- Los impactos en el ambiente y en la salud causados por la quema de combustibles fósiles
- Los problemas relacionados al uso excesivo de vehículos particulares

La oportunidad de usar vehículos eléctricos para entregar energía a la red eléctrica reduciendo los costos de operación de la flota

Vehículos eléctricos para transporte público participando activamente con la red eléctrica

Solución propuesta

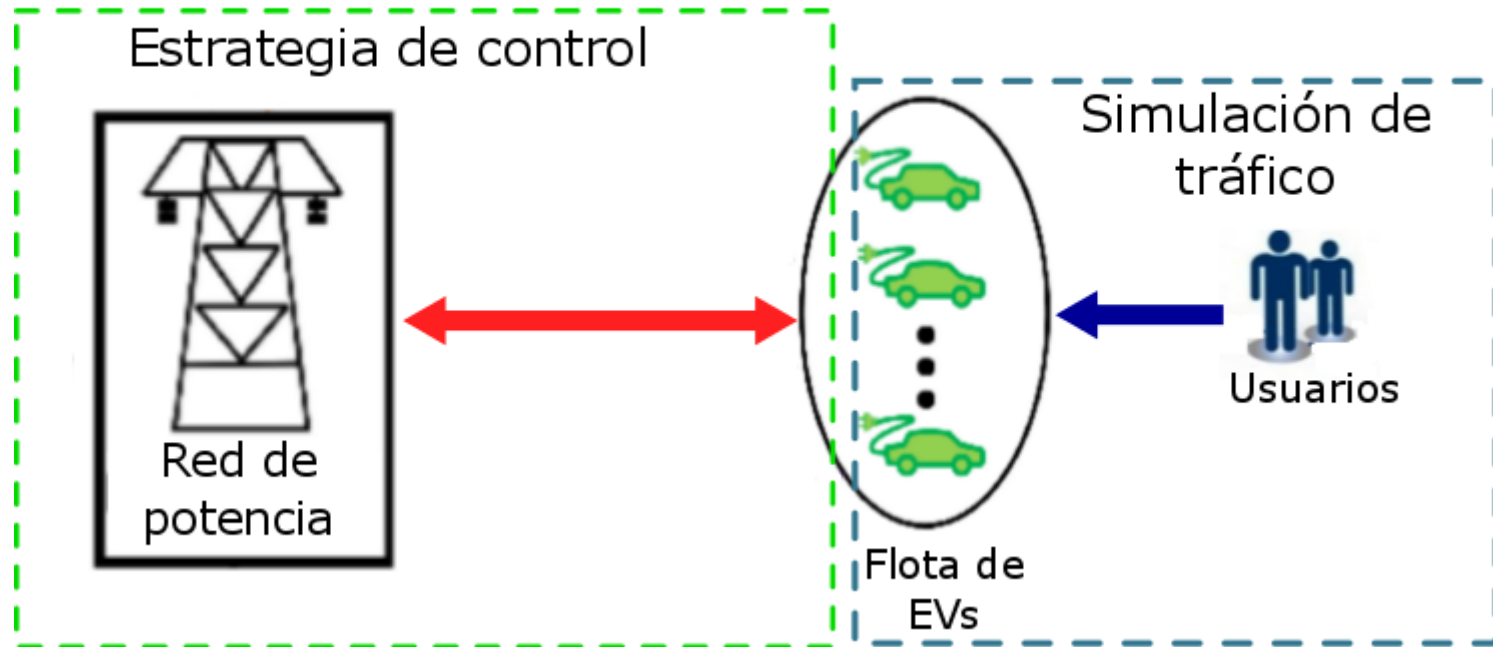


Fig. 4. Esquema de la solución propuesta.

Solución propuesta

Carga simple

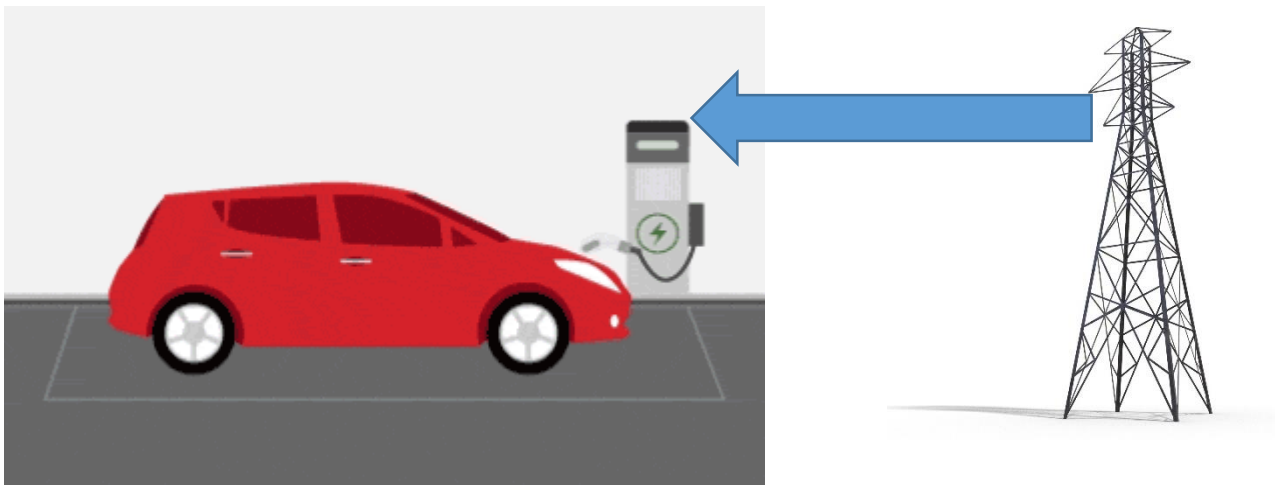


Fig. 5. Esquema de carga simple.

Costo de carga: \$ 3000000 COP

Solución propuesta

Intercambio de potencia con la red (V2G)

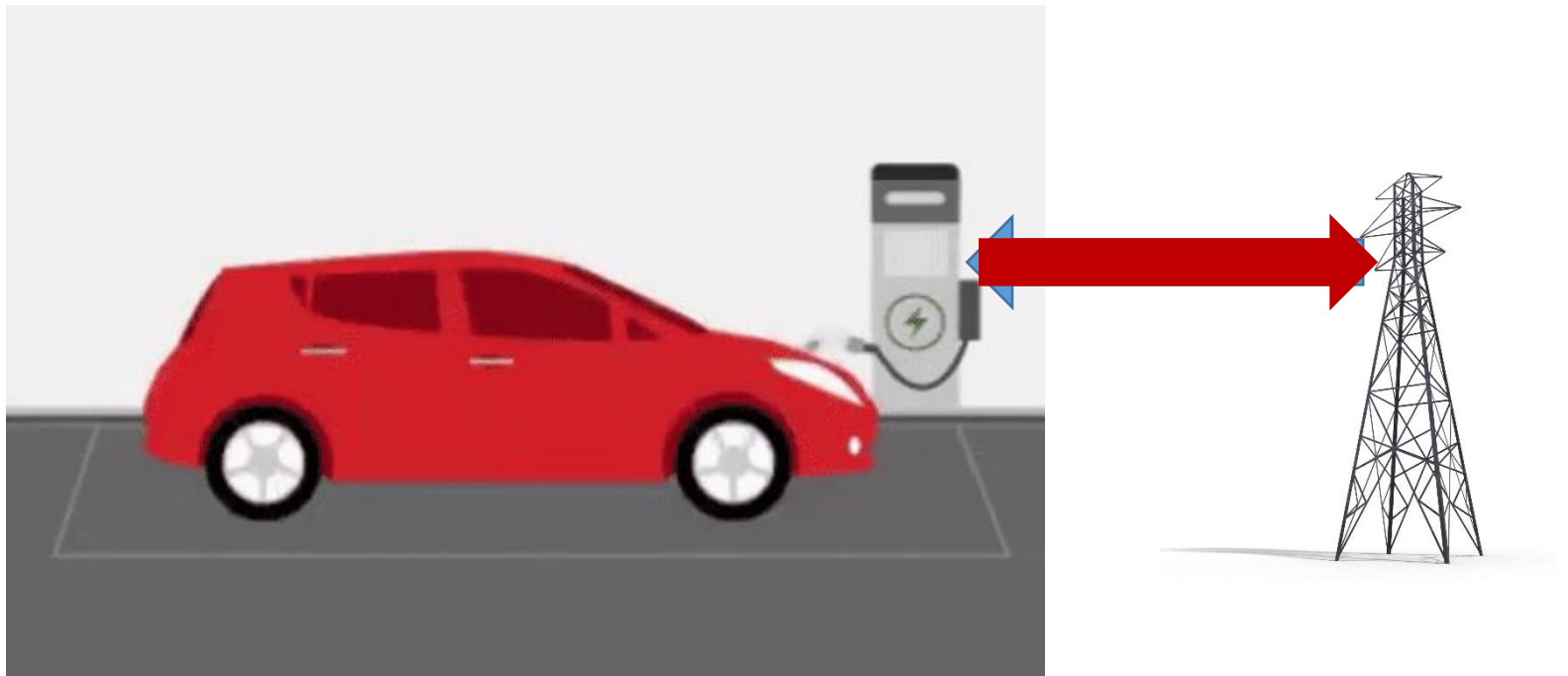
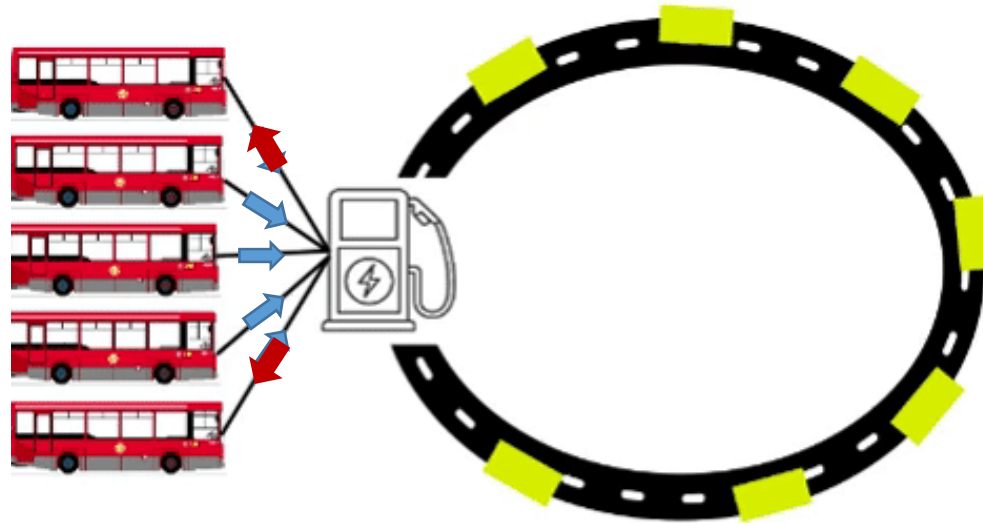


Fig. 6. Esquema de carga con participación activa con la red de potencia.

Costo de carga: \$ 7500 COP

Caso de estudio



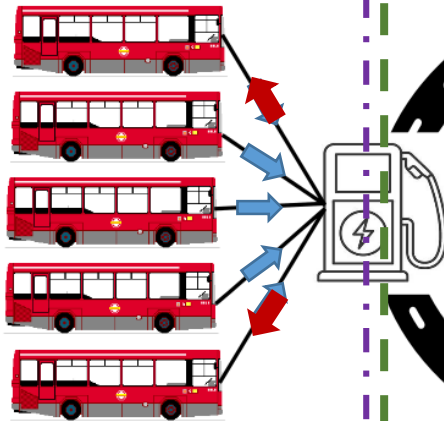
■ Estaciones de parada de buses

Fig. 7. Representación gráfica de la estrategia de programación para cargar y despachar los buses articulados (BRTs) eléctricos presentada en (Ruiz et al., 2018).

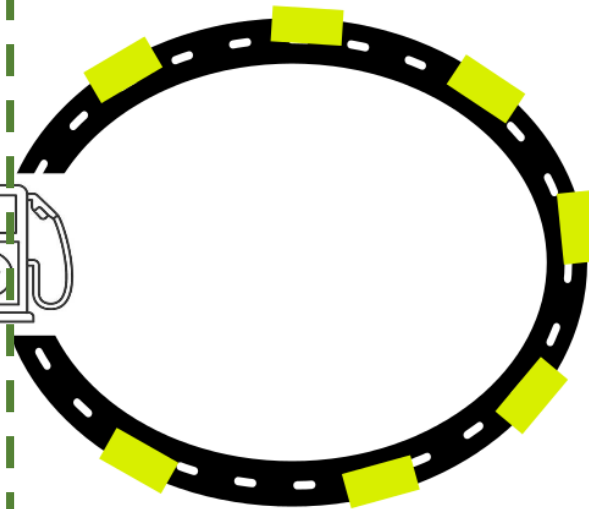
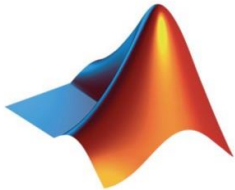
Capacidad de la batería de los buses
324 kWh

Caso de estudio

- Despacho de vehículos para cubrir viajes requeridos
- Potencia y horario de carga
- Potencia y horario de descarga



Algoritmo de control



- Consumo de energía en cada viaje
- Viajes requeridos para atender la demanda de pasajeros

Simulador de tráfico urbano



Fig. 8. Representación gráfica de la estrategia de programación para cargar y despachar los buses articulados (BRTs) eléctricos presentada en (Ruiz et al., 2018).

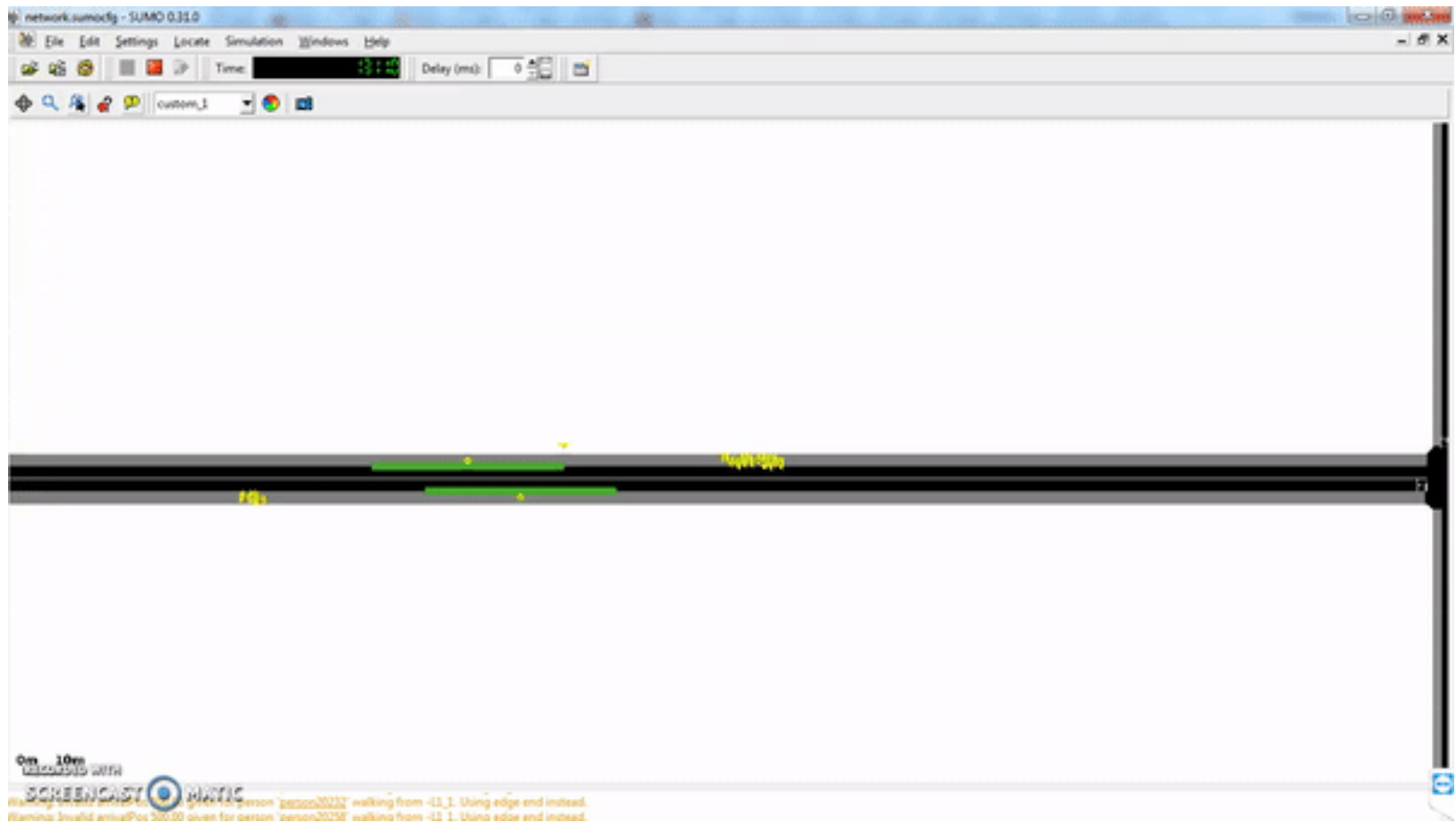


Fig. 9. Ejemplo de simulación de BRTs y flujo de pasajeros a estaciones de parada en SUMO.

¿Cómo se debe gestionar la flota de EVs para maximizar el beneficio económico?

- ¿Cuándo y cuánto cargar los vehículos?
- ¿Cuándo y cuánto descargar los vehículos?
- ¿Cuál es el impacto de la participación activa de los EVs con la red de potencia sobre el desgaste de las baterías?

¿Cuándo y cuánto
cargar los vehículos?

Algoritmo de control

Precio promedio diario de la energía

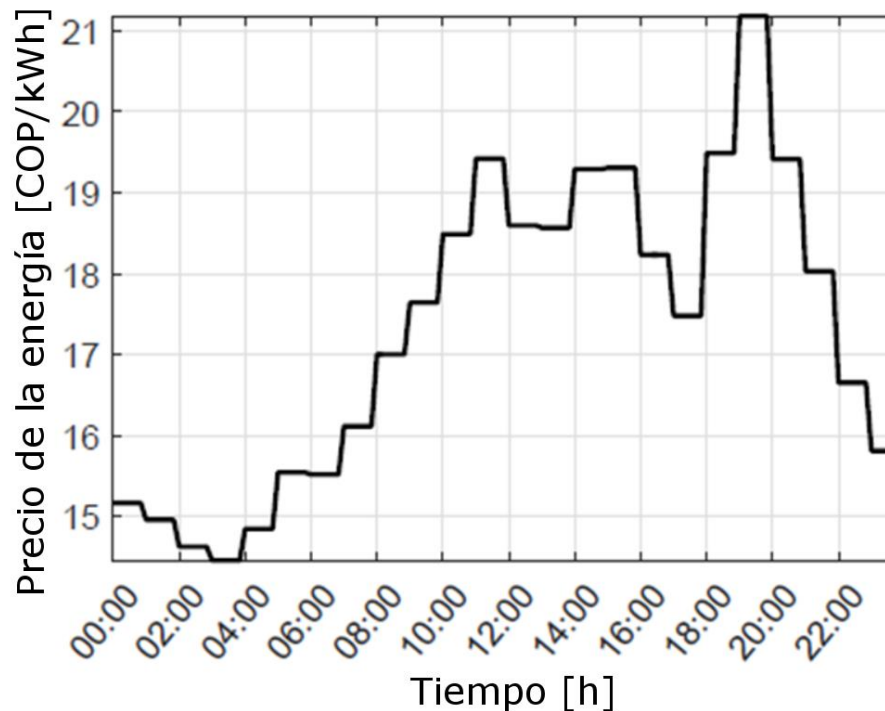
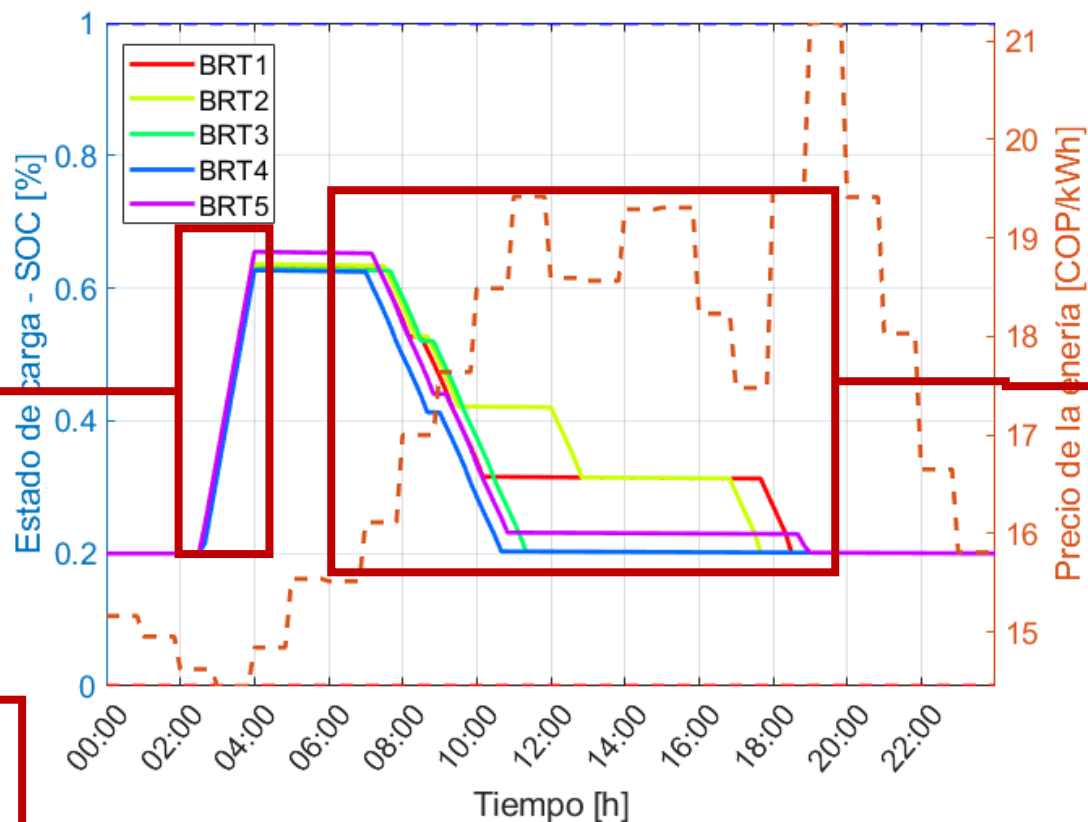


Fig. 10. Precio promedio diario de la energía en el Mercado Spot para Colombia en 2017 (XM Compañía Expertos en Mercados S.A. E.S.P., 2017).

Resultados y análisis

21 viajes



Horas con menor precio de la energía

Energía gastada en los viajes

Fig. 11. Energía la batería de cada vehículo de la flota de BRTs.

¿Cuándo y cuánto
descargar los
vehículos?

Resultados y análisis

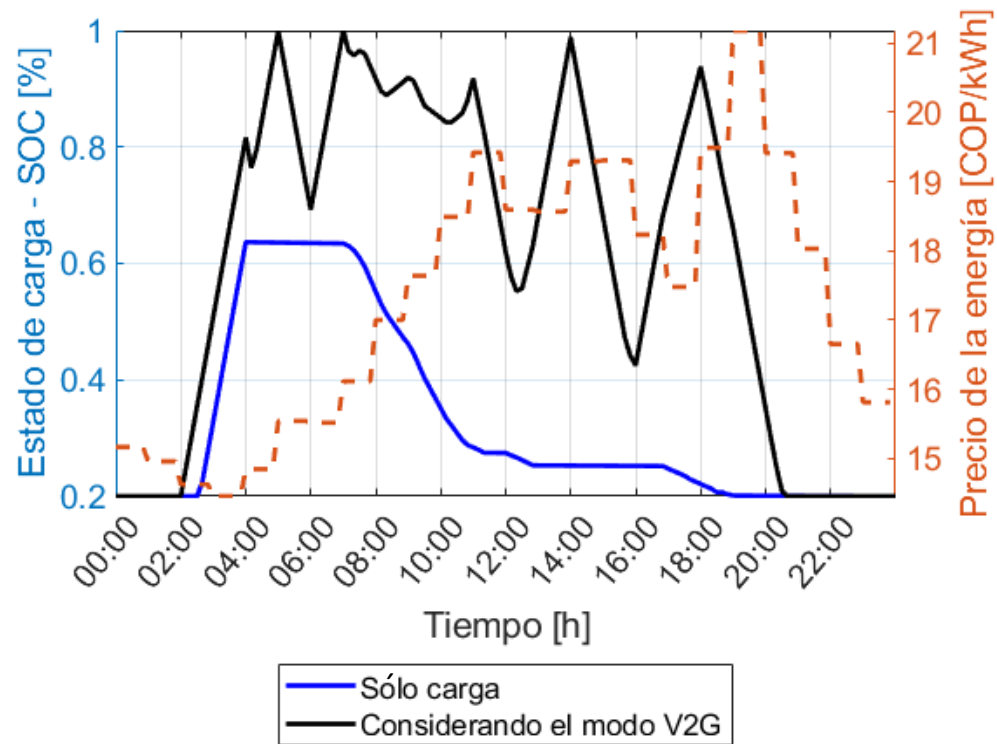


Fig. 12. Energía promedio en las baterías de los vehículos de la flota de BRTs, considerando el modo V2G.

¿Cuál es el impacto de la participación activa de los EVs con la red de potencia sobre el desgaste de las baterías?

Resultados y análisis

Estado de salud (SOH)

Porcentaje de pérdida de la capacidad útil de almacenamiento de la batería

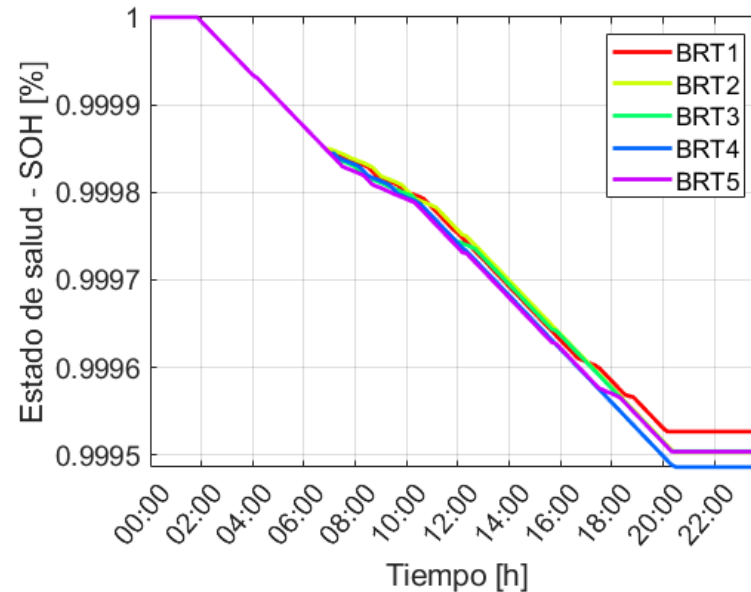


Fig. 13. Estado de salud de las baterías de los BRTs de la flota.

Se considera que una batería debe ser reemplazada al alcanzar el 50% del estado de salud, el cual se alcanza en 3.9 años, repitiendo el perfil de carga/descarga. Normalmente este tiempo se alcanzaría en aproximadamente 5 años.

Resultados y análisis

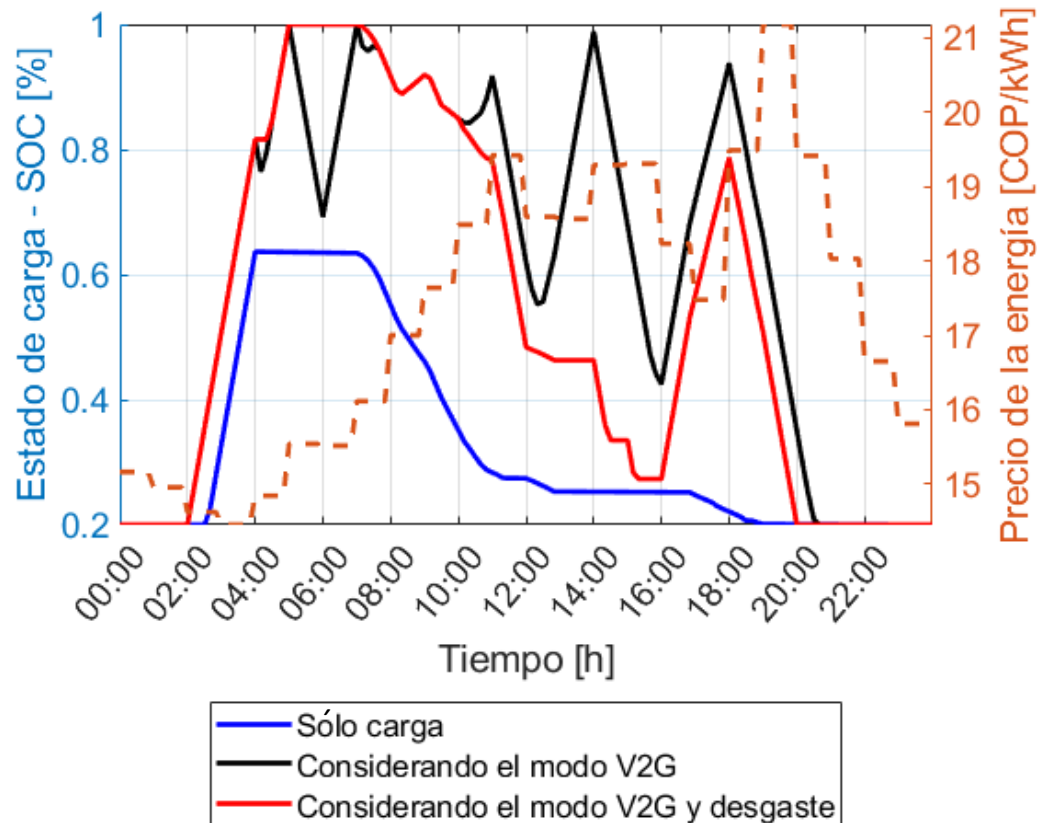


Fig. 14. Energía promedio en las baterías de los vehículos de la flota de BRTs, considerando el modo V2G y el desgaste.

Conclusiones

- Al permitir el modo V2G, los beneficios económicos obtenidos equivalen al 50% de los costos operacionales. Y el costo de desgaste es del 26% de los costos operativos.
- Por lo tanto, a pesar de la inclusión del costo de desgaste, el modo V2G sigue siendo rentable.
- Esto se logra a través de un algoritmo de control que indica el horario para cargar y descargar los EVs.
- La participación de los vehículos depende de la predicción de las rutas de cada vehículo. Esta variable debe ser estimada apropiadamente.

Referencias

- Aguiar, D., Palacio, M., Hernández, D., & Manosalva, J. (2016). Medellín y su calidad del aire. *Escuela Internacional de Desarrollo Sostenible*.
- Barco, J., Guerra, A., Muñoz, L., & Quijano, N. (2013). Optimal Routing and Scheduling of Charge for Electric Vehicles: Case Study. *Problems in Engineering*, *abs/1310.0*, 1–21. <http://doi.org/10.1155/2017/8509783>
- Brooks, A. (2002). Vehicle-to-grid demonstration project: Grid regulation ancillary service with a battery electric vehicle. *Regulation*, (01), 61. Retrieved from http://www.smartgridnews.com/artman/uploads/1/sgnr_2007_12031.pdf
- Kang, J., Duncan, S., & Mavris, D. (2013). Real-time scheduling techniques for electric vehicle charging in support of frequency regulation. *Procedia Computer Science*, 16, 767–775. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.080>
- Ruiz, S., Arroyo, N., Acosta, A., Portilla, C., & Espinosa, J. (2018). An Optimal Battery Charging And Schedule Control Strategy For Electric Bus Rapid Transit. In *Proceedings of Joint Conference MOVICI - MOYCOT 2018*. Medellín, Colombia.
- XM Compañía Expertos en Mercados S.A. E.S.P. (2017). Histórico Transacciones y Precio. Retrieved November 20, 2017, from <http://informacioninteligente10.xm.com.co/transacciones/Paginas/HistoricoTransacciones.aspx>

Muchas gracias

Preguntas, sugerencias, comentarios

Agradecimientos:

- A Colciencias por su apoyo con la beca de doctorado de la convocatoria número 757 de 2016
- Al proyecto “Estrategia de cambio del sector energético y colombiano en el horizonte de 2030” financiado en la convocatoria 778 de Colciencias Ecosistema Científico. -a FP44842-210-2018

••

Grupo de Automática de la Universidad Nacional GAUNAL Facultad de Minas

Carrera 80 # 65 – 223 Bloque M8 – Oficina 108
Medellín, Colombia
(+57 4) 425 50 00 ext. 5295
jjespino@unal.edu.co

medellin.unal.edu.co

Sede Medellín



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA