

# EVALUACIÓN DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO HACIA LA ELECTROMOVILIDAD EN COLOMBIA

Edder Alexander Velandia Durán, Universidad de La Salle. [evelandiad@unisalle.edu.co](mailto:evelandiad@unisalle.edu.co)

Jhon Jairo Pérez Gelves, Universidad de La Salle. [jjperez@unisalle.edu.co](mailto:jjperez@unisalle.edu.co)

## RESUMEN

El transporte público urbano/regional es fundamental en las ciudades sostenibles. En Colombia, este segmento moviliza a las mayorías de la población en zonas urbanas y metropolitanas, bajo un marco operativo privado que hoy se encuentra en crisis. En consecuencia, la calidad del servicio es baja y existen colaterales que lo hacen insostenible. En este panorama, la electromovilidad emerge como una alternativa de cambio y Colombia asume el liderazgo para introducir la tecnología durante el último quinquenio con resultados destacables en flotas operativas. Este trabajo realizó una revisión del marco político colombiano y sus resultados, pero se hacen reflexiones sobre los retos pendientes desde los territorios y la necesidad de fortalecer el transporte público urbano/regional como requerimiento para su electrificación.

*Palabras claves: transición, electromovilidad, transporte público, Colombia*

## ABSTRACT

Urban/regional public transport is essential in sustainable cities. In Colombia, this segment mobilizes the majority of the population in urban and metropolitan areas, under a private operating framework that is currently in crisis. Consequently, the quality of the service is low and there are collaterals that make it unsustainable. In this scenario, electromobility emerges as an alternative for change and Colombia assumes the leadership to introduce the technology during the last five years with notable results in operating fleets. This work carried out a review of the Colombian political framework and its results, but reflections are made on the pending challenges from the territories and the need to strengthen urban/regional public transport as a requirement for its electrification.

*Keys words: energy transition, electromobility, public transport, Colombia*

## 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo hace parte de una investigación doctoral que consolida la experiencia de tres quinquenios del investigador principal en la transición energética del transporte terrestre hacia la electromovilidad en Latinoamérica. La investigación marco busca identificar nuevos elementos a los ya estudiados y que hoy limitan la masificación de las nuevas tecnologías en los sistemas de transporte público urbano/regional en las diferentes ciudades de Colombia. En este trabajo se desarrolló una revisión del marco normativo colombiano relacionado con la electromovilidad y la apuesta país para electrificación de las flotas de buses de los sistemas de transporte público urbano/regional. El resultado proyectado fue una revisión de la política existente, las contradicciones o limitaciones identificables y los retos pendientes a ser gestionados desde el gobierno nacional y los territorios.

Como referencia, Colombia aporta el 0,57% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> (IDEAM, 2018), cifra que no exime la corresponsabilidad por las emisiones generadas. Con relación al sector transporte terrestre, en la última década el parque vehicular (incluyendo motocicletas) ha crecido exponencialmente (Mintransporte, 2021) con una amplia dependencia por combustibles fósiles. Para final del año 2020, el sector transporte consumió el 40% de la demanda total de energía primaria nacional (UPME, 2020), siendo responsable del 12% de las emisiones nacionales de CO<sub>2</sub> (IDEAM, 2018). Por su parte, DNP (2015) estableció que los costos ambientales asociados a la degradación ambiental relacionada con la mala calidad del aire, donde el transporte es un actor relevante, ascienden al 1,7% del PIB nacional.

Dentro de los diferentes esquemas de transporte urbano/regional, el transporte público urbano/regional juega un rol importante al nivel país y se soporta principalmente en buses, con la excepción de la ciudad de Medellín que cuenta con sistemas férreos y algunas experiencias de cables de pasajeros en ciudades como Medellín, Bogotá, Manizales, Cali y Pereira, con una participación marginal en términos del total de pasajeros transportados. De acuerdo a la política nacional de transporte, los documentos CONPES 3167 (Política para Mejorar el Servicio de Transporte Público de Pasajeros), CONPES 3260 (Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo), CONPES 3677 (Movilidad Integral para la región capital Bogotá – Cundinamarca) CONPES 3819 (Política Nacional para consolidar el Sistema de Ciudades) y CONPES 3991 (Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional) se ha propuesto la reorganización del transporte público urbano/regional en las ciudades/regiones con más de 300 mil habitantes. Para ello, se definieron conceptualmente los Sistemas de Transporte Público Masivo (STPM), Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM), Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP) y Sistemas Integrados de Transporte Regional (SITR). En general, la política busca la regularización del servicio desde un gestor público, la existencia de un fondo de recursos para pago de los costos, un sistema de recaudo unificado y la existencia de operadores concesionados que asumen la responsabilidad de disponer y operar la flota requerida para atender las necesidades de viajes. Igualmente, se concibieron los BRT (troncal y buses alimentadores) como referentes para la operación de transporte masivo.

No obstante, hoy operan esquemas de Transporte Público Colectivo (TPC) en diferentes ciudades/regiones como: Medellín, Cúcuta, Soledad, Soacha, Barranquilla, Montería y Cartagena. El TPC corresponde al antiguo sistema afiliación de propietarios de buses a empresas de transporte

público colectivo que no han sido regularizados. Las tipologías y tecnologías empleadas en las flotas de esta operación son diversas con uso mayoritario de diésel.

El estudio realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2023) en ocho áreas metropolitanas (Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cúcuta, Manizales, Medellín, Pereira) señaló que durante el primer trimestre del año 2023, el total de pasajeros transportados presentó las mayores variaciones positivas anuales en las regiones de Cali (13,3%), Bogotá (10,0%) y Medellín (8,8%), sin embargo, en la ciudad de Cartagena, y en las regiones de Bucaramanga y Barraquilla, los registros evidencian una reducción del número de usuarios frente al mismo periodo del año 2022. En términos de utilización del servicio, el estudio señaló que 241,1 millones de pasajeros se movilizaron en el sistema de transporte público colectivo y 496,1 millones de pasajeros se movilizaron en los SITM (Bogotá aportó el 46,0% del total de los usuarios).

Por su parte, la sostenibilidad financiera de los sistemas de transporte público urbano/regional ha dejado de ser viable como consecuencia de la deserción de ciudadanos hacia las motocicletas, el aumento del número de evasores al pago del pasaje, los efectos negativos de la pandemia Covid19, el crecimiento de los costos operacionales asociado a variables macroeconómicas y la imposibilidad de aumentar las tarifas para garantizar la sostenibilidad de los usuarios. En este sentido, Bogotá con el 100% del SITP (Sistema Integrado de Transporte Público) tiene una evasión de pago del pasaje estimada en 30%, hecho que representa pérdidas cercanas a los COP\$ 10.600 millones semanales (Transmilenio, 2022). Asimismo, la apuesta por incorporar flotas de buses eléctricos y GNV dedicados, más las situaciones mencionadas anteriormente conllevan a un déficit financiero estimado en COP\$ 2,4 Billones para el año 2022 (Transmilenio, 2023). Este déficit a la fecha no ha sido controlado y comienza a demandar recursos anuales equivalentes a la inversión necesaria para la construcción de una troncal BRT en la ciudad.

Lo anterior evidencia el riesgo financiero de los sistemas de transporte público urbano/regional y dificulta el aumento de recursos para la adquisición de nuevas flotas con tecnologías eléctricas en los diferentes territorios. Evidentemente, las mayores dificultades se encuentran en las ciudades con menores capacidades institucionales y financieras, con mayor crecimiento del número de motociclistas y presencia de transporte informal. Ante esta situación, el país reconoció la necesidad de garantizar la sostenibilidad financiera de los sistemas de transporte público urbano/regional implementados, para lo cual, estableció recursos nacionales en el año 2023 para garantizar su equilibrio financiero (Congreso de la República de Colombia, 2023).

Ahora bien, el país mantiene su apuesta por reducir un 20% de las emisiones de carbono proyectadas al año 2030 (MinAmbiente, 2017), política que se articula con otras relacionadas con el mejoramiento de la calidad del aire en zonas urbanas y metropolitanas (CONPES 3943), las políticas de movilidad urbana sostenible, la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono y la política de crecimiento verde (CONPES 3934). Claramente, el sector transporte se identifica como uno con potencial de reducción de emisiones reconociendo la alta dependencia de combustibles fósiles y la edad de la flota vehicular. Sobre este último particular, el 60% de la flota de buses, el 67% de los microbuses y el 80% de busetas tienen una edad superior a los 11 años de servicio (MinTransporte, 2021).

En línea con dichos compromisos el país ha recibido recursos de cooperación internacional y conjuntamente con recursos nacionales se han realizado estudios, se han fortalecido las

instituciones nacionales y se han desarrollado una serie de políticas e incentivos desde el año 2010 para facilitar la transición energética de las flotas de buses de transporte público. Como resultado de los incentivos de la política nacional de electromovilidad y la iniciativa local se encuentran flotas de buses eléctricos con baterías en tres regiones del país como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Flota de buses eléctricos de transporte público en Colombia

Ciudad/Región	Número de buses eléctricos	Tipología	Operador
Bogotá	1485	Buses 8-12 metros	SITP - Transmilenio
Medellín	64+1 4	Buses 8-12 metros (1) Articulado	Metroplús Masivo de Occidente
Cali	35+1	Busetones (1) Articulado	MIO

## 2. FUNDAMENTOS PARA LA ELECTRIFICACION DE BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO

Ciudades que adoptaron al transporte público como eje estructural de la movilidad de pasajeros tienen mejores indicadores de equidad e igualdad, posiblemente mayor accesibilidad para los peatones y ciclistas, menor consumo energético por persona, mayor asequibilidad a la población (Hernández, 2017), menores emisiones contaminantes y, por ende, mejores condiciones ambientales y de salud pública (BID, 2020). Bajo esta argumentación, el transporte público se promueve con mayor decisión en diferentes territorios y se emplea como una manera de moderar los costos ambientales urbanos, desestimular el uso del vehículo particular y como alternativa para aumentar la movilidad de las personas (Suzuki et.al, 2014).

Entre las tecnologías empleadas en el transporte público se encuentran las opciones eléctricas, las cuales, se han empleado desde hace más de un siglo. Los trolebuses poseen una amplia experiencia operacional y permiten evidenciar beneficios asociados con la larga vida útil de los motores eléctricos, la eficiencia energética, los bajos niveles de ruido y cero emisiones urbanas (Velandia, 2010).

La experiencia internacional asociada a proyectos de transporte público eléctrico es variada en esquemas operacionales, tipologías vehiculares, configuraciones, integración urbana y alternativas de aprovisionamiento de energía eléctrica (Velandia, 2022). En contextos urbanos, especialmente latinoamericanos, los sistemas soportados en buses de tránsito rápido (BRT) o en carriles mixtos se convierte en la opción con mayor aplicación. Esto no significa que soluciones ferroviarias no sean viables, solo que por sus altas inversiones iniciales han sido poco adoptadas por los gobiernos en la región. Con relación a los sistemas de transporte público con buses, Kreuzer et.al. (2014) y el BID (2013) han considerado que la aplicación de la electromovilidad en los sistemas de transporte público se convierte en una alternativa de alto impacto. En esta línea, instituciones como WRI (2021), BID (2020) y CAF (2021) han señalado las oportunidades para el uso de buses eléctricos en los sistemas de transporte público urbano en Latinoamérica, identificando alternativas

operacionales y financieras para garantizar una aproximación a soluciones tradicionales con tecnologías diésel. Es importante mencionar que, si bien hoy existe una aparente “moda” por buses eléctricos con baterías, el transporte público eléctrico incluye soluciones híbridas eléctricas, soluciones con catenarias, tecnologías de recarga por oportunidad e inducción, hasta soluciones eléctricas con hidrógeno (Velandia, 2010).

En Colombia, las experiencias locales de buses eléctricos con baterías señalan menores costos de operación y mantenimiento cercanos al 50% respecto a tecnologías convencionales diésel. Igualmente, la percepción de la tecnología desde los conductores y los mecánicos es positiva (WRI, 2022). En términos energéticos para el país, las nuevas tecnologías permiten ahorros en combustibles fósiles y el uso de la electricidad como energético sustituto es positivo, reconociendo la existencia de una matriz energética con una capacidad de generación cercana al 68% con energías renovables (ACOLGEN, 2022) y el crecimiento de los sistemas de generación energética con renovables no convencionales. Esto se traduce en menor huella de carbono de los vehículos eléctricos durante su vida operativa. Por último, se estima que los buses eléctricos han contribuido a una mejora en la calidad del servicio al ofrecer mayor confort al usuario, menores niveles de ruido y una mejor calidad del aire al interior de las unidades; sin embargo, hay registros de Black Carbon relevantes, esto puede ser asociado a las condiciones de ventilación de los vehículos y la calidad del aire en los corredores viales (Rengifo, 2022).

Las desventajas de los buses eléctricos de baterías se asocian a la autonomía entregadas por el paquete de baterías abordo y la consecuencia de peso muerto a bordo, los tiempos de carga, las condiciones en ruta (Alée, 2017), el efecto del aire acondicionado en la autonomía, el manejo de residuos y riesgos de descarga eléctrica en labores de mantenimiento (Velandia, 2022). Igualmente, las inversiones en infraestructura de recarga en patios o en ruta se convierte en un reto a gestionarse desde el proyecto en concordancia con la infraestructura eléctrica urbana.

### **3. POLÍTICA LATINOAMERICANA HACIA LOS BUSES ELÉCTRICOS**

Escalante (2019) y Romero et.al (2020), consideraron que electrificar el transporte público urbano es viable, pero es necesario un marco político e incentivos que aumenten su competitividad. Por su parte, se han generado metodologías y/o guías para electrificar sistemas de buses eléctricos como las propuestas por MOVE-ONU (2022) y BID (2019), las cuales se centran en un abordaje operacional y financiero. Asimismo, la mayor motivación para implementar las nuevas tecnologías eléctricas en el transporte público urbano/regional en Latinoamérica está basado en la reducción de la huella de carbono asociada a los combustibles fósiles. El liderazgo en la reducción de las emisiones globales causantes del cambio climático ha estado ligado a los países de la Comunidad Europea, los cuales, han puesto en marcha políticas y acciones concretas para electrificar el transporte terrestre y especialmente, el transporte público. Es así que diferentes instituciones de cooperación europea del gobierno británico, suizo, alemán y español han invertido recursos y apoyado a los gobiernos de Latinoamérica para impulsar y promover la electrificación de buses. Algunos de los estudios financiados con dichos recursos de cooperación han sido ejecutados por instituciones como WRI (2021, 2022), PNUD (2019) y WWF (2021) con aplicaciones en México, Panamá, Costa Rica y Colombia.

Por su parte, la banca internacional ha contribuido en este proceso. Se destacan estudios como BID (2020) y CAF (2021) que han expuesto las oportunidades para el uso de buses eléctricos en los sistemas de transporte público urbano en Latinoamérica, identificando alternativas operacionales y financieras para garantizar una aproximación a soluciones tradicionales con tecnologías diésel.

Entre los resultados de la cooperación a los países latinoamericanos se encuentra la definición de hojas de ruta y estrategias para la electromovilidad; financiamiento de pilotos; creación de capacidades locales; fortalecimiento institucional; financiamiento de proyectos; formación técnica. En la tabla 2 se muestra un resumen de los instrumentos existentes o en desarrollo relacionados con la electrificación del transporte terrestre en algunos países de la región. El color verde significa la existencia clara del instrumento y el color verde claro significa que el instrumento se considera, pero hace falta consolidarlo. Chile claramente es un país con ventaja, hecho que se refleja en las experiencias más significativas de flotas eléctricas en la región.

Tabla 2. Instrumentos de política orientados a la electromovilidad en países latinoamericanos.

Categoría	Instrumento	Argentina	Chile	México	Costa Rica	Uruguay	Panamá	Ecuador
Incentivos a la compra	Reducción de impuestos							
	Apoyo gubernamental a la compra							
	Descuento de la inversión en rentas							
Incentivos de uso	Reducción base de registros, impuestos y/o seguros							
	Tarifas eléctricas diferenciales							
Políticas de transporte, energía y ambiente	Existencia de transporte público integrado / masivo							
	Política y/o Estrategia de Movilidad Eléctrica							
	Compromisos NDC transporte como prioritario							
	Regulación infraestructura de carga							
	Segundo uso de baterías y reciclaje							
Experiencia	Flotas de buses eléctricos operativas							

Fuente: Construida a partir de CAF (2019), ONU Medio Ambiente (2018), CEPAL (2022) y revisiones de política nacionales hasta el año 2021.

En Latinoamérica, hoy se identifican proyectos en ciudades como Sao Paulo con trolebuses, buses híbridos eléctricos y buses de baterías; Guadalajara y Ciudad de México con trolebuses y buses eléctricos; y flotas de buses eléctricos de baterías en Santiago de Chile, Guayaquil, Montevideo, Panamá, Bogotá, Cali, Medellín, San José y Montevideo. Algo que es importante destacar es que aquellas ciudades con una infraestructura de catenarias operativa han tomado la decisión de renovar sus flotas de trolebuses versus desmontar la infraestructura eléctrica y adquirir buses eléctricos. La ciudad de Rosario ha mantenido sus redes eléctricas y se ha impulsado desarrollos locales de

trolebuses y Quito posiblemente seguirá esta línea de mantener la línea troncal con trolebuses e implementaría flotas de minibuses eléctricos para servir rutas alimentadoras al sistema metro o troncal en cumplimiento a su política de movilidad sostenible de 2020 (Alcaldía de Quito, 2020).

#### **4. REVISIÓN POLÍTICA COLOMBIANA ASOCIADA AL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO/REGIONAL Y LA ELECTROMOVILIDAD**

En Colombia, la normatividad alrededor del transporte público urbano ha sido creciente durante las dos últimas décadas buscando mejorar las condiciones como se desplazan las mayorías de los ciudadanos en los diferentes territorios. Este marco normativo es amplio y para efecto de este trabajo se propone hacer referencia a cuatro aspectos: las políticas de organización del transporte público, las normas de homologación vehicular, la edad establecida para los vehículos, la política de calidad de combustibles y política energética (Velandia, 2022).

- Reorganización del transporte público urbano. Según el CONPES 4034 de 2021, el transporte público se considera como uno de los derechos y servicios de mayor impacto debido a que permite el acceso de los ciudadanos al mercado laboral, y a los servicios de educación, salud, recreación y cultura disponibles. El gobierno colombiano considera que la oferta de sistemas de transporte masivo modernos y ambientalmente responsables propicia mejores condiciones de calidad de vida para los ciudadanos. Para ello se expidió la política nacional de transporte público Ley 86 de 1989, modificada por la Ley 310 de 1996, que viabilizó el apoyo financiero de la Nación a los territorios para promover la implementación de sistemas de transporte masivo de pasajeros y con esto optimizar la prestación del servicio.

- Edad de la flota de transporte público. Respecto a la edad límite de un bus de transporte público, el marco reglamentario nacional (Decreto 1079 de 2015) establece 20 años como límite, sin embargo, como resultado de la actual crisis del sector derivada de la pandemia Covid19, el gobierno nacional aumentó la vida útil hasta 24 años (Ley 2198 de 2022). Esta nueva norma aplica para vehículos matriculados antes del 31 de diciembre de 2020 y que estén dentro del tiempo de vida útil máxima o del plazo a reponer, esto es 24562 unidades (MinTransporte, 2022).

- Homologación vehicular. El marco normativo colombiano frente a homologación de vehículos, emisiones y vida útil puede considerarse “permisivo” reconociendo que incluso en la región, países como Brasil tienen un estándar superior. Se debe reconocer que los buses prestan un servicio público con efecto directo a usuarios y no usuarios en una ciudad, por lo cual, permitir la circulación de vehículos con estándares “intermedios” puede no ser conveniente en términos energéticos, ambientales, económicos y para la calidad del servicio. Por su parte, las tipologías vehiculares deben cumplir con los estándares vehiculares de las normas colombianas ICONTEC. Desde el aspecto emisiones, los vehículos nuevos para transporte público deben cumplir con un estándar mínimo Euro IV (Resolución 910 de 2008).

- Política de calidad de combustibles. Con relación a los combustibles fósiles el país ha desarrollado una política (Ley 1205 de 2008, Resolución 2604 de 2009, Resolución 111 de 2013, Resolución 90963 de 2014, la Resolución 40619 de 2017, CONPES 3943 de 2018), que le permite al país contar hoy con un estándar diésel Euro VI para el transporte público desde las refinerías nacionales. Asimismo, la política de diversificación de la matriz energética nacional ha impulsado la

introducción masiva de GNV en flotas especialmente en la Costa Atlántica y Bogotá. Por su parte, el país cuenta con incentivos a las tecnologías GNV desde el PROURE 2016 y una reciente política nacional (Ley 2128 de 2021) que curiosamente fortalece la intencionalidad de incluir este energético en operaciones de buses urbanos y/o metropolitanos.

- Política energética sector eléctrico colombiano. Con el reciente Plan Energético Nacional 2020-2050 se reconoce que el reto de los próximos 30 años será abastecer una demanda creciente de energía utilizando menos combustibles fósiles. En los escenarios de inflexión y disrupción en los que se asume una mayor participación de energía eléctrica en este renglón de consumo se alcanzan participaciones en el año 2050 del 10% y del 14% (UPME, 2020). Por otra parte, el precio de la energía eléctrica se enmarca bajo la competencia de la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas). En el caso específico del transporte público, este tipo de consumo se enmarca en el segmento no regulado (Ley 143 de 1994), hecho que les permite a los transportadores que usen vehículos eléctricos acceder a contratos de mediano/largo plazo con grandes empresas eléctricas nacionales. Este beneficio le permite al transportador tener una mayor certeza de los precios del KWh en el tiempo y precios preferenciales.

Por otra parte, para promover la masificación de la electromovilidad se han generado diversas políticas, beneficios e incentivos durante los últimos años en Colombia. Específicamente, mediante la Ley 1964 de 2021, el gobierno nacional estableció las metas de transición energética para el transporte público urbano: A partir del año 2025, mínimo el diez (10) por ciento de los vehículos adquiridos; desde el año 2027, mínimo el veinte (20) por ciento; desde el año 2029, mínimo cuarenta (40) por ciento; desde el año 2033, mínimo el ochenta (80) por ciento; y a partir de 2035, mínimo el cien (100) por ciento.

Otras medidas asociadas a la electromovilidad son las Resoluciones conjuntas expedidas por MinHacienda, MinAmbiente y MinEnergía que han abierto la posibilidad de incentivos tributarios concentrados en exclusiones de IVA, 0% de aranceles y beneficios de renta para inversionistas en nuevas tecnologías. La Ley de transición energética (Ley 2099 de 2021), dispuso nuevos incentivos para las empresas de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de pasajeros, que opten por la movilidad eléctrica (artículo 49), y exhortó al Gobierno Nacional para que adoptara programas de masificación del uso de vehículos de bajas y cero emisiones. Además, permitió desmontar la contribución del 20% para la energía destinada a la carga de los buses y otros servicios. Por último, el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (Ley 1955 de 2019) abrió la posibilidad para que la Nación pueda cofinanciar la compra de material rodante (buses y trenes) para los sistemas de transporte público urbano/regional.

## **5. DIAGNÓSTICO DE LA POLÍTICA COLOMBIANA DE ELECTRIFICACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO/REGIONAL**

En Colombia, la real y exitosa experiencia de buses eléctricos con baterías se concentra en Bogotá. El éxito de la iniciativa radicó en la articulación de las políticas nacionales y la apuesta política de la ciudad por reducir la huella de carbono del SITP-Transmilenio y mejorar las condiciones ambientales urbanas. El Acuerdo 790 de 2020 “declaró la emergencia climática en Bogotá” y el Acuerdo 127 de 2021 “se estableció para impulsar la movilidad sostenible y la electrificación de la flota de transporte público” (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2022). Con base en estas medidas, la



ciudad estableció acuerdos con la empresa de energía ENEL y definió dos licitaciones para la adquisición de flota eléctrica y GNV dedicada. Además, se definió a partir del año 2024 la renovación de buses con tipologías padrón (12 metros) o inferiores deben ser eléctricos, mientras que, para tipologías de 16 metros o mayores se permite el uso de tecnologías bajas en emisiones.

En el caso de Medellín, la mayor flota eléctrica pertenece al sistema BRT Metroplús. Esta adquisición se desarrolló por decisión política de la ciudad quien adquirió la flota como parte de un plan para posicionar a la ciudad como referente de la electromovilidad en Latinoamérica. Para Cali, la experiencia ha sido menor, aunque se destaca la presencia de diferentes proveedores de tecnología. Nuevamente, una iniciativa privada con aval público, donde participan un transportador y la empresa de energía Celsia, aprovechó los incentivos nacionales para viabilizar el negocio. Tanto Medellín como Cali han evaluado la posibilidad de incrementar sus flotas eléctricas, sin embargo, hay condiciones del mercado y operacionales que han desestimulado a los inversionistas.

Las ciudades de Neiva, Pasto, Barranquilla, Montería y Pereira se encuentran en fases de renovación de flotas y puesta en marcha de los proyectos de reorganización del transporte público urbano/regional. Estas ciudades han contado con recursos de cooperación internacional y gubernamentales para evaluar oportunidades de las nuevas tecnologías e incluso estructurar pliegos preliminares para concesionar la compra de flotas eléctricas, pero no hay logrado materializarse.

Al realizar un diagnóstico de la política vigente se identificaron cuatro elementos que dificultan la transición energética:

- a) El precio inicial de la tecnología y la resistencia al cambio en el sector privado. Es claro que el gobierno nacional ha orientado sus esfuerzos en reducir la carga impositiva a algunas tipologías vehiculares eléctricas, pero no ha sido suficiente para romper la resistencia existente en los territorios. Es relevante mencionar que la tecnología no se produce en el país y este hecho significa la importación de unidades completas o de los principales componentes como baterías, motores, cargadores, controles de tracción, elementos de electrónica y potencia, equipos de mantenimiento, entre otros. Es así como reconociendo la devaluación de la moneda nacional, los vehículos o sus componentes representan costos cada vez mayores para las operacionales locales. Bajo esta realidad, las restricciones a créditos con tasas preferenciales para los transportadores, el diseño de programas especiales para electromovilidad orientadas a corporaciones y no para los ciudadanos, los análisis financieros a corto plazo que no reflejan la competitividad de los vehículos eléctricos, la no existencia de apoyo directo a la industria nacional para volcarse a la electromovilidad, la devaluación de la moneda nacional y la ausencia de recursos financieros gubernamentales para “subvencionar” las compras o impulsar el despliegue de nuevos negocios alrededor de la movilidad eléctrica limita la intención de las empresas privadas y personas para acceder a modernizar sus flotas y/o vehículos.
- b) La insostenibilidad económica del transporte público urbano. Los modelos privados sin inversión pública ni subsidios excepto en ciudades como Bogotá y Medellín, en algunos casos con desorden administrativo y operacional, a lo que se suma una evolución negativa del número de pasajeros (DANE, 2022) que puede asociarse al crecimiento de los motociclistas y los efectos posteriores al Covid19 son hechos que dificultan los procesos de transición energética.

Es así como los análisis técnicos, operacionales y financieros bajo los cuales se ha propuesto la transición energética del transporte urbano hacia la electromovilidad en Colombia no han sido suficientes para clarificar el camino y/o generar planes de masificación en el país. La experiencia del autor en estudios realizados con EY (2018), WWF (2020), WRI (2021) y WRI (2022) permite identificar que los enfoques tecnicistas y financieros empleados en los estudios han fracasado; se encontraron dificultades para hacer competitiva la tecnología especialmente frente al GNV y los resultados no han logrado convencer a los transportadores privados de emplear la electromovilidad en sus operaciones en los distintos territorios del país. Se considera que hay vacíos en los análisis que han dificultado la aceptación de la tecnología por parte de todos los actores involucrados y desestimulado la puesta en marcha de proyectos en los territorios. Por tanto, se considera la pertinencia de incluir el concepto de gobernanza, desde el aspecto social, en los análisis mencionados bajo una mirada constructivista; y el fortalecimiento de la apuesta por la transición energética del transporte público urbano desde el marco del desarrollo sostenible con una visión integral en cada contexto (Velandia, 2022).

- c) Una apuesta política que entrega parte de la responsabilidad a los privados sin motivaciones y/o garantías. Los esfuerzos realizados por las dos últimas administraciones nacionales han sido evidentes, pero aún son insuficientes para garantizar el cierre del negocio para los transportadores privados. Este hecho es decisivo para masificar la tecnología en los sistemas de transporte público urbano en Colombia.
- d) Como se indicó, la política nacional tiene resultados concretos en las tres ciudades de mayor población en el país, sin lograr masificarse completamente en Cali y Medellín. Sin embargo, la penetración de la tecnología eléctrica en la mayor parte del territorio colombiano es inexistente y encuentra dificultades para su uso. Esto puede asociarse a una gobernanza fallida que evidencia desarticulación entre el nivel nacional/urbano, y una baja participación de la ciudadanía en los procesos de reorganización y transición energética del transporte público. Se concluye que el abordaje operacional y financiero tradicional y sin enfoque local puede ser insuficiente para propiciar una transición energética consistente y se debe reconocer la existencia de dinámicas sociales, económicas y políticas que pueden ralentizar este proceso.

## **6. CONCLUSIONES**

El abordaje financiero tradicional, con un escenario de referencia estático, puede ser insuficiente para propiciar una transición energética consistente y se debe reconocer la existencia de dinámicas económicas, sociales y políticas de cada contexto. El interés en rentabilidad y bienestar económico prima sobre cualquier otro aspecto al momento de planificar las tecnologías para el transporte público urbano en Colombia reconociendo que la prestación del servicio es realizada por empresas privadas, algunas de las cuales hoy no cuentan con modelos corporativos y/o son afiliadoras de transportadores individuales.

La salida de usuarios del transporte público urbano tras la pandemia y la migración hacia opciones como la motocicleta y la bicicleta se convierten en amenazas para el funcionamiento y viabilidad del servicio público. El gobierno debe apalancar a los entes gestores y/o transportadores para cubrir el diferencial tecnológico al momento de comprar los vehículos eléctricos y, además, fondear la

operación. El reto ya no es solamente tecnológico, es garantizar el sostenimiento de los sistemas de transporte público urbano/regional en los territorios.

Seguramente el mayor impacto no es retornar a modelos de transporte público con propiedad pública donde las ciudades compren flotas directamente, es permitir que las nuevas tecnologías eléctricas, incluyendo a las futuras con hidrógeno encuentren oportunidades reales entre los transportadores privados de todo nivel empresarial. No puede seguirse manteniendo un enfoque hacia las grandes ciudades, por el contrario, debe garantizarse el acceso tecnológico a todos los territorios. Asimismo, los incentivos entre tecnologías menos contaminantes deben ser proporcionales en función de su nivel de emisiones, tomando como referencia el mayor beneficio a las tecnologías eléctricas. Mantener incentivos similares entre tecnologías bajas y cero emisiones pone en desventaja a la electromovilidad.

El mayor reto ambiental de la movilidad eléctrica es garantizar un suministro de energía baja en emisiones, con precio competitivo y una solución al segundo uso y disposición final de las baterías. El gobierno debería restringir el ingreso de tecnologías y baterías ineficientes, así como propender por incentivar los nuevos negocios alrededor del manejo y disposición final de baterías, así como de los otros componentes de los buses eléctricos. El país debe reconocer que la movilidad eléctrica abarca soluciones fuera de la opción de baterías y explorar otras oportunidades como buses eléctricos con catenarias y respaldo de baterías, buses híbridos recargables o incluso en una apuesta de largo plazo, el uso de buses eléctricos con hidrógeno. Con relación al reto de las baterías, el mundo se enfrenta a la necesidad de normalizar e impulsar su reciclaje y, garantizar una explotación mineral y producción con estándares sociales y ambientales (WWF, 2021).

Finalmente, cada territorio y sus sistemas de transporte público tiene particularidades. Hay que ser cauteloso al momento de apropiarse la tecnología con experiencias internacionales sin considerar las particularidades locales. Además, una política simplemente de arriba hacia abajo no es suficiente y se necesita de articular actores en todo nivel y en cada territorio. Para ello, se requiere de una gobernanza multinivel que garantice una alineación de intereses y la construcción de soluciones aprovechando un marco normativo integral con mayor impacto que el existente. Una “buena gobernanza” con enfoque multinivel, con articulación de los diferentes actores locales puede ser un elemento facilitador y hoy difícilmente se gestiona en los contextos (Velandia, 2022).

## **7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Acolgen (2021). **Capacidad Instalada en Colombia**. Recuperado de <https://acolgen.org.co/wp/>.

Alcaldía de Quito (2020). **Plan Maestro de Movilidad Sostenible**. Ordenanza 017/2020. Recuperado de [https://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Proyectos%20Ordenanzas/475/IC-O-2019-027.pdf](https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Proyectos%20Ordenanzas/475/IC-O-2019-027.pdf)

Alcaldía Mayor de Bogotá (2020). **Acuerdo 790 de 2020 y Acuerdo 127 de 2021**. Colombia.

Alée J. (2017). **Aspectos a considerar en la tecnología de buses eléctricos**. Seminario Electromovilidad en el Sistema de Transporte Público de Santiago. Universidad de Chile. Chile.

BID (2013). **Las tecnologías de bajo carbono pueden transformar las flotas de buses en Latinoamérica.** Lessons from the C40-CCI Hybrid & Electric Bus Test Program.

BID (2020). **Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima.** Ramírez Cartagena, Francisco; Lefevre, Benoit; Fernández-Baca, Jaime; Capristán, Rafael. Perú.

CAF (2019). **La electromovilidad en el transporte público de América Latina.** ISBN: 978980422143-9.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2023). **Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros (ETUP).** Colombia.

Departamento Nacional de Planeación DNP (2015). **Valoración económica de la degradación ambiental en Colombia 2015.** Colombia.

Escalante A. (2019). **Estudio para el Desarrollo de Modelos de Negocio Verde en Servicios de Transporte Urbano para Perú.** Perú.

EY (2018). **Diseño operacional detallado del sistema de transporte público eléctrico de pasajeros, para las islas de San Andrés y Providencia, y una evaluación jurídica, financiera y económica que permita establecer la viabilidad del esquema de Asociación Público-Privada en la implementación del Proyecto.** DNP. Colombia.

Hernández D. (2017). **Transporte público, bienestar y desigualdad: cobertura y capacidad de pago en la ciudad de Montevideo.** LC/PUB.2017/10-P. CEPAL. IEA (2021). World Energy Outlook 2021. International Energy Agency. Francia.

IDEAM (2018). **Colombia le presenta al mundo su reporte de actualización en cambio climático ante la convención de Naciones Unidas.** Recuperado de [http://www.pronosticosyalertas.gov.co/web/sala-deprensa/noticias/-/asset\\_publisher/LdWW0ECY1uxz/content/colombiale-presenta-al-mundo-su-reporte-de-actualizacion-encambio-climatico-ante-la-convencion-de-nacionesunidas](http://www.pronosticosyalertas.gov.co/web/sala-deprensa/noticias/-/asset_publisher/LdWW0ECY1uxz/content/colombiale-presenta-al-mundo-su-reporte-de-actualizacion-encambio-climatico-ante-la-convencion-de-nacionesunidas).

Kerrigan George, 2022. **Políticas públicas relacionadas con la electromovilidad en América Latina y El Caribe.** CEPAL.

MinTransporte (2021). **Transporte en cifras y estadísticas.** Colombia.

MinTransporte (2022). **Nueva Ley amplía vida útil de vehículos de transporte público. Tipos de vehículos.** <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10601/nueva-ley-amplia-vida-util-de-vehiculos-detransporte-publico/>

ONU Medio Ambiente - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2018). **Movilidad eléctrica: avances en américa latina y el caribe y oportunidades para la colaboración regional.**

MOVE-ONU (2021). **Guía para implementar sistemas de buses eléctricos.** <https://movelatam.org/portfolio-item/guia-para-implementar-sistemas-de-buses-electricos/>

Unidad de Planeación Minero Energética UPME (2020). **Plan energético nacional 2020-2050.** Colombia.

Rengifo J.D. (2022). **Medición de la exposición a material particulado PM. 2.5 y Black carbón en la nueva flota de autobuses eléctricos (SITP) año 2022, en comparación con el informe para el centro de desarrollo sustentable de México A.C en el año 2020 presentado por la Universidad de los Andes; percepción de la población objeto de estudio, frente al mejoramiento del sistema e interés en el pago del valor del pasaje, localidad de Fontibón - Bogotá, Colombia.** UniAndes. Colombia.

Romero J., Ramírez P. (2020). **Análisis de ciclo de vida de buses eléctricos del sistema de transporte público de Santiago Red.** Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina - CALAC+ (Fase 1). Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico – Swisscontact. Chile.

Suzuki H., Cervero R., Iuchi K. (2014). **Transformando las ciudades con el transporte público. Integración del transporte público y el uso del suelo para un desarrollo urbano sostenible.** Banco Mundial, FINETER, Uniandes. Editorial Kimpres Ltda. Colombia.

Transmilenio (2022). **Informe de evasión en el componente troncal 2022.** Dirección Técnica de Seguridad. <http://ie.u.unal.edu.co/en/medios/noticias-del-ieu/item/entre-el-2019-y-el-2022-la-evasion-en-el-pago-de-transmilenio-paso-del-16-7-al-29-6>

Transmilenio (2023). **Congreso de la República aprobó adición presupuestal para el servicio de transporte público.** Recuperado de <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/153544/congreso-de-la-republica-aprobo-adicion-presupuestal-para-el-servicio-de-transporte-publico/>

Velandia E.A. (2010). **Energía Eléctrica. Alternativa energética para un transporte sustentable para Colombia.** Codensa SA ESP.

Velandia E.A. (2022). **Transición energética del transporte público urbano hacia la electromovilidad en Colombia desde la gobernanza y el desarrollo sostenible.** Propuesta de investigación doctoral. UniSalle.

WRI (2021). **Guia eletromobilidade. Orientações para estruturação de projetos no transporte coletivo por ônibus.** Banco Interamericano de Desenvolvimento /GEF/BID/WRI. Brasil.

WRI (2021). **Colombian Programme UK-Pact Colombia. Estudio de casos: Montería, Neiva y Pasto.** Colombia.

WRI (2022). **TUMI eBus Mission.** Colombia.