



Evaluación Económico-Financiera de Buses Eléctricos en Colombia

-Extracto-



Como organización pública, la GIZ apoya al Gobierno Alemán en la realización de sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilio Social
Bonn y Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36+40
53113 Bonn, Alemania
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Autores:

LAT GLOBAL S.A.S

Revisión y ajustes:

Andrés Felipe Martínez,
Corinna Winter

Colombia, 2019

Aviso

Los resultados, interpretaciones y conclusiones que se presentan en este documento se basan en la información recopilada por GIZ y sus consultores, socios y colaboradores.

Sin embargo, GIZ no garantiza la exactitud o integridad de la información contenida en este documento, y no se hace responsable de los errores, omisiones o pérdidas que surjan de su uso.

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	6
2	METODOLOGÍA – PARÁMETROS GENERALES	6
3	ALCANCE DE LA EVALUACION FINANCIERA	8
3.1	Posibles escenarios de evaluación.....	8
3.2	Estructura de costos.....	9
3.3	Supuestos técnicos	9
3.4	Supuestos económicos y financieros	15
4	RESULTADOS GENERALES	19
4.1	Canastas de costos.....	20
4.2	Resultados financieros por tipología.....	21
5	Evaluación de la necesidad de instrumentos financieros.....	23
5.1.1	Evaluación de requerimientos de tasa de Interés para la paridad de costos ...	24
6	Conclusiones.....	26
	Bibliografía	28

Tasas de cambio

	Moneda Extranjera	Moneda Local	Fecha
1 USD		3.187 COP	Pronostico analistas 2019 - Archivo actualizado en la página web del Banco de la República el 6 de agosto de 2019
1 EUR		3.872 COP	
			06/08/2019

Abreviaciones

AR4	Fourth Assessment Report (Greenhouse Gas Protocol)
CapEx	Inversiones
C/E	Costo efectividad
CH ₄	Metano
dB	Decibeles
DIAN	Dirección de Impuestos Nacionales
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EDS	Estaciones de Servicio
Eléctrico BEB	Battery Electric Buses - Carga nocturna o Intermedia
Eléctrico CO	Buses eléctricos de carga de oportunidad al fin de la ruta o ultra rápida
FECOC	Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos - UPME
gal	Galón
GEI	Gases Efecto Invernadero
GNV	Gas Natural Vehicular
GWP	Global warming potential (GWP) values relative to CO ₂
IPC	Índice de precios al consumidor
IPK	Índice de Pasajero por Kilómetro
IPP	Índice de precios al productor
Kg	Kilogramo
km	Kilómetro
kWh	Kilovatios por Hora
LHV	Lower Heating Value - Net Calorific Value

m	Metros
MBTU	Mega British Thermal Unit
MJ	Megajoule
mill	Millón
MT	Ministerio de Transporte
m ³	Metros cúbicos
N/A	No Aplica
N ₂ O	Oxido Nitroso
OpEx	Gasto Operativo
SMMLV	Salario Mínimo Legal Vigente
SETP	Sistema Estratégico de Transporte Público
SITM	Sistema Integrado de Transporte Masivo
SITP	Sistema Integrado de Transporte Público
STU	Sistemas de Transporte Urbano
TJ	Terajoule
TCO	Costo Total de Propiedad
Ton	Toneladas
UMUS	Unidad de Movilidad Urbana Sostenible
VPN	Valor Presente Neto
WACC	Weighted Average Cost of Capital

1 INTRODUCCIÓN

El transporte es el sector principal de consumo de energía en el 40% de los países del mundo y emite alrededor de un cuarto de las emisiones de CO₂ procedentes de combustibles fósiles. Para limitar el calentamiento global a dos grados se requiere de una extensiva transformación y decarbonización del transporte. El objetivo del proyecto TRANSfer es aumentar los esfuerzos de países en vías de desarrollo y economías emergentes hacia un transporte respetuoso con el clima con apoyo internacional. El proyecto actúa como facilidad de preparación de acciones de mitigación en el sector de transporte para implementar las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) del Acuerdo de París. El proyecto TRANSfer es ejecutado por la GIZ y financiado por la Iniciativa Climática Internacional del Ministerio alemán de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU, por sus siglas en alemán).

Esta consultoría se desarrolla dentro de las actividades de TRANSfer en Colombia que tienen como objetivo la preparación de un Programa Nacional de Promoción de buses eléctricos (E-Bus). En Colombia el sector del transporte es responsable del 12% de las emisiones de gases de efecto invernadero del país y el fuerte aumento de la tasa de motorización está agravando aún más esta tendencia. Los buses desempeñan un papel importante en el panorama del transporte de Colombia. Sin embargo, dado el incremento de la densidad de la población urbana y el deterioro de la calidad del aire (el 23% de la contaminación atmosférica local de Bogotá proviene de buses, especialmente de los más antiguos), las diversas configuraciones de los sistemas de buses - desde buses de alimentación hasta autobuses biarticulados de corredores de alta frecuencia - implican en conjunto un potencial sin explotar para proporcionar acceso a una movilidad urbana limpia. La electrificación de la flota de buses y su consecuente mejora de la calidad (por ejemplo, la calidad del aire de los corredores, buses más nuevos, etc.) tiene el potencial de hacer volver a los pasajeros al transporte público. La necesidad de *generar esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero* también es reconocida por el Gobierno Colombiano mediante la Ley 1964 del 11 de julio de 2019.

Como objetivos específicos, el estudio recoge tres aspectos principales: (i) adelantar un ejercicio financiero que estime el impacto (gastos) de varias tecnologías de autobuses (diésel, eléctricos, gas natural vehicular), en una operación de transporte real; (ii) realizar un análisis económico que ayude a identificar el esquema de proyecto que mejor contribuya al bienestar del país; y (iii) proponer un mecanismo de financiamiento que permita la movilización de recursos (públicos y/o privados) de manera eficiente, de cara a la implementación de un programa de electrificación de flotas al servicio del transporte público colectivo.

2 METODOLOGÍA – PARÁMETROS GENERALES

El estudio económico y financiero adelantado en el marco del proyecto E-Bus, ha sido desarrollado con el objetivo de dar soporte al programa de ascenso tecnológico que propende por generar incentivos financieros que permitan introducir en el mercado colombiano, vehículos que disminuyan las emisiones de gases efecto invernadero y beneficien los

estándares de salud de los ciudadanos de aquellos territorios que se adhieran al proceso de recambio o reposición.

Retomando los objetivos fundamentales del estudio, el ejercicio financiero se plantea como meta costear los principales componentes involucrados en las canastas de costos asociadas a diferentes tipologías de autobuses, en Colombia.

El punto de partida debe ser entonces, la caracterización de los Sistemas de Transporte Urbano (STU) en Colombia. Así, se identificaron tres tipos de proyectos, que difieren en mayor o menor medida según su alcance, esquema operacional, estructura empresarial de las empresas operadoras, infraestructura, etc. Se tienen pues Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM), Sistemas Integrados de Transporte Público (SITP), y Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP).

Así, se definió el amplio espectro del modelaje financiero, a partir de:

- 4 tipologías vehiculares
- 4 tipos de corredor o servicio
- 8 tecnologías relacionadas con los vehículos
- 14 ciudades o “casos” con información operacional documentada

El planteamiento finaliza con el dimensionamiento de recursos que deberían movilizarse, a partir de los supuestos del ejercicio financiero, bien sea para apalancar el CapEx del vehículo, o vía reducción de tasas de interés (crédito bancario o estructura leasing), para motivar la introducción de tecnologías eléctricas al país.

La aproximación de esa “escalabilidad” (número de vehículos objetivo) fue construida de la mano de especialistas del sector que se encuentran vinculados con la ejecución de la política pública de transporte. De este modo, a partir de criterios cuantitativos y cualitativos que orientan en cierto modo las posibilidades de implementación del programa, fueron acotados los objetivos y calibradas las ambiciones o metas.

La proyección del monto deseable de recursos viene acompañada de la propuesta de una herramienta o instrumento económico de implementación que propenda por igualar las condiciones entre los modelos negocios tradicionales, con lo eléctricos, que cobra mayor relevancia en el contexto actual no bancabilidad del sector transporte en Colombia, por lo que nuevas propuestas o estrategias que combinen la participación de diferentes actores son necesarias, en paralelo con la explotación de las fuentes alternativas sugeridas en el actual Plan Nacional de Desarrollo.

Metodológicamente, el planteamiento se resume en la siguiente figura:

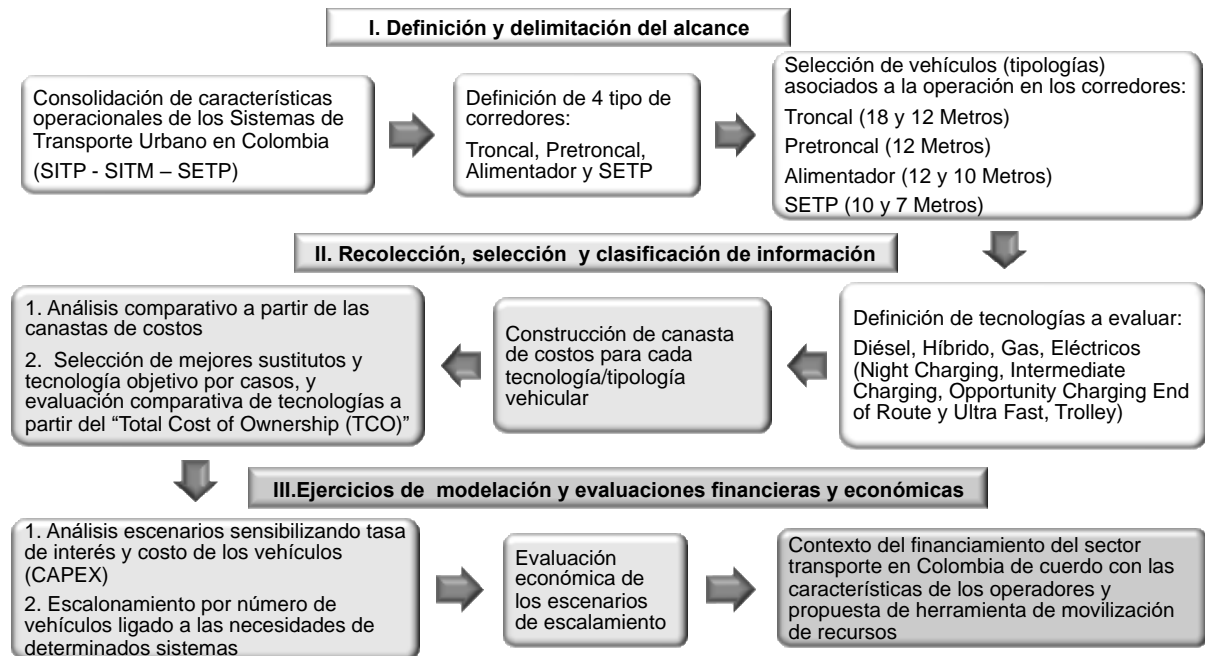


Figura 1. Metodología del estudio
Fuente: Elaboración Propia

3 ALCANCE DE LA EVALUACION FINANCIERA

El modelo financiero fue estructurado a partir de los costos de las diferentes tipologías/tecnologías, en cada uno de los corredores de servicio.

3.1 Posibles escenarios de evaluación

A partir de las combinaciones de las alternativas entre tecnologías, tipologías, corredores (4), y casos, el modelo permite analizar alrededor de 526 combinaciones de evaluación financiera.

Tabla 1. Posibilidades de corridas financieras – combinación de alternativas

Alternativa	Corredor Troncal	Corredor Pretroncal	Corredor Alimentador	Corredor SETP
Servicios	1	1	1	1
Tipologías	2	1	2	2
Casos (ciudad)	9	5	10	13
Tecnologías	8	8	8	7
TOTAL	144	40	160	182

Fuente: Elaboración propia

3.2 Estructura de costos

El cálculo del costo que implica adquirir y operar un autobús, se enmarca en la estructura que parte de la construcción de la canasta de costos, que cuenta con los siguientes componentes principalmente, al tratarse de un proyecto de transporte público urbano:

Costos Variables	Costos Fijos	Costos de Capital
<ul style="list-style-type: none"> • Combustible • Lubricantes • Llantas • Mantenimiento • Salarios y prestaciones • Servicios de Estación 	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura en Patio • Gastos de administración • Impuestos • Seguros 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de capital • Rentabilidad

Figura 2. Componentes Canasta de Costos

Fuente: Elaboración Propia a partir de información contenida en la Resolución No. 4359 de 1998, artículo segundo.

El modelo financiero permite entonces comparar los costos entre las diferentes tecnologías a nivel desagregado (por componente de la canasta de costos), o como sumatoria de factores, lo que se entiende como costo total de propiedad o TCO, a partir de los siguientes insumos o supuestos.

3.3 Supuestos técnicos

Dentro de los insumos técnicos se cuenta con información operacional de los diferentes casos. Se resalta la importancia de los kilómetros a recorrer, dado que es la unidad base de expresión de la mayoría de los costos.

Un recuento de los datos clasificados se presenta a continuación:

Tabla 2. Características operacionales servicio troncal

Ciudad	Longitud Promedio ruta	Buses operativos	Tipología vehicular	Km/día	Pasajeros día	IPK
Barranquilla	10,5	78	18 m	226	42.697	2,42
Cartagena	22,3	54	18 m	110	24.876	3,5
Cali	25,7	146	18 m	215	265.084	8,4
Medellín	12,5	31	18 m	SD	SD	SD
Bucaramanga	SD	20	18 m	345	44.000	6,4
Bogotá	23	1342	18 m	280	2.013.871	3,9
Barranquilla	10,5	10	12 m	140	5.474	3,91
Cali	25,7	39	12 m	201	9.895	1,3
Bogotá	23	261	12 m	201	2.013.871	3,9

Fuente: Elaboración propia a partir de información gestionada por la UMUS y el DNP. SD = Sin datos

Tabla 3. Características operacionales servicio pretroncal

Ciudad	Longitud Promedio ruta	Buses operativos	Tipología vehicular	Km/día	Pasajeros día	IPK
Cartagena	29,4	137	12 m	220	49.753	3,5
Medellín	12,5	47	12 m	149,9	16.468	2,3
Cali	20,5	299	12 m	201	108.897	1,8
Bucaramanga	SD	91	12 m	228	46000	2,2

Fuente: Elaboración propia a partir de información gestionada por la UMUS y el DNP. SD = Sin datos

Tabla 4. Características operacionales servicio alimentador

Ciudad	Longitud Promedio ruta	Buses operativos	Tipología vehicular	Km/día	Pasajeros día	IPK
Barranquilla	7,98	95	10 m	199	55.021	2,91
Cartagena	10,8	93	10 m	236	53.371	3,54
Medellín	4,4	333	10 m	161,3	126.890	2,36
Cali	8,8	131	10 m	204	37472	1,4
Bucaramanga	SD	88	10 m	160	28.000	1,99
Bogotá	23	696	10m	146	849.671	7,6
Cali	8,8	72	12 m	201	32.469	2,24
Barranquilla	7,98	69	12 m	159	39.963	3,63
Bogotá	23	65	12m	146	849.671	7,6

Fuente: Elaboración propia a partir de información gestionada por la UMUS y el DNP. SD = Sin datos

Tabla 5. Características operacionales servicio SETP

Ciudad	Longitud Promedio ruta	Buses operativos	Tipología vehicular	Km/día	Pasajeros día	IPK
Pasto	25,17	297	7 m	222	52.950	0,8
Valledupar	26,41	195	7 m	165	34.284	1,1
Montería	23,37	188	7 m	176,7	76.128	1,9
Sincelejo	8,6	85	7 m	196	15.896	1
Popayán	22,85	254	7 m	211	80.854	1,5
Neiva	27,99	305	7 m	183	74.000	1,3
Santa Marta	22,47	98	7 m	174	24.907	1,46
Pasto	25,17	179	10 m	222	31.912	0,8
Montería	23,37	13	10 m	178,4	5.609	2,42

Ciudad	Longitud Promedio ruta	Buses operativos	Tipología vehicular	Km/día	Pasajeros día	IPK
Popayán	22,85	105	10 m	200	25.423	1,2
Santa Marta	22,47	392	10 m	220	188.853	2,19
Armenia	25	346	10 m	153	93.915	1,78

Fuente: Elaboración propia a partir de información gestionada por la UMUS y el DNP.

Dada el alto coeficiente de variación entre algunas de las muestras, los promedios entre las bases se consideraron distorsionados, por lo que se genera la necesidad de seleccionar un caso representativo por tipo de corredor para generar las corridas financieras que se presentan en este informe, sin que esto implique que la herramienta no tenga la capacidad de evaluar cualquier tipo de combinaciones relacionadas con las bases de datos que se presentaron previamente.

Metodológicamente, se optó por ponderar los conceptos según su impacto en el análisis, obteniéndose así los casos que se acercan a las condiciones más típicas.

Los casos representativos por servicio y tipología vehicular, que soportan los resultados generales del análisis financiero, se presentan a continuación:

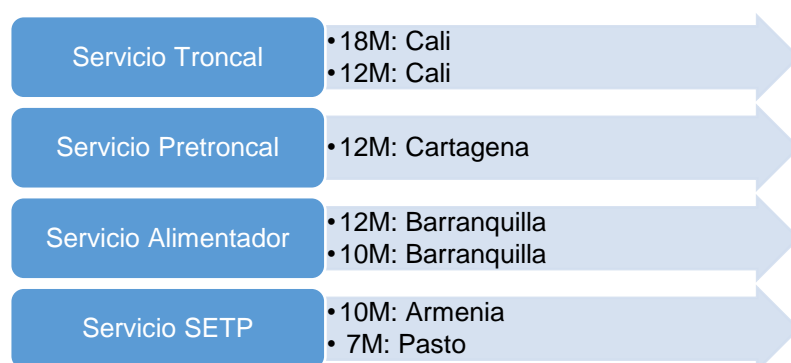


Figura 3. Casos representativos seleccionados por servicio y tipología vehicular, para los resultados generales

Fuente: Elaboración Propia

Otros supuestos técnicos se relacionan con la diferencia porcentual de los costos de llantas y mantenimiento general identificadas en la literatura internacional, precios de los vehículos, precios y características de las baterías (para el caso de los vehículos eléctricos), definición de la infraestructura eléctrica (si aplica), y los rendimientos del combustible/energético por tecnología y tipología vehicular.

Tabla 6. Precios autobuses en USD

Tipología	Diésel	Hibrido	Gas	Fuente
7M	84.000	102.000	96.000	Daimler
10M	96.000	132.000	120.000	Daimler
12M	192.000	276.000	228.000	Daimler
18M	354.000	420.000	372.000	Daimler

Tipología	Eléctrico tipo BEB	Fuente
7M	150.000	Proveedor buses eléctricos
10M	250.000	Proveedor buses eléctricos
12M	358.000	Proveedor buses eléctricos
18M	550.000	Proveedor buses eléctricos

Nota: Los precios base fueron dados en dólares y corresponden a Euro 5 para Diésel, híbrido y gas (el modelo ajusta los precios de Euro 5 a euro 6, con el supuesto de un mayor valor del 20% sugerido por la misma fuente). Los vehículos eléctricos se componen de monobloque + batería (autonomía hasta 250 km). Para este caso no se obtuvo diferenciación según tecnología. Valores con impuestos.

Tabla 7. Supuestos aplicados a los componentes mantenimiento general y llantas

Tipología	Componente	Referente comparativo		
		Eléctrico vs Diésel	Gas vs Diésel	Híbrido vs Diésel
7M	Llantas	-20%	0%	0%
	Mantenimiento general	-35%	-13%	-13%
10M	Llantas	-20%	0%	0%
	Mantenimiento general	-35%	-13%	-13%
12M	Llantas	-20%	0%	0%
	Mantenimiento general	-35%	-14%	-13%
18M	Llantas	-20%	0%	0%
	Mantenimiento general	-35%	-11%	-12%

Fuente: Para el componente llantas experto GIZ. Los datos relacionados con el comparativo Híbrido/Diésel International Evaluation of Public Policies for Electromobility in Urban Fleets, (ICCT). Datos de mantenimiento gestionados por el equipo consultor.

En materia de infraestructura eléctrica, las subestaciones fueron costeadas con los siguientes referentes:

Tabla 8. Supuestos infraestructura eléctrica

Costos subestaciones (MW), cargadores, batería	Valor COP	Valor USD
Costo 0,5 MW	2.544.403.434	814.470
Costo 1 MW	2.591.161.215	829.437
Costo 2 MW	2.684.676.779	859.372
Costo Cargador	54.570.000	17.000

Fuente: Experto GIZ

Tabla 9. Otros supuestos infraestructura eléctrica

Componente	Observación
Buses por cargador	2
Buses por cargador UF	1
Potencia cargador (kW)	200
Potencia cargador UF (kW)	400

Fuente: Experto GIZ

La red de infraestructura para el caso de los buses con catenarias (Trolley), fue costeada a partir de información gestionada por la GIZ para el caso Brasil. Así, se obtuvo como referente que un kilómetro de red (más subestación) en Reales, asciende a 2.640.000 (que equivaldrían a \$2.138.479.200 pesos colombianos o a 684.532 USD). Esta información fue confrontada entonces con la longitud promedio de los corredores que fueron analizados, según el caso.

Dada la falta de disponibilidad de información para caracterizar en materia de CapEx las tecnologías eléctricas, el asesor tecnológico de la GIZ propuso generar como factor diferenciador el tamaño, características, y vida útil de las baterías según el recorrido que se pretenda realizar, lo que repercute en el precio y dinámica de reposición, en el horizonte de tiempo modelado.

Se estima que se tiene un referente cercano a la realidad del mercado para el caso del BEB carga nocturna. Los cálculos asociados a las otras tecnologías se presentan a título indicativo dada la ausencia de insumos que permitan confrontar los resultados con una operación real.

A continuación, se presentan los supuestos del cálculo del CapEx asociado a baterías de tecnologías eléctricas.

Tabla 10. Costos de referencia para cálculo de baterías

Costos	Valor COP/Kw	Valor USD/Kw
Costo promedio Batería	1.115.450	350

Fuente: Experto GIZ

Tabla 11. Otros supuestos técnicos – tamaño y vida útil de las baterías

Componente	Observación
Autonomía baterías	250, 200, 100 km (según la exigencia del recorrido)
Número de ciclos de carga	2500

Fuente: Experto GIZ

Tabla 12. Tipos de distancia o recorrido asociado a cada tecnología eléctrica

Tecnología	Distancia
Night charging BEB	Recorrido día
Intermediate Charging BEB	Recorrido/2
Opportunity Charging - End of Route	Distancia ruta
Oportunity Charging - Ultra Fast	Recorrido día
Trolley	Recorrido entre estaciones
Híbrido	Recorrido día

Fuente: Experto GIZ

Tabla 13. Curva de rendimiento (% de carga) de la batería, por ciclos de uso

Ciclos / % carga	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Factor -4,4% cada 500 ciclos	100	96	91	87	84	80	77	73	70	67	64

Fuente: Experto GIZ

Finalmente, los rendimientos de los energéticos discriminados por tipología y tecnología, son los siguientes:

Tabla 14. Rendimientos energético por tecnología y tipología vehicular

Tecnología	Tipología Vehicular	Unidad	Rendimiento km por energético	Rendimiento combustible por Km	Fuente
Diésel	7M	gl	16,60	0,06	Consultor
	10M	gl	13,50	0,07	
	12M	gl	6,30	0,16	
	18M	gl	4,20	0,24	
GNV	7M	m3	3,64	0,28	Consultor
	10M	m3	3,13	0,32	
	12M	m3	1,41	0,71	
	18M	m3	0,91	1,10	
Hibrido	7M	25% Diésel - 75% Eléctrico	12,8	0,1	Consultor / Experto GIZ
	10M	25% Diésel - 75% Eléctrico	10,4	0,1	

Tecnología	Tipología Vehicular	Unidad	Rendimiento km por energético	Rendimiento combustible por Km	Fuente
	12M	25% Diésel - 75% Eléctrico	4,9	0,2	
	18M	25% Diésel - 75% Eléctrico	3,3	0,3	
Eléctrico Trolley	7M	kWh	0,99	1,01	Experto GIZ
	10M	kWh	0,99	1,01	
	12M	kWh	0,87	1,14	
	18M	kWh	0,62	1,62	
Eléctrico tipo BEB	7M	kWh	1,52	0,66	Experto GIZ
	10M	kWh	0,9	1,1	
	12M	kWh	0,8	1,3	
	18M	kWh	0,6	1,8	
Eléctrico tipo CO	7M	kWh	1,52	0,66	Experto GIZ
	10M	kWh	0,9	1,1	
	12M	kWh	0,8	1,3	
	18M	kWh	0,6	1,8	

3.4 Supuestos económicos y financieros

Retomando el horizonte de tiempo base (15 años)¹, el análisis implicaba reconocer la variación de los costos de las canastas en el tiempo. Cabe anotar que se presume que no todos los insumos se incrementan sobre la misma dinámica o tendencia. Algunos, por su naturaleza, se asocian más al comportamiento de índice de precios al consumidor (IPC), otros, al índice de precios al productor (IPP), y otros a partir del incremento del salario mínimo vigente que se encuentra correlacionado con el IPC más unos puntos asociados a la productividad nivel país. Los diferentes componentes de la canasta de costos se ajustaron a partir de los siguientes índices:

¹ Horizonte de vida de los vehículos estimado a partir de información facilitada por el proveedor de buses eléctricos consultado. Se considera que este es el horizonte máximo que técnicamente debería sustentar la vida de las tecnologías de uso tradicional.

Tabla 15. Factores de ajuste por componente de canasta de costos

Componente	Factor de ajuste
Combustible	ID (inflación diésel), IG (inflación Gas), IE (inflación energía)
Llantas	IPP
Mantenimiento	IPP
Servicio de estación	IPC
Conductores	Salario Mínimo Legal Vigente (SMMLV)
Administración	SMMLV
Impuestos vehiculares	(% sobre CapEx)
Seguros	IPC
Recuperación de capital	Costo de Capital del inversionista (Ke)
Reposición de baterías	IPC

Fuente: Elaboración Propia

Los valores referencia a partir de los cuales se adelantan las proyecciones de los precios de los energéticos (energía, gas, diésel), se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Precio referencia 2019, energéticos

Energético	Unidad	Tarifa (COP)	Fuente
Energía	Khw	432	XM
Gas	M3	1.533	Promedio Nacional Ene/19 Min Valledupar (838) Max Ibagué (2020) Naturgas 2019
Diésel	Galón	9.068	ACPM Bogotá / Marzo 2019. MME

Respecto a las tasas de interés, cabe anotar que las tasas de interés bancario supuestas en el ejercicio, se proponen a título indicativo dado que en la actualidad la banca comercial no considera sujeto de crédito al operador de transporte tradicional, si la fuente de pago es la tarifa o el ingreso por pasajeros de los proyectos de transporte.

Las tasas que sirvieron como insumo del ejercicio se presentan en la siguiente tabla. Estas, corresponden a tasas reales de mercado para diferentes perfiles, publicadas por la Superintendencia Financiera.

Tabla 17. Otros insumos económico-financieros: Tasas de interés

Tasas de interés	Unidades	Referencia	Fuente
Tasa de interés Operador Consolidado	%	7,69%	Promedio de tasa EA para crédito comercial preferencial de establecimientos de crédito. Superintendencia Financiera (mayo de 2019)
Tasa de interés Operador Afiliador	%	10,48%	Promedio de tasa EA para crédito comercial ordinario de establecimientos de crédito. Superintendencia Financiera (mayo de 2019)
Tasa de interés Pequeño Propietario	%	17,01%	Promedio de tasa EA para crédito consumo de establecimientos de crédito. Superintendencia Financiera (mayo de 2019)

Para estimar el Valor Presente Neto del TCO por kilómetro en un horizonte de 15 años, se utilizó el Promedio Ponderado del Costo de Capital - WACC (por sus siglas en ingles), que se define de la siguiente manera:

$$WACC_{nominal} = \frac{E}{D + E} * k_e^{COP} + \frac{D}{D + E} * k_d^{COP} * (1 - t_x)$$

Donde:

E: Total de Equity, que corresponde al total de recursos que aporta el inversionista con capital propio. Dicho valor se obtiene del Modelo Financiero y varía de acuerdo a cada uno de los escenarios modelados.

D: Total de la Deuda, dicha variable hace referencia a la totalidad de los recursos que se requieren para cumplir con los objetivos de inversión. Dentro del modelo se realiza el supuesto, que la deuda solo puede ser solicitada durante la etapa de Inversión. Al igual que el *equity*, este valor se obtiene del modelo financiero y varía de acuerdo a cada uno de los escenarios propuestos.

En este sentido, el factor $\frac{E}{D+E}$ corresponde a la proporción del equity sobre el total de las posibles fuentes de financiación. Esta proporción debe ser consistente con los requerimientos del sector financiero, donde los prestamistas requieren que exista un fondeo con recursos propios en proporciones cercanas al 20% y 40% de los proyectos por parte del ejecutor del proyecto. Esto motivados a que se generen incentivos para continuar con el proyecto y que en caso de *default* el prestamista no asuma la totalidad de las pérdidas.

k_e^{COP} : hace referencia al costo del equity denominada en pesos. Para realizar el cálculo de dicho costo, es necesario usar el modelo de valoración de activos financieros - CAPM (por sus siglas en ingles), ya que no se conoce de forma cierta el costo del *equity*.

Al realizar la multiplicación de los factores $\frac{E}{D+E} * k_e^{COP}$ se obtiene el costo ponderado de los recursos propios.

De forma análogo al *equity*, la fracción $\frac{D}{D+E}$ representa la proporción de la deuda, sobre el total de las fuentes de capital del proyecto. En este sentido y bajo el supuesto que el inversionista solo se puede fondear con deuda y *equity*, al sumar la relaciones $\frac{E}{D+E} + \frac{D}{D+E}$ se obtiene la totalidad de los recursos necesarios para realizar las inversiones que requieren.

k_d^{COP} : corresponde al costo de la deuda denominada en pesos colombianos (COP). El costo de la deuda se obtiene por medio de cotizaciones del mercado financiero, donde ellos brindan posibles tasas para la ejecución de proyectos con plazos similares y con niveles de riesgos comparables. Para efectos de las simulaciones financieras se diferencian las tasas en tres tipos de sujeto de crédito:

Como se mencionó previamente, para realizar el cálculo del k_e^{COP} , es necesario recurrir a otros modelos, en este caso se acudió al modelo de valoración de activos financieros – CAPM, en el cual se define:

$$k_e^{USD} = R_f + \beta_u * (R_m - R_f) + PRP$$

Donde:

R_f : corresponde a la tasa libre de riesgo, la cual se toma como referencia a partir de la tasa *Country Risk Premium* reportada por Damodaran (2019).

R_m : Corresponde al rendimiento del mercado y se toma como referencia la tasa *Equity Risk Premium* reportada por Damodaran (2019)

β_u : es el beta desapalancado. Esta variable refleja la correlación de los rendimientos históricos del sector con los rendimientos históricos del mercado. En este caso, se acudió a la base de Betas calculadas por Damodaran (2019) vigentes al periodo del cálculo, para el sector Transporte. Adicionalmente, al estar desapalancado el beta debe ajustarse de acuerdo con la relación de Deuda / *Equity* del proyecto, utilizando la siguiente expresión:

$$B_l = \beta_u * (1 + \frac{D}{E} * (1 - t_x))$$

Finalmente, la expresión *PRP* refleja la prima por riesgo país. Esta variable ajusta el costo del capital por invertir en activos en países donde se percibe existe riesgo de incumplimiento. En este sentido se toma como proxy, el índice EMBI+ para Colombia, este índice se estima con base en un modelo de análisis factorial dinámico, que explora las tendencias comunes de las volatilidades de los retornos de una canasta de bonos, acciones y monedas de economías desarrolladas. Se encuentra que en la mayoría de episodios críticos el índice aumenta, reflejando un incremento en el riesgo percibido por los inversionistas. Adicionalmente, se encuentra que muchos de los deterioros fuertes del riesgo país (medidos por incrementos en el EMBI+) están asociados con aumentos en este índice. La explicación es que la percepción de riesgo afecta las

decisiones de inversión de los inversionistas institucionales en bonos de países emergentes y en general en activos riesgosos.

Dado que el costo del *equity* se encuentra denominado en dólares k_{equity} , este se debe expresar en términos de pesos colombianos, para lo cual se realiza un ajuste por medio de la devaluación en condiciones de paridad los dólares americanos y los pesos colombianos bajo la teoría de paridad de Fischer.

Finalmente, al realizar el cálculo de todas y cada una de las variables se obtiene el valor del WACC, el cual representa el valor de la tasa adecuada para descontar los flujos y así expresarlos en valor presente para que sean comparables.

El Rolling WACC pretende reflejar en los factores que se afectan a través de la composición deuda – patrimonio, la evolución de los porcentajes conforme con la realidad del pago de la deuda (amortización de capital). Para efectos del cálculo del TCO, a manera de supuesto se ha utilizado una estructura de capital inicial 70% deuda / 30% equity.

Tabla 18. Otros insumos económico-financieros: Insumos generales tasas de descuento

Insumo	Referencia	Fuente
Bu	0,87	http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/
Rf	2,64%	http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/
Rm	8,60%	http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/
Embi Colombia	1,97%	Embi Colombia - http://www.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=4

Así, los flujos de caja proyectados, es decir, los componentes de la canasta de costos indexados a los índices o factores de ajuste según corresponda, se descuentan a la tasa WACC que varía año a año conforme con la relación deuda-equity. Este proceso permite obtener el Valor Presente Neto de los costos totales de propiedad, que recogen tanto las inversiones iniciales como los costos de operación, mantenimiento y reposición de activos que se presenten a lo largo de los 15 años de evaluación.

4 RESULTADOS GENERALES

En términos generales la tecnología Diésel es la que cuenta con los precios más competitivos de vehículos, seguidos por la tecnología GNV. Dentro de los vehículos eléctricos, el más costoso es el tipo BEB carga nocturna por las características y/o costos de sus baterías. Los Trolley, al requerir una infraestructura especializada, no disponible en el territorio nacional, son vehículos con baja competitividad en materia de costos, frente a las otras tecnologías. Las tecnologías eléctricas que implican mayores costos de infraestructura son carga de oportunidad ultra rápida y trolley; éstas resultan altamente sensibles al número de vehículos

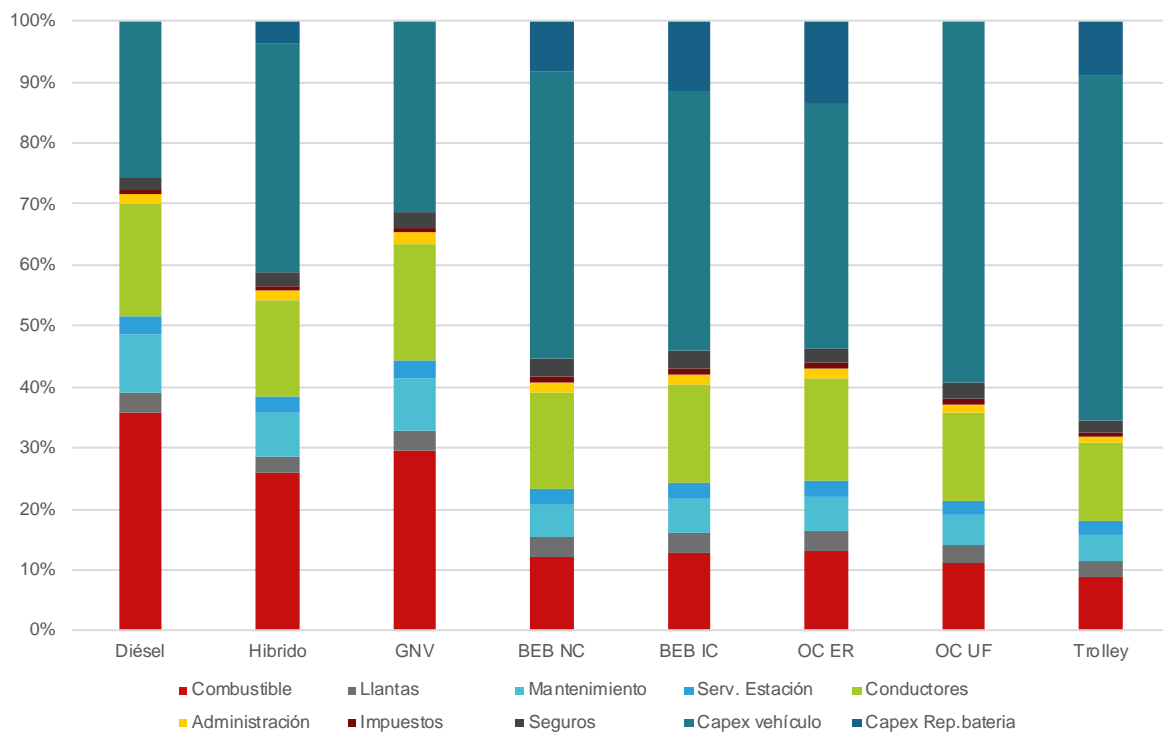
que suponga el caso dado que existen unos requerimientos mínimos relacionados con la longitud del corredor y las paradas establecidas, independientemente del número de vehículos con los que cuente el tipo de servicio.

4.1 Canastas de costos

De los cálculos y proyecciones de las canastas de costos, dependen los flujos de caja que se proyectan con el fin de evaluar las diferencias en TCO entre la tecnología que pretenda introducirse, frente al mejor sustituto o vehículo más competitivo en materia de costos de mercado.

Para todos los casos, los componentes más intensivos en materia de costos son: CapEx (capital), combustible/energético, conductores² y mantenimiento.

Ilustración 1. Comparación de componentes canastas de costos para corredor troncal 12 m



² El análisis no contempla diferencias en la remuneración de los conductores dada la falta de evidencias al respecto en el mercado laboral. Se considera sin embargo que la experiencia en conducción en vehículos eléctricos puede mejorar el rendimiento del energético. Dado que el horizonte de análisis es de 15 años, y que la capacitación del conductor se adelanta en el corto plazo, el impacto se considera marginal.

4.2 Resultados financieros por tipología

Los resultados financieros indican que, para todas las rutas y tipologías, salvo en el caso del corredor troncal con buses de 18 metros, el Valor Presente Neto de la tecnología Diesel y el Gas Natural Vehicular son más bajo que las tecnologías eléctricas, a pesar de que los costos de mantenimiento son más bajos para buses eléctricos (véase Tabla 7).

La diferencia entre los costos totales de las tecnologías, TCO, entre vehículos varía dependiendo las condiciones de operación de cada tipología siendo la distancia promedio de viaje diario el factor más importante para la diferencia de precios, teniendo que vehículos con uso más intenso, presentan diferencias más pequeñas.

Así la diferencia Diesel - Eléctricos oscila entre un 44% en el caso de buses de 10 metros en corredores SETP, y 9% en corredores pretroncales con buses de 12 metros. El resultado financiero tampoco toma en cuenta las externalidades positivas de buses eléctricos. Se evidencia una mayor competitividad de los vehículos eléctricos para las tipologías de mayor tamaño, aplicándose para el caso 18M, el postulado que aduce que en términos de TCO, el vehículo puede resultar similar, o más económico que el Diésel. Los vehículos eléctricos con menores costos son el BEB carga intermedia, y el de carga de oportunidad fin de ruta.

Nota: Los cálculos incluyen las reposiciones de baterías y la infraestructura eléctrica asociada para el caso de los vehículos eléctricos. Fuente de las tablas: Elaboración propia.

Tabla 19. Estimación Valor presente neto (VPN) de los costos por kilómetro por componente (horizonte 15 años) – tipología 18M corredor troncal.

Tipología 18 m	Diesel	Gas	Hibrido	BEB - NC	BEB - IC	OC - ER	OC - UF	Trolley
TCO (USD)	1.108.208	1.042.196	1.193.641	1.188.483	1.134.989	1.120.567	1.093.355	1.152.200
CapEx (USD)	354.000	372.000	512.876	709.485	664.398	654.137	617.017	702.005
OPEX (USD)	754.208	670.196	680.765	478.998	470.591	466.430	476.338	450.195
Dif. % TCO con Diesel	0%	-6%	8%	7%	2%	1%	-1%	4%
TCO (USD / km)	1,10	1,04	1,19	1,18	1,13	1,11	1,09	1,15

Tabla 20. Estimación Valor presente neto (VPN) de los costos por kilómetro por componente (horizonte 15 años) – tipología 12M corredor troncal

Tipología 12 m	Diesel	Gas	Hibrido	BEB - NC	BEB - IC	OC - ER	OC - UF	Trolley
TCO (USD)	750.170	725.114	874.464	874.958	842.837	825.832	957.337	1.077.493
CapEx (USD)	192.000	228.000	359.671	482.840	456.339	442.306	567.069	705.506
OPEX (USD)	558.170	497.114	514.793	392.118	386.498	383.526	390.268	371.987
Dif. % TCO con Diesel	0%	-3%	17%	17%	12%	10%	28%	44%
TCO (USD / km)	0,80	0,77	0,93	0,93	0,90	0,88	1,02	1,15

Tabla 21. Estimación Valor presente neto (VPN) de los costos por kilómetro por componente (horizonte 15 años) – tipología 12M corredor pretroncal

Tipología 12 m	Diesel	Gas	Hibrido	BEB - NC	BEB - IC	OC - ER	OC - UF	Trolley
TCO (USD)	752.767	725.361	860.299	864.560	834.591	837.706	821.750	866.659
CapEx (USD)	192.000	228.000	310.104	409.604	357.104	330.854	435.371	389.762
OPEX (USD)	560.767	497.361	550.195	454.957	477.487	506.852	386.379	476.897
Dif. % TCO con Diesel	0%	-4%	14%	15%	11%	11%	9%	15%
TCO (USD / km)	0,73	0,70	0,84	0,84	0,81	0,81	0,80	0,84

Tabla 22. Estimación Valor presente neto (VPN) de los costos por kilómetro por componente (horizonte 15 años – tipología 12M corredor alimentador)

Tipología 12 m	Diesel	Gas	Hibrido	BEB - NC	BEB - IC	OC - ER	OC - UF	Trolley
TCO (USD)	642.780	633.700	787.851	814.751	740.671	740.671	769.095	769.701
CapEx (USD)	192.000	228.000	367.785	484.946	418.328	418.328	440.719	456.200
OPEX (USD)	450.780	405.700	420.066	329.805	322.343	322.343	328.376	313.501
Dif. % TCO con Diesel	0%	-1%	23%	27%	15%	15%	20%	20%
TCO (USD / km)	0,86	0,85	1,06	1,09	0,99	0,99	1,03	1,03

Tabla 23. Estimación Valor presente neto (VPN) de los costos por kilómetro por componente (horizonte 15 años) – tipología 10M corredor alimentador

Tipología 10m	Diesel	Gas	Hibrido	BEB - NC	BEB - IC	OC - ER	OC - UF	Trolley
TCO (USD)	433.838	427.951	526.190	669.148	621.100	673.229	611.620	N.A
CapEx (USD)	96.000	120.000	198.769	357.485	315.989	368.118	301.497	N.A
OPEX (USD)	337.838	307.951	327.421	311.663	305.111	305.111	310.123	N.A
Dif. % TCO con Diesel	0%	-1%	21%	54%	43%	55%	41%	N.A
TCO (USD / km)	0,47	0,46	0,57	0,72	0,67	0,72	0,66	N.A

Tabla 24. Estimación Valor presente neto (VPN) de los costos por kilómetro por componente (horizonte 15 años) – tipología 10M corredor SETP

Tipología 10m	Diesel	Gas	Hibrido	BEB - NC	BEB - IC	OC - ER	OC - UF	Trolley
TCO (USD)	354.444	358.705	435.936	572.468	509.597	509.597	520.988	N.A
CapEx (USD)	96.000	120.000	183.843	329.059	271.858	271.858	278.279	N.A
OPEX (USD)	258.444	238.705	252.093	243.409	237.739	237.739	242.709	N.A
Dif. % TCO con Diesel	0%	1%	23%	62%	44%	44%	47%	N.A
TCO (USD / km)	0,50	0,50	0,61	0,80	0,71	0,71	0,73	N.A

Tabla 25. Estimación Valor presente neto (VPN) de los costos por kilómetro por componente (horizonte 15 años) – tipología 7M corredor SETP

Tipología 7m	Diesel	Gas	Hibrido	BEB - NC	BEB - IC	OC - ER	OC - UF	Trolley
TCO (USD)	366.319	357.582	436.846	469.038	440.128	452.104	419.323	N.A
CapEx (USD)	84.000	96.000	168.439	231.990	206.088	218.788	182.944	N.A
OPEX (USD)	282.319	261.582	268.407	237.048	234.040	233.317	236.379	N.A
Dif. % TCO con Diesel	0%	-2%	19%	28%	20%	23%	14%	N.A
TCO (USD / km)	0,35	0,34	0,42	0,45	0,42	0,44	0,40	N.A

5 Evaluación de la necesidad de instrumentos financieros

Dado que en el análisis financiero se encontró que bajo las condiciones actuales de mercado los costos totales de propiedad de buses eléctricos son más altos que los de tecnologías convencionales, a pesar de que el mercado de buses eléctricos ha reducido sus costos en los últimos años y sus costos de operación y mantenimiento son más bajos, es necesario evaluar si mediante instrumentos financieros se podrían igualar las condiciones de las tecnologías.

El objetivo final es lograr desde lo financiero que la inversión entre las dos tecnologías sea indiferente, de forma que los operadores se decidan por tecnologías eléctricas. Esto es de particular importancia porque los procesos de cambio de flota suponen altas inversiones y horizontes de tiempo largos, por lo que la compra de una tecnología tradicional puede generar un anclaje tecnológico por muchos años.

En la siguiente tabla se muestra los incrementales de los buses eléctricos frente al Gas Natural Vehicular, que es la opción más barata, para diferentes tipologías en Colombia.

Tabla 26. Resumen costos totales de propiedad para todas las tipologías entre Diesel y Buses Eléctricos a Batería (horizonte 15 años) – Fuente, propia 2019.

SERVICIO	DISTANCIA TOTAL DÍA (KM)	TCO GNV (MM_USD)	TCO BEB (MM_USD)	INCREMENTAL FINANCIERO (MM_USD)
SERVICIO SETP 7M	222	0,38	0,48	0,10
SERVICIO SETP 10M	153	0,37	0,57	0,20
SERVICIO ALIMENTADOR 10M	199	0,38	0,56	0,17
SERVICIO ALIMENTADOR 12M	159	0,55	0,66	0,11
SERVICIO PRETRONCAL 12M	120	0,64	0,71	0,07
SERVICIO TRONCAL 12M	201	0,59	0,66	0,07
SERVICIO TRONCAL 18M	215	0,83	0,87	0,04

Dado que para todos los casos el incremental es positivo, mediante un análisis con la misma metodología de evaluación de costos, se evalúa el respaldo financiero para reducir la tasa de interés de referencia k_e , necesaria lograr la igualdad entre los Valores Presentes Netos, VPN, de los costos entre tecnologías.

La viabilidad de un instrumento de compensación de tasa de interés para igualar costos entre tecnologías se encuentra limitada por los costos de transacción que se pueden generar en un proceso de crédito concesional para ser redescontados por un banco de segundo piso.

Siempre que el análisis de VPN arroje que la tasa necesaria para igualar costos entre tecnologías es menor que la tasa mínima que puede ser ofrecida mediante un programa de compensación de tasa, este mecanismo no sería suficiente para lograr el cambio tecnológico

y sería necesario considerar opciones para compensar hacer compensaciones de la inversión de capital.

Para poder hacer esta evaluación para el caso de Colombia se realiza una estimación del costo mínimo sobre el cual podrían considerarse operaciones de subsidio en tasa, teniendo en cuenta que:

1. El GCF en su manual de políticas de tarifas *“Policy on fees for accredited entities and delivery partners”* (Green Climate Fund, 2018) establece que para operaciones entre USD 50-250 millones, se tiene un tope del 5%.
2. Las tasas de cartelera para redescuento que presenta FINDETER, para operaciones asociadas a temas de energía o infraestructura sostenible e impacto ambiental, se tienen alrededor del 5,3% y el 7,7%. (FINDETER, 2019)
3. Evaluando las tasas de redescuento de BANCOLDEX, específicamente las utilizadas en líneas de apoyo a la movilidad eléctrica, se encuentran entre el 3,36% y el 7,4%. (BANCOLDEX, 2019). Las tasas de 3,36% cuentan con recursos no reembolsables del CTF para compensación de tasas.

De acuerdo con los datos mencionados, la tasa de referencia promedio que se encuentra posible podría utilizarse para una operación de crédito a partir de fondos del GCF estaría alrededor del 6%. Todos los análisis que arrojen una tasa por debajo de este valor requerían la evaluación de aportes de capital adicionales.

5.1.1 Evaluación de requerimientos de tasa de Interés para la paridad de costos

Para evaluar el impacto de una tasa compensada, el caso para la tipología troncal-18M se omite dado que por los altos niveles de operación, el incremental entre los costos totales entre tecnologías a combustión y eléctricas en un horizonte de 15 años es cero o negativo.

El impacto a la tasa de interés se evalúa con referencia a la tasa inicial para cada tipología y tipo de operación. Posteriormente, en cada caso se ajustaron los puntos de spread que deberían reducirse a las tasas para alcanzar la paridad de costos.

Por último, el spread se resta a la tasa de referencia inicial, para evaluar la tasa necesaria para alcanzar la paridad de costos.

Tabla 27. Resumen resultados escenarios – Subsidio Tasa de interés. Cifras en millones de USD

Tasa inicial de referencia	7M	10M	12M
Servicio SETP	17,01%	17,01%	
Servicio alimentador		10,48%	10,48%
Servicio pretroncal			10,48%
Servicio troncal			7,69%
Spread para paridad	7M	10M	12M
Servicio SETP	9,4%	12,7%	
Servicio alimentador		9,8%	3,6%
Servicio pretroncal			2,3%
Servicio troncal			1,6%
Tasa final para paridad de costos	7M	10M	12M
Servicio SETP	7,28%	3,85%	
Servicio alimentador		0,30%	6,74%
Servicio pretroncal			8,13%
Servicio troncal			6,04%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los resultados, las tasas de interés necesarias para obtener la paridad de costos se encuentran entre el 0,30% E.A, hasta el 7,28%. La amplia diferencia en los valores se explica principalmente por la intensidad de operación de cada caso. En la mayoría de los casos las tasas de interés son iguales o superiores al 6%, por lo que un instrumento financiero con tasa subsidiada podría ser aplicable.

Sin embargo, existen tipologías y operaciones con buses de 10m, que no podrían hacerse competitivos solamente a través de estos instrumentos, dado que las tasas necesarias son mucho menores que la de referencia. Estos casos son importantes porque las tipologías pequeñas son de alta aplicación en ciudades medianas y pequeñas en Colombia, y en general en Latinoamérica, que necesitan ofrecer servicio de transporte a usuarios en zonas periurbana de difícil acceso geográfico, en especial en topografías montañosas con caminos angostos.

Es importante considerar también, que en la elección de los casos de análisis financiero tomaron como referencia la situación más común de operación por tipología en Colombia, por lo que ciudades más pequeñas podrían necesitar subsidios adicionales, siempre que cuando para la tipología de 12 metros se encontraron valores de tasa requerida muy cercanos al 6%.

Por último, es importante considerar que la igualdad de costos puede hacer la decisión indiferente en términos financieros, pero además de la diferencia de costos es importante considerar que en Colombia y en especial en Latinoamérica los sistemas de transporte operan a altos niveles de déficit, que hacen de entrada difícil la decisión de recambio tecnológico, en

especial desde una incertidumbre asociada al riesgo tecnológico que suponen los eléctricos para los actores del sector.

Así mismo, es necesario considerar que aunque para los efectos de este ejercicio se hizo el supuesto que un bus eléctrico puede operar bajo los mismos indicadores que un bus con tecnología a combustión convencional, debido a las restricciones dadas por los tiempos de carga y autonomía, los operadores con servicio eléctrico deben operar con Índices de Pasajero Kilometro más bajos, lo que los obliga a tener una proveeduría de flota alrededor de 20% más alto, según se identificó en ciudades como Cali. Estas condiciones también generan la necesidad de apoyar los instrumentos basados en tasas de financiación especiales con subsidios en capital y otros incentivos que lleven a la adopción de las nuevas tecnologías por el mercado.

6 Conclusiones

En términos del costo del vehículo, la tecnología Diésel es la que cuenta con los precios más bajos en el mercado, seguido por los autobuses de tecnología GNV. No obstante, los costos del combustible son mayores para el Diésel, que en la mayoría de los casos pesan más que el menor valor del vehículo. Por ende, en la mayoría de los casos, los buses GNV cuentan con el Valor Presente Neto del Costo Total de Propiedad más bajo, siendo de esta forma el mejor sustituto financiero a la tecnología Diesel.

Para el caso de las flotas eléctricas, el CapEx resulta aún más significativo en la estructura de costos, al explicar alrededor del 50% de los mismos (incluyendo reposiciones de baterías), seguido de los conductores, combustible y mantenimiento. Sin embargo, el TCO financiero evidencia disminuciones en la brecha a lo largo del tiempo, debido a la mayor competitividad de componentes de la canasta de costos como la energía y el mantenimiento. Los análisis arrojan que el incremental del TCO de un bus eléctrico vs uno Diesel es de un 9% a 44% dependiendo de la ruta y tecnología de carga y evidencian la necesidad de buscar herramientas que permitan amortiguar el impacto del CapEx y los riesgos que implica introducir una tecnología poco probada en territorio colombiano, en donde la banca comercial se encuentra cerrada para financiar al sector transporte urbano, dados los constantes incumplimientos de los operadores que aducen desequilibrios financieros en sus operaciones actuales.

La forma más eficiente de promover la electrificación es a través de la compensación del CapEx. El subsidio al CapEx se puede dar directamente al valor del vehículo o en la financiación del mismo. El subsidio a la tasa de interés se enfrenta al acceso limitado que tienen los operadores actualmente a la banca comercial y los costos de transacción resultantes.

La construcción de un instrumento de financiación debería apalancarse con diferentes fuentes de recursos, así como promover esquemas que generen economías de escala, buscando adquirir altos volúmenes de flota en condiciones competitivas (tipologías grandes con alta intensidad de operación) que además, viabilicen la compra de tipologías de menor capacidad,

que, aunque resultan más costosas desde un punto de vista financiero, son las más usadas en ciudades intermedias.

Dado que existen muchas condiciones que afectan la competitividad de los buses eléctricos, un programa de promoción de buses eléctricos debe ir más allá del apoyo financiero. Es necesario soportar técnicamente la construcción de los sistemas más eficientes para las condiciones de cada ciudad.

Bibliografía

<i>Material</i>	<i>Referencia</i>
Factores de Emisión	Unidad de Planeación Minero Energética (2003) https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1285/18/17%20Factores%20de%20emision%20de%20combustibles.pdf
Costos Económicos de las enfermedades respiratorias	Instituto Nacional de Salud – Ministerio de Salud (2018) Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia
Venta de galones de diésel en Colombia	<i>Econometría Consultores – UPME (2014) Determinación de la demanda real de Gasolina Corriente, Gasolina Extra, Diésel Oil y GNV en el territorio nacional</i>
Costos económicos del ruido	RICARDO-AEA Update of the Handbook on External Costs of Transport (2014)
Costo Económico tonelada de CO2	DIAN RESOLUCIÓN NÚMERO 000006 DE 2019
Decibeles que emite un bus eléctrico y uno híbrido	Janos Turcsany, Electric Bus Noise, Volvo (2016)
International experiences in public policies for electromobility in urban fleets	International Evaluation of Public Policies for Electromobility in Urban Fleets, (ICCT) https://theicct.org/publications/international-evaluation-public-policies-electromobility-urban-fleets