

EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS ADOPTADAS EN EL DECRETO DISTRITAL 677 DE 2011



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D. C.
Secretaría
MOVILIDAD

SUBSECRETARÍA DE POLÍTICA DE MOVILIDAD

DIRECCIÓN DE INTELIGENCIA PARA LA MOVILIDAD
DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN DE LA MOVILIDAD

DIM-T-008-2019

BOGOTÁ D.C., julio de 2019

SUBSECRETARÍA DE POLÍTICA DE MOVILIDAD
DIRECCIÓN DE INTELIGENCIA PARA LA MOVILIDAD

Evaluación de las medidas adoptadas en el Decreto Distrital 677 de 2011

Aprobó:	Sergio Eduardo Martínez Jaimes	Subsecretario de Política de Movilidad	Sergio Martínez (6347)
Revisó:	María Carolina Lecompte Plata	Directora de Inteligencia para la Movilidad	<i>[Handwritten signature]</i>
Revisó:	Ingrid Joanna Portilla Galindo	Directora de Planeación de la Movilidad	Ingrid Portilla G
Revisó:	Claudia Janeth Mercado Velandia	Subdirectora de Transporte Público	<i>[Handwritten signature]</i>
Elaboró:	María Alejandra Pardo Baquero	Subdirección de Transporte Público	MAPB
Elaboró:	Germán Rodríguez Valbuena	Dirección de Inteligencia para la Movilidad	<i>[Handwritten signature]</i>
Elaboró:	Santiago Andrés Fonseca Malaver	Dirección de Inteligencia para la Movilidad	<i>[Handwritten signature]</i>
Elaboró:	Nicolás Cruz González	Dirección de Inteligencia para la Movilidad	<i>[Handwritten signature]</i>

BOGOTÁ D.C., julio de 2019

Página 2 de 50

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. ANTECEDENTES	9
3. OBJETIVO	10
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. CARACTERIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL PILOTO DE TAXIS ELÉCTRICOS FRENTE A LOS TAXIS CONVENCIONALES	10
4.1. PARQUE AUTOMOTOR	10
4.1.1. PILOTO DE TAXIS ELÉCTRICOS	10
4.1.1.1. Condiciones de recarga para los taxis eléctricos	10
4.1.1.2. Estado de las baterías de los taxis eléctricos	12
4.1.1.3. Estado actual de la flota de taxis eléctricos	13
4.1.2. SISTEMA DE TAXIS CONVENCIONAL	14
4.1.2.1. Estado actual de la flota de taxis convencionales	15
4.2. KILÓMETROS DIARIOS RECORRIDOS	18
4.2.1. PILOTO DE TAXIS ELÉCTRICOS	18
4.2.2. SISTEMA DE TAXIS CONVENCIONAL	18
4.3. USO DE PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS	19
4.3.1. PILOTO DE TAXIS ELÉCTRICOS	19
4.3.2. SISTEMA DE TAXIS CONVENCIONAL	20
4.4. COMPARACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR, PARÁMETROS OPERACIONALES Y USO DE PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS	22
5. SINIESTRALIDAD Y SEGURIDAD VIAL DE TAXIS ELÉCTRICOS FRENTE A LOS TAXIS CONVENCIONALES	24
6. DESEMPEÑO AMBIENTAL DE TAXIS ELÉCTRICOS FRENTE A LOS TAXIS CONVENCIONALES (VEHÍCULOS A COMBUSTIÓN)	26
6.1. EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO (GEI) Y MATERIAL PARTICULADO (PM)	26
6.1.1. PILOTO DE TAXIS ELÉCTRICOS	26
6.1.2. SISTEMA DE TAXIS CONVENCIONAL	27
6.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA	28
6.3. COMPARACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES	28

7. ASPECTOS FINANCIEROS DE TAXIS ELÉCTRICOS FRENTE A LOS TAXIS CONVENCIONALES (VEHÍCULOS A COMBUSTIÓN)	29
7.1. CANASTA DE COSTOS TAXIS ELÉCTRICOS.....	29
7.1.1. ENERGÍA ELÉCTRICA.....	29
7.1.2. LUBRICANTE	29
7.1.3. LLANTAS.....	29
7.1.4. MANTENIMIENTO	29
7.1.5. SALARIOS Y PRESTACIONES.....	29
7.1.6. IMPUESTOS.....	30
7.1.7. SEGUROS	31
7.1.8. COSTOS DE CAPITAL.....	31
7.2. CANASTA DE COSTOS DE TAXI CONVENCIONAL	32
7.2.1. COMBUSTIBLE.....	32
7.2.2. LUBRICANTE	33
7.2.3. LLANTAS.....	34
7.2.4. MANTENIMIENTO	34
7.2.5. SALARIOS Y PRESTACIONES	34
7.2.6. IMPUESTOS.....	34
7.2.7. SEGUROS	35
7.2.8. COSTOS DE CAPITAL.....	35
7.3. CANASTA DE COSTOS COMÚN PARA TAXI ELÉCTRICO Y TAXI CONVENCIONAL	35
7.3.1. SERVICIOS DE ESTACIÓN	35
7.3.2. GARAJE.....	36
7.3.3. GASTOS DE ADMINISTRACIÓN Y TELECOMUNICACIONES	36
7.4. COMPARACIÓN CANASTA DE COSTOS	37
7.5. INGRESO PROMEDIO.....	38
7.5.1. PILOTO DE TAXIS ELÉCTRICOS.....	38
7.5.2. SISTEMA DE TAXIS CONVENCIONAL	39
7.5.3. COMPARACIÓN DE INGRESOS ENTRE UN TAXI CONVENCIONAL Y UN TAXI ELÉCTRICO.....	40
8. RETOS IDENTIFICADOS DURANTE EL PILOTO DE TAXIS ELÉCTRICOS DE CARA A SU MASIFICACIÓN.....	41
8.1. CAPACIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA INSTALADA DE RECARGA	41
8.2. FACILIDADES DE RECARGA Y RECARGA EN CASA.....	41
8.3. DESCONOCIMIENTO DE LOS USUARIOS DE TAXI SOBRE EL PILOTO DE TAXIS ELÉCTRICOS.....	42
8.4. BAJO NÚMERO DE KILÓMETROS DIARIOS DE RECORRIDOS.....	43
8.5. USO DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE TAXI INTELIGENTE Y LA FALTA DE DATOS DE OPERACIÓN DE LOS TAXIS ELÉCTRICOS	44
8.6. ALTO COSTO DE INVERSIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN COMPARACIÓN CON LOS TAXIS A COMBUSTIÓN	45
8.7. GENERAR CONCIENCIA EN LOS USUARIOS DEL SERVICIO DE TAXIS ELÉCTRICOS DE LAS VENTAJAS QUE OFRECEN LOS VEHÍCULOS CERO EMISIONES	46

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
9.1. LA EXCEPCIÓN DEL “PICO Y PLACA” COMO INCENTIVO EFECTIVO PARA LA MASIFICACIÓN DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA EN EL SERVICIO DE TAXI	46
9.2. EL “TAXI INTELIGENTE” ES INDISPENSABLE PARA MEJORAR EL MONITOREO A LA OPERACIÓN DE LA FLOTA ELÉCTRICA DE TAXI	47
9.3. CAMBIO DE COLOR PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	47
9.4. LOS RESULTADOS DEL PILOTO DEMUESTRAN QUE ES VIABLE EL CRECIMIENTO DE LA FLOTA ELÉCTRICA EN EL SERVICIO DE TAXI	48
9.5. ES NECESARIO AMPLIAR LA TEMPORALIDAD DEL PILOTO.....	49
10. ANEXOS	50
10.1. RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE SEGUIMIENTO DEL PILOTO DE TAXIS ELÉCTRICOS DE JUNIO DE 2019	50
10.2. INFORME HISTÓRICO E6 TAXIS COLOMBIA, AUTOR BYD 2018	50
10.3. EMOBILITY COLOMBIA PROYECTO TAXIS ELÉCTRICOS, AUTOR ENEL 2019.....	50
10.4. ESTUDIO DE CONVENIENCIA PARA REEMPLAZAR TAXIS EN BOGOTÁ POR UNA FLOTA DE CERO EMISIONES: EL CASO DE LAS FLOTAS DE TAXIS ELÉCTRICOS EN ALGUNAS CIUDADES, AUTOR C40 CITIES 2019	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los vehículos eléctricos del piloto de taxis	10
Tabla 2. Estado de los vehículos del piloto de taxis eléctricos por partes	14
Tabla 3. Líneas de vehículos con mayor proporción de matrículas de taxis en Bogotá en los últimos tres años	17
Tabla 4. Parámetros operacionales promedio para taxis eléctricos	18
Tabla 5. Parámetros operacionales de taxi en vehículos convencionales	19
Tabla 6. Comparación parámetros operacionales	22
Tabla 7. Comparación datos SIRC	23
Tabla 8. Comparación disponibilidad plataformas tecnológicas	24
Tabla 9. Comparación tasa de siniestros totales	25
Tabla 10. Comparación tasa de siniestros por gravedad	25
Tabla 11. Emisiones evitadas por la implementación del piloto de taxis eléctricos	27
Tabla 12. Comparativo de parámetros ambientales	28
Tabla 13. Carga prestacional para 2018	30
Tabla 14. Costo de impuestos, por tipo de impuesto	31
Tabla 15. Costo de seguros	31
Tabla 16. Rendimiento de combustible según marca y línea	32
Tabla 17. Costo de combustible	33
Tabla 18. Costos de lubricante, por insumo	33
Tabla 19. Costo por kilómetro de llantas, por insumo	34
Tabla 20. Costo de impuestos, por tipo de impuesto	34
Tabla 21. Costo de seguros	35
Tabla 22. Costo de servicios de estación, por servicio	35
Tabla 23. Costo de los gastos de administración y telecomunicaciones	36
Tabla 24. Comparación de canasta de costos para un taxi eléctrico y un taxi convencional	37
Tabla 25. Comparación de ingresos para un taxi eléctrico y un taxi convencional	40
Tabla 26. Precio de mercado de vehículos eléctricos que podrían ser taxis en Colombia	45
Tabla 27. Precio de mercado de vehículos a combustión que se venden como taxis en Colombia	45

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Puntos de recarga para taxis eléctricos _____	11
Gráfica 2. Uso de puntos de recarga para taxis eléctricos _____	11
Gráfica 3. Tiempo requerido para recargar el taxi eléctrico _____	12
Gráfica 4. Histograma de capacidad de la batería original de los vehículos _____	13
Gráfica 5. Histórico de vehículos tipo taxi con y sin tarjeta de operación _____	15
Gráfica 6. Distribución de parque automotor de taxis por año modelo _____	15
Gráfica 7. Distribución de parque automotor de taxis por tipología y año modelo _____	16
Gráfica 8. Distribución de parque automotor de taxis por tipo de combustible _____	17
Gráfica 9. Histograma de recorridos promedio diario por los taxis eléctricos _____	18
Gráfica 10. Uso de plataformas tecnológicas en taxis eléctricos _____	20
Gráfica 11. Orígenes y destinos de los servicios - Taxi Inteligente _____	21
Gráfica 12. Comparación de siniestros según gravedad _____	25
Gráfica 13. Matriz de la capacidad de generación eléctrica en Colombia _____	26
Gráfica 14. Histograma de ingreso promedio de taxis eléctricos _____	38
Gráfica 15. Ingreso promedio de taxis convencionales _____	39
Gráfica 16. Distancia promedio de carreras diarias en taxis convencionales _____	39
Gráfica 17. Distribución ingreso promedio de taxis eléctricos _____	40
Gráfica 18. Resultados de preguntas de encuesta de seguimiento a participantes del piloto de taxis eléctricos ____	41
Gráfica 19. Resultados de preguntas ¿Recargaría el vehículo en su hogar? _____	42
Gráfica 20. ¿Los usuarios identifican su vehículo azul con blanco como taxi? _____	43
Gráfica 21. Carreras hechas al día por los vehículos del piloto de taxis eléctricos _____	44
Gráfica 22. Valor promedio por carrera de los vehículos del piloto de taxis eléctricos _____	44
Gráfica 23. Percepción del servicio de taxi en vehículos eléctricos _____	46
Gráfica 24. Comparación del costo total de propiedad de un taxi eléctrico y uno de combustión _____	49

1. Introducción

El servicio de transporte público individual en Bogotá es el modo de transporte público complementario al servicio de transporte público masivo y que atiende necesidades específicas de cierto tipo de usuarios. Adicionalmente, atiende una porción de la demanda de usuarios de vehículo particular en los días de restricción de circulación, por lo que contribuye a reducir la propiedad del vehículo privado, así como a disminuir las necesidades de estacionamiento.

En la ciudad se ha considerado el taxi como medio de transporte para realizar viajes rápidos, confortables y flexibles. No obstante, la dinámica de operación de estos vehículos convierte este sistema en un servicio poco eficiente en cuanto a ocupación de la red vial: mientras que los taxis utilizan en promedio el 25% del espacio de la malla vial de Bogotá movilizan únicamente el 4,5% de la demanda de viajes diarios. En términos de eficiencia energética y emisiones atmosféricas este medio de transporte genera un alto impacto debido a la dependencia de la gasolina y el gas natural vehicular (GNV), aunado a los 247,3 kilómetros que recorren en promedio al día, aportando cerca del 9% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) del sector transporte de Bogotá.

Si bien las emisiones de material particulado (PM) de la flota de taxis tradicionales no son altas comparadas con las de otro tipo de servicios que funcionan con diésel, un taxi emite 0,003 g PM/km contribuyendo al impacto negativo en la calidad del aire proveniente de los modos motorizados. Debido a las externalidades ambientales y de tráfico que genera este modo de transporte, se han implementado diferentes medidas para gestionar y controlar su oferta.

Como parte de las estrategias para mejorar y hacer más eficiente el servicio de transporte público individual en Bogotá, se implementó una prueba piloto de taxis eléctricos por medio del Decreto Distrital 677 de 2011. Actualmente se encuentran en funcionamiento 43 vehículos que han logrado evitar la emisión de más de 3.300 toneladas de CO₂ desde su entrada en operación. En su momento, esta fue la primera flota de transporte público individual del país con estas características.

Este informe presenta los antecedentes de la implementación del piloto de taxis eléctricos; la caracterización, en paralelo, del sistema de taxis a combustión (en adelante denominados taxis convencionales) y eléctricos con el fin de evaluar el éxito del piloto e identificar la pertinencia del crecimiento de esta tecnología; y las barreras que se han presentado durante su implementación. Finalmente, se incluyen los resultados de la encuesta de seguimiento del piloto de taxis eléctricos realizada por la Secretaría Distrital de Movilidad en junio de 2019.

2. Antecedentes

En diciembre de 2011, la Administración Distrital determinó que era necesario promover el uso de tecnologías de cero emisiones contaminantes en ruta en el transporte público para mejorar las condiciones ambientales de Bogotá. Por tal motivo, la Secretaría Distrital de Movilidad recomendó el uso de vehículos eléctricos en el servicio de taxi con el objetivo de probar la tecnología en operación real con perspectivas a su futura masificación. En este sentido, se determinó que la Administración Distrital debía tomar las medidas regulatorias que permitieran a los taxis eléctricos operar en igualdad de condiciones a los taxis de combustión interna.

Por esta razón, se adoptó el Decreto Distrital 677, *"Por medio del cual se adoptan medidas para incentivar el uso del vehículo eléctrico en el Distrito Capital, se autoriza una operación piloto y se dictan otras disposiciones"* el cual se configuró en el primer paso para la promoción de los vehículos eléctricos en el transporte público individual, dando origen al piloto de taxis eléctricos por un término de tres años, exceptuándolos de la restricción a la circulación dispuesta en el Decreto Distrital 660 de 2001. El piloto tenía previsto incorporar una flota de 50 vehículos para prestar el servicio de taxi en Bogotá con el apoyo de diferentes entidades del sector público distrital y nacional: la Secretaría Distrital de Ambiente, la Secretaría Distrital de Movilidad y el Ministerio de Transporte. También se vincularon empresas del sector privado: Enel (antiguamente Codensa) como socio que permitiría instalar la red de recarga para el piloto y BYD como proveedor de vehículos de tecnología eléctrica.

Posteriormente, el Decreto Distrital 407 de 2012, *"Por el cual se modifica el Decreto Distrital 677 de 2011 por medio del cual se adoptan medidas para incentivar el uso del vehículo eléctrico en el Distrito Capital, se autoriza una operación piloto y se dictan otras disposiciones"* y el Decreto Distrital 376 de 2013, *"Por el cual se extiende la temporalidad de la operación piloto de taxis eléctricos autorizada por los Decretos Distritales 677 de 2011 y 407 de 2012 y se dictan otras disposiciones"*, modificaron las condiciones de operación del piloto de taxis eléctricos con el objetivo de favorecer su viabilidad económica y fomentar el ingreso y masificación de tecnologías no contaminantes en el transporte público individual de la ciudad. Como resultado, la temporalidad del piloto se extendió hasta 10 años contados a partir de la matrícula de los vehículos. De esta forma, el piloto está vigente hasta 2022.

Periódicamente se han realizado informes de seguimiento a la operación del piloto que tienen como objetivo mostrar resultados e identificar necesidades y oportunidades para la masificación de esta tecnología. El despliegue de la tecnología eléctrica es una oportunidad para el Distrito dados los retos de calidad del aire que enfrenta la ciudad. Sin embargo, esta oportunidad se convierte en un reto, considerando las diferentes barreras que existen para la compra de vehículos eléctricos al no ser competitivos en términos de inversión inicial frente a vehículos de combustión.

En el 2019, como parte de los insumos para la elaboración del presente estudio, la Secretaría Distrital de Movilidad realizó una encuesta de seguimiento a los propietarios de los 43 vehículos pertenecientes al piloto de taxis eléctricos, la cual complementa el análisis de resultados del piloto de taxis eléctricos en Bogotá.

3. Objetivo

Evaluar el piloto de taxis eléctricos en Bogotá y determinar la pertinencia de su extensión o ampliación, en cumplimiento del Decreto Distrital 677 de 2011.

3.1. Objetivos específicos

- Comparar los parámetros operacionales, de servicio, ambientales y de costos del piloto de taxis eléctricos frente al servicio de taxis convencional.
- Identificar retos de la masificación de la tecnología vehicular propulsada exclusivamente por motores eléctricos en el servicio de taxi en Bogotá D.C.
- Proponer alternativas de continuidad y evolución del piloto de taxis eléctricos en Bogotá D.C.

4. Caracterización de la operación del piloto de taxis eléctricos frente a los taxis convencionales

4.1. Parque automotor

4.1.1. Piloto de taxis eléctricos

La flota del piloto de taxis eléctricos está conformada por 43 vehículos BYD, modelo E6, tipo camioneta, 100% eléctricos, de carga semi-rápida (de cero a 100% de carga en dos horas) y autonomía de más de 225 kilómetros. Estos vehículos tienen una proyección de vida útil de más de 15 años teniendo en cuenta las pérdidas de retención de energía que se presentan en la batería a partir de los diez años.

Los taxis del piloto representan únicamente el 0,08% del parque automotor de transporte público individual en Bogotá. Debido a que el proyecto se encuentra en una fase de piloto, se tiene una flota homogénea y no hay participación de vehículos eléctricos diferentes a los descritos, siendo BYD la única marca con taxis eléctricos operando en la ciudad. En la siguiente tabla se muestran las principales características de los vehículos que funcionan en el piloto.

Tabla 1. Características de los vehículos eléctricos del piloto de taxis

	BYD e6 ¹
Rendimiento	3,7 Km/KWh
Capac Batería	61 KWh
Ciclos de la batería	6.000
Autonomía	225 Km
Tamaño del motor	75 Kw
Opción de carga rápida	SI
Capacidad maletero (cu. Ft)	17

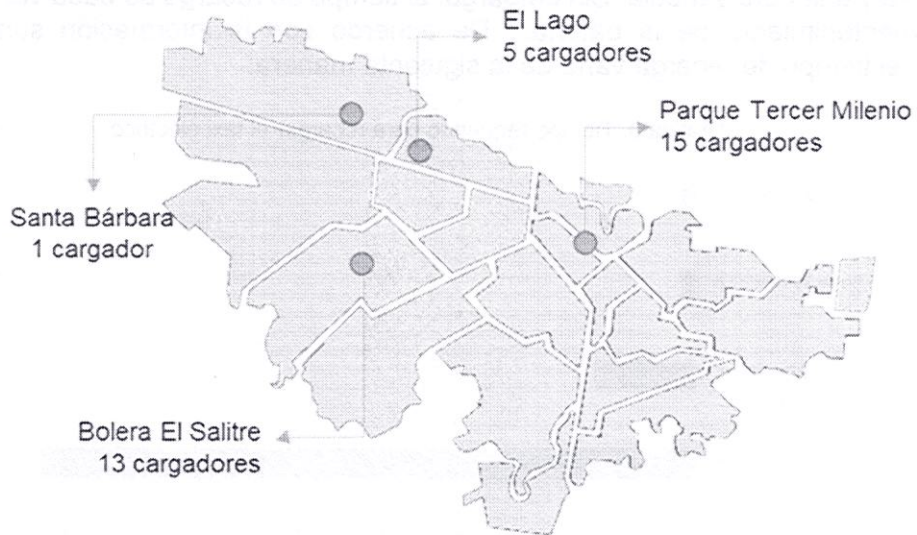
Fuente: Informe de operación del piloto de taxis eléctricos. SDA, 2015.

4.1.1.1. Condiciones de recarga para los taxis eléctricos

La tecnología de recarga de la flota de taxis es de tipo semi-rápida, (de 0% a 100% en 2 horas) y requieren de estaciones de recarga, para lo cual se cuenta hasta el momento con cuatro estaciones

que ofrecen, en total, 34 puntos de recarga ubicados en: la Unidad Deportiva el Salitre, Parque Tercer Milenio, El Lago y Santa Bárbara, como se aprecia en la siguiente gráfica.

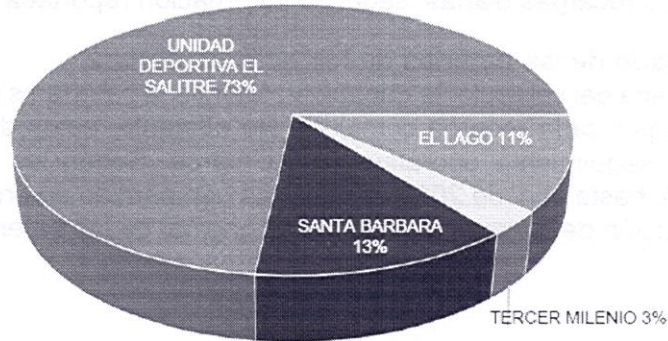
Gráfica 1. Puntos de recarga para taxis eléctricos



Fuente: Enel, 2019.

De acuerdo a la información suministrada por Enel en mayo de 2019, los cargadores más usados por los propietarios de los taxis eléctricos que participan del piloto son aquellos ubicados en la Unidad Deportiva El Salitre, seguidos por el punto de recarga de Santa Bárbara.

Gráfica 2. Uso de puntos de recarga para taxis eléctricos



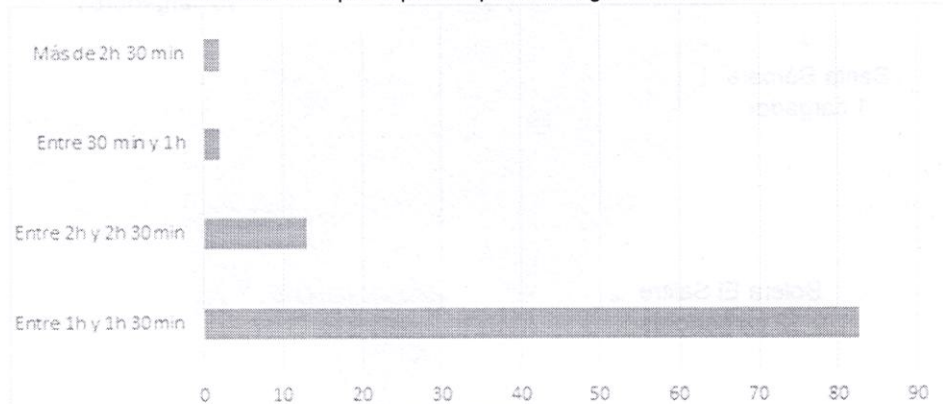
7 DE CADA 10 CARGAS SE REALIZA EN LA
UNIDAD DEPORTIVA EL SALITRE

Fuente: Enel, 2019

La anterior información coincide con las respuestas entregadas por los propietarios de los vehículos del piloto de taxis eléctricos en la encuesta de seguimiento.

Estos puntos de recarga se dispusieron para la atención específica de los vehículos del piloto de taxis eléctricos, dado que para su operación requieren de cargadores con conectores de estándar chino para carga semi-rápida. En la operación diaria, los conductores realizan en su mayoría recargas de entre una hora y una hora y media. Sin embargo, el tiempo de recarga de cada vehículo depende del estado de mantenimiento de la batería. De acuerdo con la información suministrada por los propietarios, el tiempo de recarga varía de la siguiente manera:

Gráfica 3. Tiempo requerido para recargar el taxi eléctrico



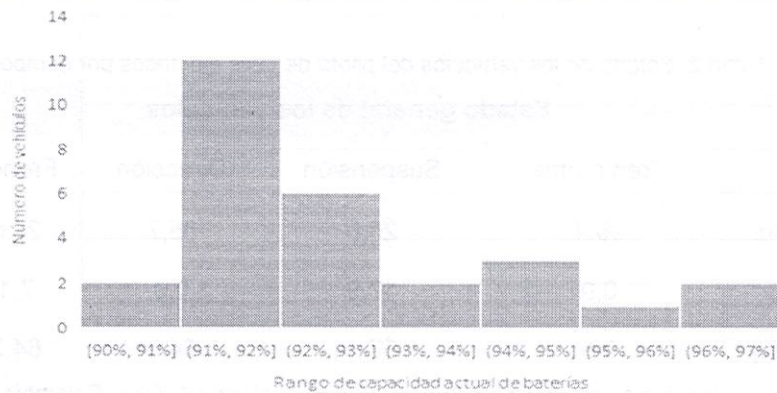
Fuente: Elaboración propia con base en encuesta de seguimiento de junio de 2019

Según esta información, el tiempo promedio de recarga es de 1,16 horas. Sin embargo, considerando información de Enel, es una práctica común el realizar recargas parciales. Esto quiere decir que los conductores hacen una recarga sin que su batería llegue al 100% de la capacidad de carga, dividiendo en más de una sesión el tiempo que les toma recargar su vehículo. En promedio, los taxis eléctricos hacen 1,3 recargas diarias, según la información reportada por Enel en 2019.

4.1.1.2. Estado de las baterías de los taxis eléctricos

Según la ficha técnica del vehículo, la capacidad total de la batería es de 61,4 kW con una autonomía de 300 kilómetros por cada recarga completa. No obstante, estos datos difieren de la información recolectada en el seguimiento operativo por la marca. Según las revisiones hechas a los taxis eléctricos por BYD, hasta abril de 2019 las baterías han perdido en promedio 7,33% de su capacidad original. La distribución de la capacidad de carga original de las baterías se presenta en la siguiente gráfica:

Gráfica 4. Histograma de capacidad de la batería original de los vehículos



Fuente: Informe histórico E6 Taxis Colombia, BYD 2019.

Según la información reportada por BYD, las pérdidas de capacidad de retención de energía de las baterías alcanzan como máximo un 9,83%. En promedio, los vehículos eléctricos del piloto tienen una capacidad de baterías de 92,67% con respecto a su capacidad original. No obstante, BYD reporta que las pérdidas de retención de energía para el año 10 de la vida útil de los vehículos no superará el 30%, de acuerdo con los análisis realizados a estos vehículos. Para años posteriores al año 10 o los ciclos de recarga posteriores al ciclo seis mil, las pérdidas de capacidad de retención de energía se estiman en 1,3% anual.

4.1.1.3. Estado actual de la flota de taxis eléctricos

Actualmente el servicio de mantenimiento y repuestos a los vehículos del piloto de taxis eléctricos es prestado en un punto de atención de servicios especializados de BYD donde se realizan intervenciones de chasis y tren motriz para los autos. Durante el tiempo transcurrido del piloto, BYD ha gestionado con talleres locales certificaciones y capacitaciones para incrementar el número de centros autorizados para prestar servicios a los vehículos eléctricos.

Con base en la información reportada por el centro de mantenimiento posventa BYD MOTOR COLOMBIA, desde agosto de 2018 se han realizado 2,8 intervenciones promedio por vehículo de las cuales 1,2 fueron intervenciones preventivas y 1,6 intervenciones correctivas. Por otra parte, según la encuesta de seguimiento a los propietarios de estos vehículos, se reportó que en promedio, se hacen tres mantenimientos preventivos en el año. En cuanto a reparaciones de los vehículos, se reporta que en promedio se han hecho cuatro por cada uno de los vehículos desde el inicio de operación del piloto.

A partir de datos de mantenimiento registrados y reportados por BYD de 28 vehículos del piloto de taxis eléctricos, entre enero de 2018 y abril de 2019, se tienen los siguientes datos sobre el estado del tren motriz, la suspensión, dirección, frenos y carrocería, clasificados en bueno, regular y malo:

Tabla 2. Estado de los vehículos del piloto de taxis eléctricos por componentes

Estado general de los vehículos					
	Tren motriz	Suspensión	Dirección	Frenos	Carrocería
Bueno¹ (%)	96,4	25,0	35,7	28,6	39,3
Malo² (%)	0,0	17,9	0,0	7,1	14,3
Regular³ (%)	3,6	57,1	64,3	64,3	46,4

Fuente: elaboración propia con base en *Informe histórico E6 Taxis Colombia, BYD 2019*.

De acuerdo con esta información, más del 95% de los vehículos analizados se encuentra en buenas condiciones. Según los reportes de mantenimiento posventa de BYD, en los sistemas de chasis (suspensión, dirección y frenos) el desgaste de los componentes es normal y acorde con el kilometraje de cada vehículo. Por otra parte, en la carrocería no hay afectaciones adicionales a los deterioros en carrocería externa y en algunos componentes de carrocería interna producto de la operación. Según esa marca, considerando el análisis de los componentes y el margen de operación hasta el momento ejecutado por los vehículos, la proyección de vida útil de estos está por encima de los 15 años.

4.1.2. Sistema de taxis convencional

Actualmente existen en Bogotá 51.579⁴ vehículos de transporte público individual incluyendo aquellos con tarjeta de operación vigente y no vigente. Comparados con los 2.392.368⁵ vehículos automotores registrados en Bogotá, la flota de taxis representa solo el 2,2%. Sin embargo, ocupa alrededor del 25% del espacio vial.

La cantidad de vehículos tipo taxi con tarjeta de operación vigente varía ligeramente a lo largo de los años, pero se mantiene entre los 49 mil y 50 mil vehículos.

¹ Vehículos que presentaron máximo una anomalía en el periodo analizado.

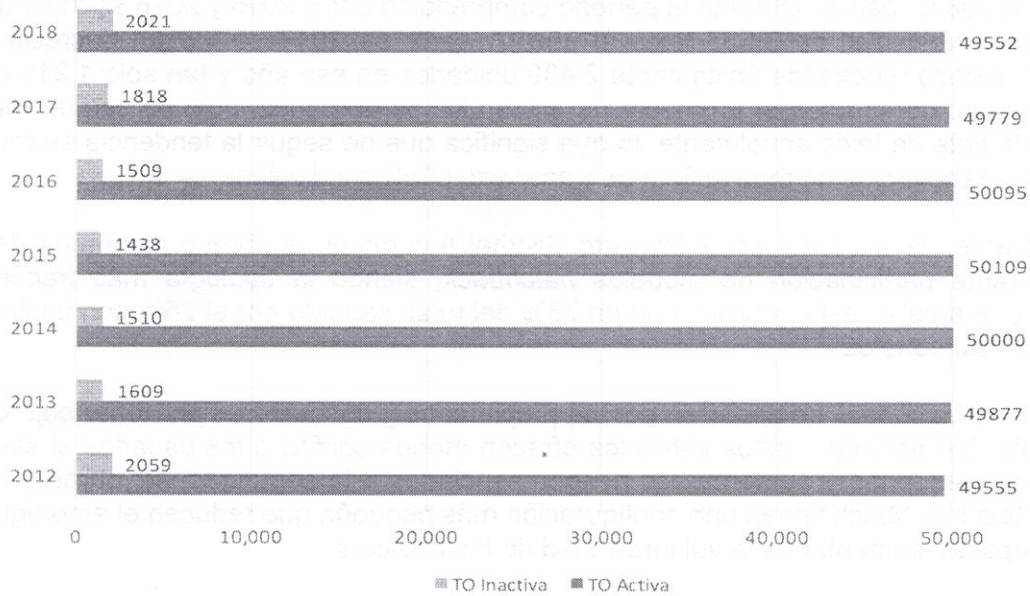
² Vehículos que presentaron 4 o más anomalías en el periodo analizado

³ Vehículos que presentaron 2 o 3 anomalías en el periodo analizado

⁴ De acuerdo al Registro Distrital Automotor con corte a 31 de diciembre de 2018.

⁵ De acuerdo al Registro Distrital Automotor con corte a 31 de diciembre de 2018.

Gráfica 5. Histórico de vehículos tipo taxi con y sin tarjeta de operación

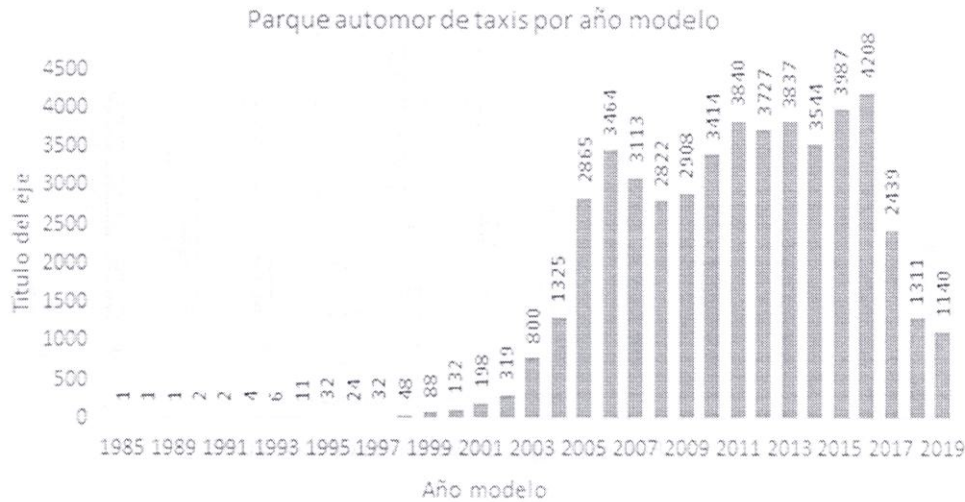


Fuente: Registro Distrital Automotor, 2019.

4.1.2.1. Estado actual de la flota de taxis convencionales

El parque automotor de taxis en Bogotá tiene una edad promedio de 7,96 años a corte de 31 de diciembre de 2018, de acuerdo con el Registro Distrital Automotor.

Gráfica 6. Distribución de parque automotor de taxis por año modelo



Fuente: Registro Distrital Automotor, 2018.

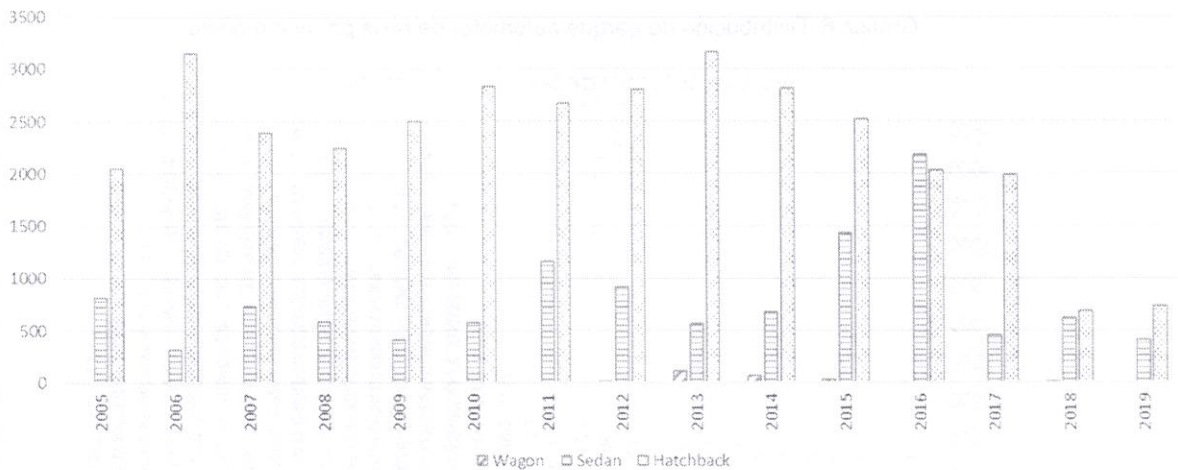
De acuerdo con esta información, se puede evidenciar un pico de reposición vehicular de modelos 2016, con 4.208 unidades. Durante el período comprendido entre 2006 y 2016 se tenía un promedio de reposición vehicular de 3.533 taxis al año. A partir de 2017 se vio un decrecimiento de la reposición, siendo renovadas únicamente 2.439 unidades en ese año y tan solo 1.311 unidades en 2018. Tomando como base el promedio de estos últimos dos años, solo se estaría reponiendo el 3,75% de la flota de taxis anualmente, lo que significa que de seguir la tendencia se requerirían 26 años para la renovación de toda la flota de transporte público individual.

Adicionalmente, de acuerdo con el Registro Distrital Automotor, el parque automotor de taxis tiene una importante participación de modelos *hatchback*, siendo la tipología más frecuente en los vehículos que prestan este servicio, con un 73% del total, seguido por el 26% con tipología sedán y 1% que son camionetas.

Los vehículos *hatchback* se prefieren por los propietarios y conductores por tener bajo consumo de combustible. Sin embargo, estos vehículos ofrecen menos confort a los usuarios al ser carros con dimensiones pequeñas y aumentar los riesgos asociados a la seguridad vial durante el viaje. Los vehículos tipo *hatchback* tienen una configuración más pequeña que reducen el amortiguamiento en caso de impacto, aumentando la vulnerabilidad de los usuarios.

Por otra parte, las matrículas de vehículos *hatchback* en el sector taxis se mantuvo en un promedio de 2.648 unidades desde 2006 hasta 2016, representando el 75% de las reposiciones anuales. En la siguiente gráfica se puede evidenciar la reposición de vehículos de transporte público individual, por tipología, para los años 2006-2018⁶.

Gráfica 7. Distribución de parque automotor de taxis por tipología y año modelo



Fuente: Registro Distrital Automotor, 2019.

Con excepción de 2016, todos los años registraron mayor número de vehículos tipo *hatchback* matriculados en contraposición a los vehículos tipo sedán. En 2016, del total de taxis matriculados, los vehículos tipo sedán representaron el 52% mientras que los tipo *hatchback* correspondían al 48%. Sin embargo, en los últimos dos años, los vehículos *hatchback* han vuelto a recobrar relevancia,

⁶Los vehículos reportados en 2019 son unidades matriculadas en 2018 con año modelo 2019

representando el 58% de los taxis matriculados en Bogotá. De acuerdo con esto, las líneas de vehículos más matriculados para taxi se muestran a continuación:

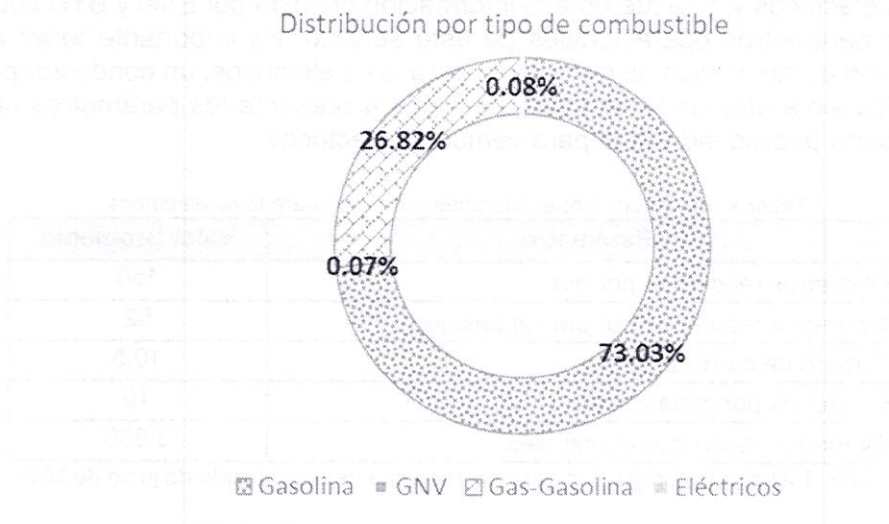
Tabla 3. Líneas de vehículos con mayor proporción de matrículas de taxis en Bogotá en los últimos tres años

Marca	Línea	Taxis matriculados	Carrocería
Kia	Picanto Ekotaxi + LX	2.560	Hatchback
Hyundai	Grand I10	1.058	Sedán
Kia	Picanto Ekotaxi LX	923	Hatchback
Hyundai	Accent GL	480	Sedán

Fuente: Registro Distrital Automotor, 2019.

Con respecto al energético, la distribución del tipo de combustible usado en los taxis tradicionales presentada en la Gráfica 8 permite inferir que, en su mayoría, los taxis hacen uso de gasolina para operar. Sin embargo, una gran proporción de los taxis que circulan en la ciudad tienen sistemas de motor convertidos que pueden hacer uso de gas y de gasolina. Ya que, de acuerdo a la reglamentación del Ministerio de Transporte, al momento de hacer la conversión ya no están obligados a hacer el reporte ante el organismo de tránsito competente, es posible que exista una mayor proporción de vehículos gas-gasolina que no se está capturando con la información del Registro Distrital Automotor.

Gráfica 8. Distribución de parque automotor de taxis por tipo de combustible



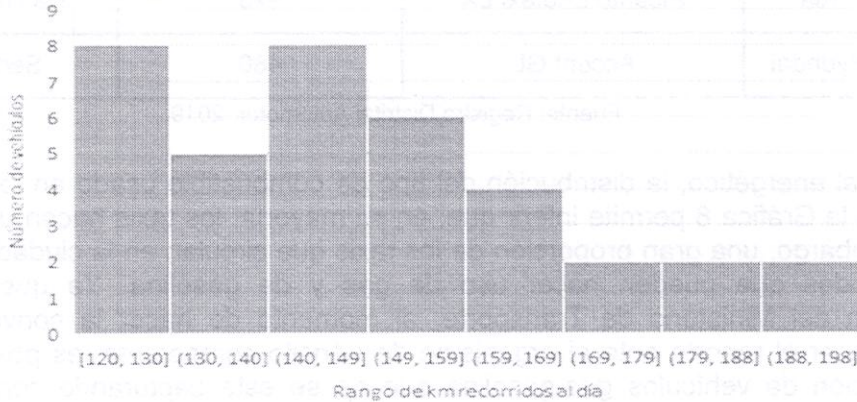
Fuente: Registro Distrital Automotor, 2019.

4.2. Kilómetros diarios recorridos

4.2.1. Piloto de taxis eléctricos

Durante los seis años de operación del piloto, hasta abril de 2019, la flota de taxis eléctricos de Bogotá ha recorrido en total 13,4 millones de kilómetros, con un promedio de 150 km/día/vehículo. En la siguiente gráfica se muestra el kilometraje promedio diario de la flota con base en datos acumulados de los últimos seis años.

Gráfica 9. Histograma de kilómetros recorridos promedio diario por los taxis eléctricos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Enel, 2019

Con base en la encuesta de seguimiento realizada en junio de 2019 a los propietarios de vehículos del piloto de taxis eléctricos y de acuerdo a la información provista por Enel y BYD sobre los mismos, se calcularon los parámetros operacionales de este servicio. Es importante tener en cuenta que, debido a la exención de restricción de circulación para taxis eléctricos, un conductor puede operar un mismo vehículo los siete días de la semana. La Tabla 4 presenta los parámetros operacionales el servicio de transporte público individual para vehículos eléctricos.

Tabla 4. Parámetros operacionales promedio para taxis eléctricos

Parámetro	Valor promedio
Kilómetros recorridos por día	150
Kilómetros recorridos por día sin pasajero	52
Número de carreras diarias	10,5
Kilómetros por cada carrera	10
Kilómetros recorridos mensuales	3.900

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta de seguimiento de junio de 2019

4.2.2. Sistema de taxis convencional

La Secretaría Distrital de Movilidad realizó el contrato de consultoría 2016-1210 con el objeto de “Estructurar la estrategia para el seguimiento y la implementación de las condiciones de la prestación del servicio público de transporte terrestre automotor individual en el nivel básico y de lujo en la ciudad de Bogotá, D.C. de acuerdo con lo establecido en el Decreto 2297 de 2015 y Decreto 1079 de 2015”. En el marco de este contrato, el contratista realizó una caracterización del servicio de transporte

público individual y llevó a cabo 395 encuestas válidas a conductores de taxis, a partir de las cuales fue posible actualizar los parámetros operacionales de los que trata la Resolución 4350 de 1998 del Ministerio de Transporte.

Es importante tener en cuenta que, debido a la actual restricción de circulación de taxis en Bogotá, un conductor puede operar un mismo vehículo por un máximo de seis días a la semana, pues el día restante tiene restricción. Esto significa que un mismo vehículo puede operar durante 26 días al mes en promedio. Así, teniendo en cuenta tanto la información operacional recolectada en el contrato de consultoría 2016-1210 como el máximo número de días operativos al mes, la Tabla 5 presenta los parámetros operacionales adoptados para el estudio tarifario de 2018 para el servicio de taxi en el nivel básico.

Tabla 5. Parámetros operacionales de taxi en vehículos convencionales

Parámetro operacional	Valor promedio
Kilómetros recorridos por día	247,3
Kilómetros recorridos por día sin pasajero	65,58
Número de carreras diarias	23,6
Kilómetros por cada carrera	7,7
Kilómetros recorridos mensuales	6.429,8

Fuente: Elaboración SDM – DESS (2018)

4.3. Uso de plataformas tecnológicas

La implementación de las plataformas tecnológicas permite recolectar información en tiempo real de la operación del servicio de transporte público individual, efectuando un control en línea de las tarifas aplicadas, y disponiendo herramientas que permiten al usuario y a las autoridades verificar la información del conductor y del cobro efectuado, entre otros.

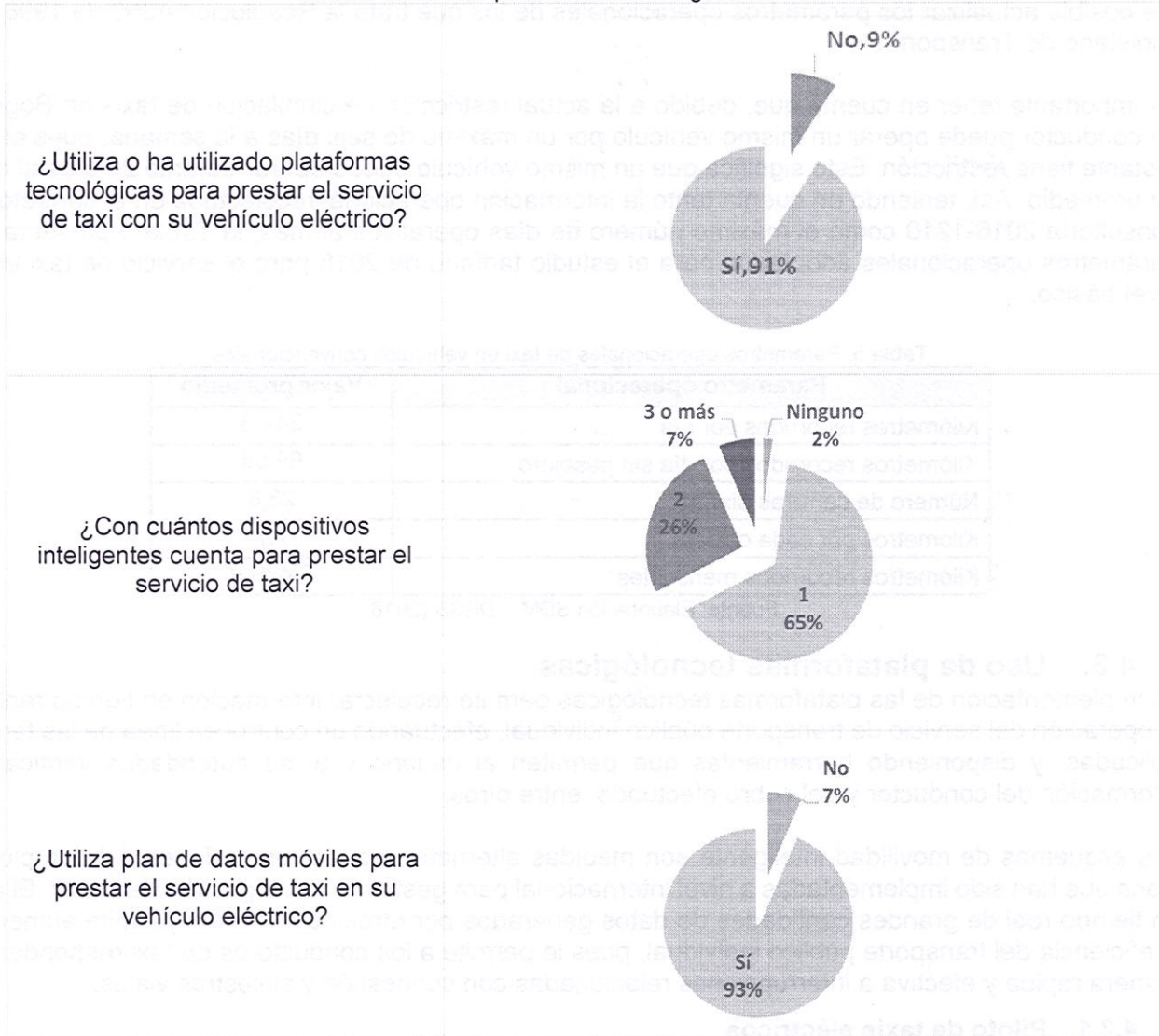
Los esquemas de movilidad inteligente son medidas alternativas a las restricciones del tipo pico y placa que han sido implementadas a nivel internacional para gestionar la congestión vehicular. El uso en tiempo real de grandes cantidades de datos generados por otros conductores permite aumentar la eficiencia del transporte público individual, pues le permite a los conductores de taxi responder de manera rápida y efectiva a interrupciones relacionadas con congestión y siniestros viales.⁷

4.3.1. Piloto de taxis eléctricos

De acuerdo con la información recopilada en la encuesta a los propietarios de vehículos del piloto de taxis eléctricos en 2019, el uso de las plataformas tecnológicas está ampliamente difundido entre sus participantes. Más del 90% de los encuestados declara utilizar o haber utilizado alguna plataforma para la prestación del servicio. Adicionalmente, el 97% hace uso de uno o más dispositivos inteligentes durante la operación, y más del 93% cuentan con un plan de datos destinados a tal fin. A continuación, se presentan los resultados de las preguntas relacionadas con plataformas tecnológicas.

⁷ De acuerdo con Yong-Hong Kuo & W. Y. Szeto (2018) Smart transportation and analytics, Transportmetrica B: Transport Dynamics, 6:1, 1-3, DOI: 10.1080/21680566.2017.1393968

Gráfica 10. Uso de plataformas tecnológicas en taxis eléctricos



Fuente: Elaboración propia con base en encuesta de seguimiento de junio de 2019

A pesar de los datos reportados por los propietarios de taxis eléctricos del piloto, estos no cuentan aún con el cobro a través de plataformas tecnológicas según lo dispuesto en los Decretos Distritales 456 y 568 de 2018. Lo anterior quiere decir que estos vehículos no hacen parte del grupo de “Taxis Inteligentes” por lo cual no están reportando la información de su operación en tiempo real a la Secretaría Distrital de Movilidad, y que los usuarios de estos vehículos tampoco están gozando de los beneficios del Taxi Inteligente, como por ejemplo la verificación de la habilitación de conductores y de la tarifa.

4.3.2. Sistema de taxis convencional

Con base en una encuesta de la Secretaría Distrital de Movilidad realizada en julio de 2019 a los taxis convencionales, se determinó que el 71,3% de ellos reportan usar o haber usado plataformas tecnológicas para prestar el servicio de transporte público individual. De igual forma, se reporta que

el 77,6% de ellos goza de un plan de datos para prestar el servicio de taxi y el 75,7% ya tiene disponibles al menos un dispositivo inteligente en sus vehículos.

De acuerdo a la información de la Secretaría Distrital de Movilidad, a corte de junio de 2019, 4.078 taxis habían instalado el mecanismo de cobro mediante plataforma tecnológica según los Decretos Distritales 456 y 568 de 2017. Este grupo equivale al 9% del parque automotor de taxis convencionales activos en la ciudad.

Con este nuevo esquema de cobro se han registrado, a corte de junio de 2019, más de 685.000 carreras, conociendo de manera oportuna datos del viaje como origen y destino, tiempo de recorrido, distancia y tarifa entre otras. Con base en esta información, se tiene un reporte de tarifa promedio por carrera de \$12.010 y distancia promedio de 7,1 kilómetros.

Los registros obtenidos han permitido ubicar los puntos de inicio y finalización de los servicios, así como la ubicación de los taxis de manera constante. La Gráfica 11 muestra los orígenes y destinos de los servicios registrados en el sistema, incluyendo el registro de servicios reales, así como cualquier prueba realizada por los conductores, empresas, y/o propietarios. Esta información es un indicador de la cobertura del sistema y por consiguiente, de la conectividad de red de datos en la ciudad.

Gráfica 11. Orígenes y destinos de los servicios - Taxi Inteligente



Fuente: Elaboración propia a partir de la información reportada por las plataformas tecnológicas.

Con la información recibida también se puede verificar la tarifa cobrada al usuario. En el 97% de los servicios registrados no existe diferencia entre la tarifa calculada por las aplicaciones y la verificada por la Secretaría Distrital de Movilidad. Esto implica que el sistema genera en los usuarios confiabilidad en la tarifa.

4.4. Comparación del parque automotor, parámetros operacionales y uso de plataformas tecnológicas

Con respecto al parque automotor de taxis y su renovación, los vehículos del piloto de taxis eléctricos son tipo camioneta y difieren notoriamente de las características de los vehículos que normalmente se adquieren al momento de reponer un taxi convencional, siendo la carrocería hatchback la de más demanda por parte de los propietarios de taxi. Posiblemente, esto se deba a la preferencia por la adquisición de taxis con bajo costo de inversión y costos de mantenimiento y combustible más baratos.

A continuación, se presentan las comparaciones entre los parámetros operacionales de los taxis eléctricos con respecto a los taxis convencionales, según lo reportado en el numeral 4.2.

Tabla 6. Comparación parámetros operacionales

Parámetro operacional	Piloto Taxis Eléctricos	Taxi convencional	Variación Taxi Eléctrico frente al Taxi convencional
Kilómetros recorridos por día	148,86	247,3	-39,80%
Kilómetros recorridos por día sin pasajero	52,05	65,58	-20,63%
Número de carreras diarias promedio	10,5	23,6	-55,50%
Kilómetros por cada carrera	10,0	7,7	-29,87%
Número de días permitidos para trabajar por mes	30	26	+15,38%
Kilómetros recorridos mensuales	4.466	6.430	-30,54%

Fuente: elaboración propia con base en datos reportados en este estudio

Según los resultados, los taxis eléctricos recorren en promedio 97,3 kilómetros menos que los taxis convencionales, corresponde a una diferencia de casi 40%. Según lo reportado por la marca BYD, este fenómeno no se debe a la capacidad de las baterías porque más del 80% de los vehículos alcanzan una autonomía de al menos 272 kilómetros por día (con carga completa). Algunos de los posibles factores que inciden en la diferencia de kilómetros recorridos son: el desconocimiento por parte de los usuarios en el reconocimiento de los taxis eléctricos en razón de su color, dudas por parte de los usuarios en la tarifa de un taxi eléctrico, la sectorización de los recorridos de los taxis eléctricos por la preferencia de los servicios en el aeropuerto y otros puntos fijos, y en las limitaciones geográficas de las zonas de recarga, que al momento de la elaboración de este informe se mantienen en cuatro puntos.

Otra posible razón de los recorridos diarios más cortos es la exención de la restricción a la circulación para los taxis eléctricos, según lo establecido en los Decretos Distritales 677 de 2011 y 630 de 2017. Los taxis eléctricos pueden trabajar siete días a la semana mientras que los taxis convencionales pueden operar solamente seis de ellos. Por consiguiente, al hacer el comparativo mensual, la diferencia de kilometraje promedio recorrido de los taxis eléctricos se reduce a 30% con respecto a los taxis convencionales.

Por otra parte, según el Sistema de Información y Registro de Conductores (SIRC) los taxis eléctricos cuentan con un promedio de 1,13 conductores activos por vehículo, mientras que para los taxis convencionales es de 1,08 conductores por vehículo. No obstante, estas cifras no reflejan lo reportado por los conductores y propietarios respecto a los turnos de trabajo, en especial para los taxis

convencionales porque este servicio tiene asociado dos turnos predominantes: uno en jornada diurna con un promedio de 15 horas y otro en jornada nocturna con un promedio de 12 horas. En contraste, se reporta que más del 70% de los taxis eléctricos operan en la franja horaria de 6 am a 8 pm, predominando la franja diurna. Para los taxis eléctricos se tiene un turno promedio de 14,5 horas frente al turno promedio de 14,1 horas del taxi convencional.

Igualmente, se analizó el cumplimiento de los requisitos de operación tanto para los vehículos eléctricos como para los convencionales de acuerdo al SIRC y al Registro de Tarjetas de Operación (RTO), teniendo ambos un comportamiento similar en todos los aspectos.

Tabla 7. Comparación datos SIRC

	Piloto taxis eléctricos		Taxis convencionales		Variación del índice por vehículo
	Total	Índice por vehículo	Total	Índice por vehículo	
Tarjetas de control expedidas	238	5,80	251.321	5,06	+0,74
Vehículos con Tarjeta de Operación activa (RTO)	41		49.625		
Vehículos históricos registrados (SIRC)	39	0,95	48.579	0,98	-0,028
Tarjetas de Control Activas (SIRC)	25	0,61	29.004	0,58	+0,025
Vehículos con Tarjeta de Control activa (SIRC)	22	0,54	25.914	0,52	+0,014
Conductores históricos registrados	62	1,59	68.870	1,42	+0,172
Conductores activos	25	0,40	27.927	0,40	-0,002
Conductor activo /vehículo activo	1,13		1,08		

Fuente: Elaboración propia a partir de información de SIRC y RTO a corte junio 10 de 2019
*2019 incluye datos parciales

Según las estadísticas sobre la cantidad de vehículos registrados en el SIRC, el 95% de los taxis eléctricos se encuentran registrados frente a un 98% de los taxis convencionales. Igualmente, no hay una diferencia porcentual mayor a 2% entre los taxis eléctricos y los taxis convencionales con respecto al total de los vehículos activos.

Por último, con respecto a las plataformas tecnológicas para la prestación del servicio de taxi, los propietarios de los vehículos del piloto de taxis eléctricos reportan una penetración del 91%, mientras

que el 93% reporta tener un plan de datos para prestar el servicio. Estos valores son 19,7% y 17% mayores en comparación con los taxis convencionales, respectivamente.

El número promedio de dispositivos inteligentes disponibles que tienen los taxis eléctricos para la prestación del servicio es de 1,4 con respecto al 1,2 reportado por los taxis convencionales. Es importante destacar que mientras el 23% de los propietarios de los taxis convencionales reportan no tener ningún dispositivo inteligente en sus vehículos, todos los participantes del piloto tienen al menos uno.

Tabla 8. Comparación de la disponibilidad de plataformas tecnológicas

Parámetro	Piloto de taxis eléctricos	Taxi convencional	Variación
Uso de plataformas tecnológicas para prestar servicio de taxi	91%	71%	+20%
Número promedio de dispositivos inteligentes por vehículo	1,4	1,2	+14,3%
Plan de datos disponible para prestar el servicio	93%	76%	+17%

Fuente: Elaboración propia con base en encuestas hechas a conductores de taxi en junio y julio de 2019.

5. Siniestralidad y seguridad vial de taxis eléctricos frente a los taxis convencionales

Para el análisis de siniestralidad, se tuvo en cuenta el periodo desde inicio del año 2017 hasta abril de 2019, por gravedad de siniestro. Para esto se realizó un cruce por placas con la base de datos de siniestros (SIGAT II) de la Secretaría Distrital de Movilidad y la base del Registro de Tarjetas de Operación (RTO). Los datos de salida muestran que cuando se evalúa de manera absoluta en relación al total de la flota para taxis convencionales y eléctricos respectivamente, estos últimos están teniendo en proporción una mayor tasa de siniestros.

Para el periodo de estudio analizado, el sistema de taxis convencional presenta un total de siniestros de 17.984 con respecto a una flota de 49.625 vehículos, mientras que los taxis eléctricos presentaron un total de 17 siniestros con una flota de 43 taxis, la tasa de siniestros es de 0,362 y 0,415 respectivamente.

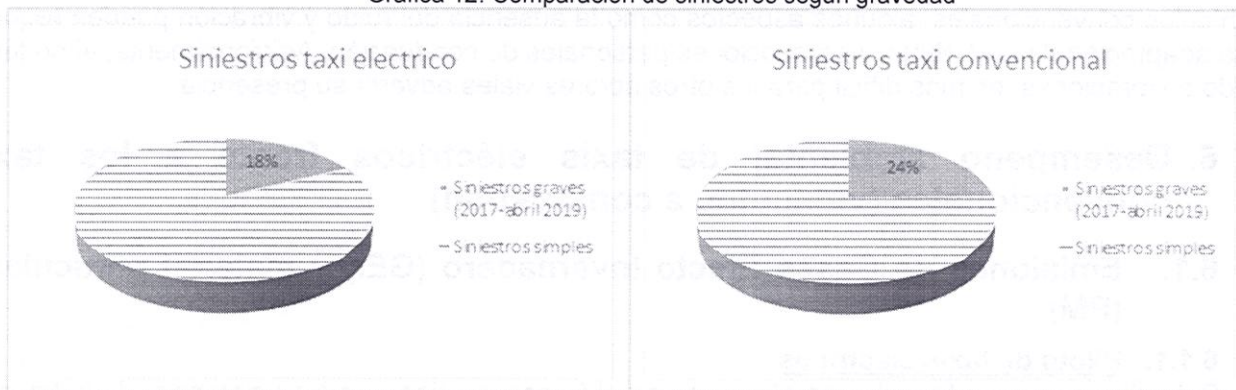
Tabla 9. Comparación tasa de siniestros totales

	Piloto de taxis eléctricos	Taxi convencional
Siniestros totales (2017 a 2019*)	17	17.984
Tasa de siniestros ⁸	0,415	0,362

Fuente: elaboración propia con base en SIGAT II y RTO a corte 30 de abril de 2019

Teniendo en cuenta la gravedad de los siniestros se evidencia que la tasa de siniestros graves es mayor para los taxis convencionales. En la siguiente gráfica se presenta el comportamiento diferenciado entre taxis eléctricos y taxis convencionales con respecto a siniestros viales, según su gravedad.

Gráfica 12. Comparación de siniestros según gravedad



Fuente: Fuente: elaboración propia con base en SIGAT II y RTO a corte abril 30 de 2019

Respecto a la tasa de siniestros graves (siniestros donde hay fallecidos y/o lesionados), los taxis eléctricos han presentado una menor tasa de involucramiento con respecto a los taxis convencionales. En general se han presentado 0,016 siniestros menos por cada vehículo (para el período enero de 2017 y abril de 2019). No obstante, para los siniestros simples, los taxis eléctricos presentan una tasa de siniestros por vehículo de 0,067 mayor que los taxis convencionales. Esto quiere decir que, en promedio, cada taxi eléctrico ha sufrido más siniestros simples que cada taxi convencional. Lo anterior genera costos asociados a repuestos y reparaciones de los vehículos, además de pagos por daños a terceros.

Tabla 10. Comparación tasa de siniestros por gravedad

	Piloto de taxis eléctricos	Taxi convencional	Variación
Siniestros graves (2017 – 2019*)	3	4.407	

⁸ Cantidad de siniestros registrados normalizada por el total de vehículos

	Piloto de taxis eléctricos	Taxi convencional	Variación
Siniestros simples	14	13.587	
Tasa siniestros graves	0,073	0,089	-0,016
Tasa siniestros simples	0,341	0,274	+0,067

Fuente: Elaboración propia con base en SIGAT II y RTO a corte abril 30 de 2019
*2019 incluye datos parciales

El hecho de que los taxis eléctricos tengan una tasa mayor de siniestros simples puede ocasionarse por la curva de aprendizaje de los conductores en relación a la tecnología eléctrica. Si bien el piloto lleva en operación siete años, los conductores deben aprender características técnicas y tecnológicas de los vehículos eléctricos, las cuales difieren de los vehículos a de combustión convencionales. Ya que los vehículos eléctricos no tienen diferencias especiales en las cabinas en comparación con los vehículos convencionales, algunos aspectos como la ausencia del ruido y vibración pueden requerir una adaptación de los hábitos y percepciones personales de conducción. Adicionalmente, al no tener ruido o vibraciones, es más difícil para los otros actores viales advertir su presencia.

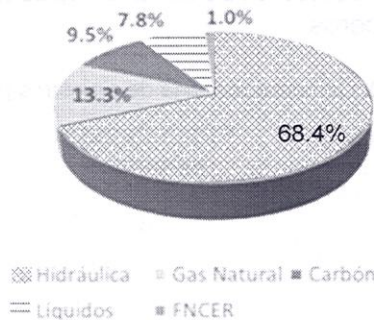
6. Desempeño ambiental de taxis eléctricos frente a los taxis convencionales (vehículos a combustión)

6.1. Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) y material particulado (PM)

6.1.1. Piloto de taxis eléctricos

En Colombia el uso de tecnologías eléctricas en el transporte tiene un gran potencial de mitigación de impacto ambiental debido a que la matriz de generación eléctrica del país es limpia cuando se compara con la de otros países de la región: cerca del 70% de la capacidad instalada proviene de generación hidráulica. Esto permite que la masificación de la energía eléctrica en el transporte pueda convertirse en una herramienta para mitigar y evitar emisiones de gases de efecto invernadero y material particulado teniendo en cuenta que la electro-generación proviene en su mayoría de hidroeléctricas.

Gráfica 13. Matriz de la capacidad de generación eléctrica en Colombia



Fuente: Elaboración a partir de datos del Banco Interamericano de Desarrollo, 2019

Además de utilizar fuentes de energía limpia, los taxis eléctricos no generan emisiones al circular, por lo cual se consideran vehículos cero emisiones contaminantes en ruta. Este tipo de vehículos se define como: aquel que para generar tracción no produce de manera directa la emisión de gases provenientes de la quema de combustibles fósiles y su emanación por un tubo de escape⁹.

Durante la implementación del piloto de taxis eléctricos no se puede hablar de una mitigación de emisiones debido a que esta flota es adicional al parque automotor que ya operaba, por esto los beneficios ambientales en términos de emisiones material particulado y ruido deben ser expresadas como emisiones evitadas. A continuación, se presenta el número de emisiones evitadas por kilómetro recorrido y el total desde el inicio del piloto en 2013 hasta 2019.

Tabla 11. Emisiones evitadas por la implementación del piloto de taxis eléctricos

Emisiones de GEI/km	250g CO ₂ /Km
Emisiones de PM/km	0,003g PM/Km
Km recorridos por la flota de taxis eléctricos	13.400.000 Km
Emisiones de GEI evitadas 2013-2019	3.350 Ton de CO ₂
Emisiones de PM evitadas 2013-2019	40,2 Kg de PM

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, en Bogotá las fuentes móviles aportan el 60% de la contaminación auditiva, mientras que el 40% corresponde a las fuentes fijas. Aunque no se cuentan con estimados específicos de reducción de emisiones sonoras por la implementación del piloto de taxis eléctricos, la tecnología eléctrica reduce el ruido de los vehículos ya que no realiza procesos de combustión.

6.1.2. Sistema de taxis convencional

El servicio de taxis tiene un impacto ambiental asociado a dos factores principales: el uso de combustibles fósiles y la cantidad de kilómetros recorridos. De manera normalizada, cada viaje hecho en taxi presenta emisiones más altas en comparación con viajes hechos en vehículos privados, considerando que a los primeros se debe sumar las emisiones generadas durante los recorridos en vacío.

Según estimaciones de la Secretaría Distrital de Ambiente en el Inventario de Fuentes Móviles 2016, el parque automotor de taxis tiene una distribución por energético de 35% gasolina, 65,9% gas natural vehicular y 0,01% electricidad. El sector transporte emite 1.205 toneladas de material particulado cada año, de las cuales los taxis aportan cinco toneladas de PM₁₀ cada año. En consecuencia, la flota de taxis, pese a que contribuye a las emisiones de material particulado en Bogotá, no es el servicio con mayor participación.

⁹ "Consideraciones técnicas y de mercado para la incursión progresiva de tecnologías vehiculares de cero emisiones contaminantes en ruta en el sector taxis de Bogotá" SDA, 2015

No obstante, en términos de gases de efecto invernadero, los taxis cobran una gran relevancia. Por su tipo de operación y la cantidad de kilómetros recorridos en la ciudad, este servicio aporta el 8,4% de las emisiones de CO₂ siendo solamente el 2,25% de los vehículos que circulan diariamente. Existe una oportunidad importante para mitigar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con los taxis a través de la reconversión tecnológica y las mejoras operativas del servicio, las cuales redunden en la disminución de kilómetros recorridos en vacío y la optimización de las rutas.

6.2. Eficiencia energética

La tecnología vehicular de motorización eléctrica es más eficiente que la de combustión, ya que convierten aproximadamente el 60% de la energía proporcionada por un enchufe en movimiento de las ruedas, mientras que los de gasolina sólo convierten entre un 17% y un 21% de la energía de la gasolina.¹⁰

6.3. Comparación de indicadores ambientales

En general, los taxis eléctricos tienen indicadores de eficiencia energética más altos que los taxis a combustión, lo cual indica que, por cantidad de energético consumido, estos vehículos estén en la capacidad de recorrer más distancias. Igualmente, al no tener tubos de escape, las emisiones directas de la operación de un vehículo eléctrico en la prestación del servicio de transporte público individual son nulas, evitando en un 100% las emisiones que un taxi convencional a combustión tendría, la siguiente tabla resume la información.

Tabla 12. Comparativo de parámetros ambientales

Ítem	Taxi convencional	Piloto de taxis eléctricos
Número de kilómetros diarios	247.3	150
Número de emisiones de CO ₂ /año/ vehículo	22,6 Ton	0,0 Ton
Número de emisiones de PM/ año / vehículo	278 g	0,0 g
Tasa de aprovechamiento de la energía consumida (eficiencia energética) . ¹¹	19%	60,5%
Residuos potencialmente peligrosos derivados de la operación	- Lubricantes - filtros de combustible - filtros de aire y otros	Ninguno

Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que, al no tener la necesidad de reemplazar periódicamente elementos de mantenimiento asociados con los motores a combustión, los vehículos eléctricos reducen la cantidad de residuos provenientes del uso y cambio de aceites de motor, filtros de aire y combustible, entre otros.

¹⁰ Tomado en octubre de 2015 de: Electric Vehicles. www.fueleconomy.gov. Energy Efficiency & Renewable Energy – US Department of Energy. Office of Transportation & Air Quality – US Environmental Protection Agency

¹¹ Tomado en Junio de 2018 de: Presentación de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Unidad de Planeación Minero Energética (UPME),

7. Aspectos financieros de taxis eléctricos frente a los taxis convencionales (vehículos a combustión)

A continuación, se presenta un análisis de la canasta de costos específica para los vehículos del piloto de taxis eléctricos y para taxis convencionales y una relación del ingreso promedio que cada uno de los segmentos presenta. Para estimar la canasta de costos se consideran elementos según lo dispuesto por la Resolución 4350 de 1998 del Ministerio de Transporte. Sin embargo, dichos parámetros se usan como una referencia y no constituyen un análisis tarifario de taxis¹².

7.1. Canasta de costos taxis eléctricos

7.1.1. Energía eléctrica

Para el cálculo del costo del consumo de energía es necesario determinar la eficiencia energética de la flota eléctrica que presta el servicio de transporte público individual y el precio por unidad. Codensa y BYD reportan los rendimientos para los vehículos eléctricos que operan en el servicio de taxi en un valor de 3,5 km/kWh.

Para la información de precios, se tomó como fuente la información oficial del precio de referencia para Bogotá D.C. de la energía eléctrica para el sector comercial, vigente para junio de 2019, según información de la Comisión de Regulación de Energía y Gas. Como resultado, el precio por kilovatio hora consumido se fijó en \$624.56. Esto quiere decir que el costo del consumo de energía para un taxi eléctrico es de \$803.005 al mes.

7.1.2. Lubricante

El costo de lubricante para los vehículos eléctricos es cero \$ 0.00. La tecnología vehicular de motorización eléctrica, aumenta la eficiencia energética y no requiere la utilización de aceites lubricantes de motor, filtros de combustible y filtros de aire, entre otros.

7.1.3. Llantas

Para el costo de las llantas se asume el un valor unitario, unidades y frecuencia de cambio de los distintos ítems del componente de llantas reportado por BYD, que incluye los valores para llantas, monta llantas, balanceo, rectificación de rines y alineación de dirección. Este valor en los taxis eléctricos es de \$119.688 mensual.

7.1.4. Mantenimiento

Con base en la información reportada por los taxis del piloto se calculó de manera aproximada el costo promedio que asumen los propietarios en el mantenimiento preventivo de los vehículos eléctricos. De acuerdo con las respuestas, se estima un valor de \$2.914.706 para el mantenimiento anual de los vehículos eléctricos, lo que significa un valor mensual de \$242.892.

7.1.5. Salarios y prestaciones

Se asume la cantidad de salarios pagados a los conductores con base en la tasa de conductores por cada vehículo eléctrico y el salario mínimo mensual vigente. El valor mensual por concepto de salarios es de \$937.490.

En tanto, las prestaciones sociales son estimadas en el 72,97% del salario reconocido, según consta en la Tabla 23. El valor mensual de las prestaciones es de \$684.115.

¹² Los precios de la canasta de costos tanto de los taxis eléctricos como de los convencionales corresponden a valores de 2018 de tal manera que sean comparables entre ellos y con el último estudio tarifario de taxis convencionales. Estudio DESS-T-007-2018.

Tabla 13. Carga prestacional para 2018

Prestaciones sociales	Carga prestacional
Cesantías	8,33%
Interés sobre cesantías	1,00%
Vacaciones	4,17%
Prima de servicios	8,33%
Aportes Salud	8,50%
Aportes Pensión	12,00%
Parafiscales	9,00%
Caja 4%	
ICBF 3%	
SENA 2%	
Dotación personal	6,00%
ARL	4,35%
Subsidio de transporte	11,29%
Total	72,97%

Fuente: Elaboración SDM – DESS (2018)

7.1.6. Impuestos

Este rubro se encuentra conformado por el valor del registro inicial, las revisiones técnico-mecánicas obligatorias y preventivas, la renovación de la tarjeta de operación, el impuesto sobre vehículos y la contribución por semaforización.

El valor de los trámites correspondientes al registro inicial y a la renovación de la tarjeta de operación se actualizaron con los datos vigentes de la concesión SIM de la Secretaría Distrital de Movilidad.

El valor de la revisión técnico-mecánica corresponde a una media aritmética de los precios publicados por la Superintendencia de Puertos y Transporte para todos los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA) de Bogotá. Por su parte, el valor de la revisión técnico-mecánica preventiva corresponde a cotizaciones a CDA autorizados por el Ministerio de Transporte ubicados en Bogotá, y comprende el mínimo de seis revisiones bimensuales al año, según lo estipulado en la Resolución 315 de 2013 y Resolución 378 de 2013 del Ministerio de Transporte.

El valor correspondiente a la contribución anual por semaforización corresponde a información suministrada por la Secretaría Distrital de Hacienda y equivale a dos salarios diarios mínimos legales vigentes, valor cancelado junto con el impuesto sobre vehículos. El valor de este último corresponde al 0,5% de la base gravable para el año fiscal 2018 determinada por el Ministerio de Transporte para el vehículo representativo para el vehículo de taxis eléctricos. El costo mensual por concepto de impuestos para los taxis eléctricos es de \$57.802.

Tabla 14. Costo de impuestos, por tipo de impuesto

Impuesto	Valor anual
Impuesto sobre vehículos	\$ 240.500
Revisión técnico mecánica obligatoria de taxi	\$ 187.505
Revisión técnico mecánica preventiva	\$ 150.000
Registro inicial	\$ 386.200
Renovación de tarjeta de operación	\$ 25.000
Semaforización	\$ 52.000
Total	\$1.041.005

Elaboración: SDM-DIM, 2019

7.1.7. Seguros

El costo de los seguros de un taxi eléctrico para 2018 es de \$4.688.616. El valor del SOAT (Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito) usado para el cálculo se definió teniendo en cuenta la Circular 032 de 2009 de la Superintendencia Financiera de Colombia, la cual establece que la tarifa máxima anual que se puede cobrar para un vehículo eléctrico es la que corresponde a la determinada por el menor cilindraje dentro de su categoría. Los valores usados para el cálculo se presentan en la Tabla 15. El costo mensual por concepto de seguros para el taxi eléctrico es de \$390.718.

Tabla 15. Costo de seguros

Seguro	Valor anual
SOAT	\$ 371.100
Seguros contractual y extracontractual	\$ 690.000
Seguro contra todo riesgo	\$3.626.916 ¹³

Elaboración: SDM-DIM, 2019

7.1.8. Costos de capital

El valor del costo de capital está regulado por la Resolución 4350 de 1998 del Ministerio de Transporte, la cual, en su Artículo 3, Numeral 5.3, modificado por la Resolución 392 de 1999, establece que el costo de capital anual se calculará con base en la siguiente fórmula:

$$CK \text{ anual} = \frac{(Va \times (1+r)^n \times r) - (Vs \times r)}{(1+r)^n - 1}$$

Donde:

CK: Costo de capital

Va: Valor comercial del vehículo para el año de estudio

n: Vida útil del vehículo

Vs: Valor de salvamento (30% del Va)

¹³ Aspectos y consideraciones para la masificación de taxis eléctricos en la ciudad de Bogotá, Codensa 2014, actualizado con valor del IPC a noviembre de 2018

La misma Resolución divide el costo de capital anual en dos componentes: la rentabilidad (R) y la recuperación de capital (RC). La primera está definida como:

$$R = Va \times 0.70 \times r$$

Mientras que la recuperación de capital está definida como:

$$RC = CK - R$$

Adicionalmente, se define el cálculo de la tasa de interés real como:

$$r: \text{Tasa de interés real} = \frac{1 + K}{1 + f} - 1$$

Para el caso en cuestión, la tasa anual promedio de colocación fue de 12,23% y la inflación corrida anual fue de 3,38%¹⁴, resultando en una tasa de interés real de 8,56%. Para los parámetros del costo de capital se utilizó un valor comercial del vehículo de \$48.100.000¹⁵ y se asumió una vida útil de 15 años, según lo expuesto anteriormente. Esto da como resultado un costo de capital anual de \$5.305.574.

7.2. Canasta de costos de taxi convencional

7.2.1. Combustible

Para el cálculo del costo de combustible es necesario determinar la eficiencia energética de la flota que presta el servicio de TPI y el precio por unidad.

Para la gasolina, Rodríguez & Acevedo (2012) reportan los rendimientos de este tipo de combustible para cinco (5) líneas de vehículos, que representan más del 50% de los vehículos con tarjeta de operación vigente. Así, calculando el promedio ponderado para estos vehículos, se asume un rendimiento de 44 km/galón. La Tabla 16 presenta los datos de rendimiento para las líneas analizadas.

Tabla 16. Rendimiento de combustible según marca y línea

Marca y línea	Rendimiento (km/galón)
Chevrolet 7/24	50,48
Daewoo Lanos	42,72
Chevrolet Spark	44,96
Hyundai Atos	50,58
Hyundai Gyros	41,93

Fuente: Rodríguez & Acevedo (2012)

¹⁴ Los datos de inflación y tasa de interés de colocación (sin tesorería) fueron tomados de las estadísticas del Banco de la República, con corte a noviembre de 2018.

¹⁵ Se toma como referencia la base gravable según el Ministerio de Transporte para el año fiscal 2018 para el BYD E6 2012.

Con respecto al rendimiento del gas natural vehicular, en oficio enviado a la Secretaría Distrital de Movilidad por la Secretaría Distrital de Ambiente en 2013, se informó que los vehículos convertidos a gas tienen un rendimiento de 15 km/m³.

Para la información de precios, se tomó como fuente la información oficial del precio de referencia para Bogotá D.C. de la gasolina corriente, vigente desde el 10 de noviembre de 2018, según información del Ministerio de Minas y Energía. Para el gas natural vehicular se tomó como fuente la información reportada por Vanti (antes Gas Natural Fenosa) al 30 de noviembre de 2018, según su página web. Como resultado, el precio por galón de la gasolina corriente se fijó en \$9.560 y el precio por metro cúbico del gas natural vehicular en \$1.472.

Puesto que el parque automotor hace uso de dos combustibles, el costo del combustible será el resultante de la media ponderada del costo por tipo de combustible y el porcentaje de vehículos que hacen uso de cada combustible, de acuerdo con lo expuesto en la Tabla 17. Adicionalmente, se reconoce el valor de conversión a gas natural vehicular, cotizado en promedio en \$1.046.667 para estos vehículos (sistema de conversión con tecnología convencional). El costo por concepto de combustible para los taxis convencionales es de 1.192.223 al mes.

Tabla 17. Costo de combustible

Combustible	Valor Unitario	% vehículos operando por tipo de combustible*	Rendimiento (km/Galón o km/m ³)
Gasolina (galón)	\$ 9.560	73%	44
Gas (metros cúbicos)	\$ 1.472	27%	15

Valor conversión a GNV	\$1.046.667	27%	\$8.722*
------------------------	-------------	-----	----------

* Corresponde al costo mensual (suponiendo 10 años de vida útil del vehículo)
Fuente: Elaboración SDM – DESS (2018)

7.2.2. Lubricante

El costo de lubricante resultante para taxi convencional es de \$ 182.844 al mes. La siguiente tabla presenta los resultados por insumo.

Tabla 18. Costos de lubricante, por insumo

Lubricante	Valor Unitario	Número de unidades	Valor total	Frecuencia de cambio (km)
Aceite motor	\$ 19.641	5	\$ 98.204	5.000
Filtro aceite	\$ 10.555	1	\$ 10.555	5.000
Aceite caja	\$ 17.853	1	\$ 17.853	12.500
Filtro del combustible	\$ 19.783	1	\$ 19.783	10.000
Filtro del aire	\$ 15.559	1	\$ 15.559	5.000



Lubricante	Valor Unitario	Número de unidades	Valor total	Frecuencia de cambio (km)
Aditivo lubricante	\$ 13.346	1	\$ 13.346	80.000

Fuente: Elaboración SDM – DESS (2018)

7.2.3. Llantas

El costo de llantas resultante en 2018 para un taxi convencional es de \$100.981 mensual. La siguiente tabla presenta los resultados por insumo.

Tabla 19. Costo por kilómetro de llantas, por insumo

Llantas	Valor Unitario	Número de unidades	Valor total	Frecuencia de cambio (km)
Llantas	\$ 108.975	4,5	\$ 490.387	50.000
Montallantas (pinchadas)	\$ 7.889	12	\$ 94.667	50.000
Balanceo	\$ 19.912	3	\$ 59.735	50.000
Rectificación de rines	\$ 16.974	4,5	\$ 76.382	50.000
Alineación de dirección	\$ 21.364	3	\$ 64.091	50.000

Fuente: Elaboración SDM – DESS (2018)

7.2.4. Mantenimiento

Se actualizó el valor global reconocido por concepto de mantenimiento preventivo y correctivo de 2017, de acuerdo con la variación del IPC entre junio de 2017 y noviembre de 2018, lo que resultó en un valor global mensual de \$738.628.

7.2.5. Salarios y prestaciones

Se actualizó el valor global del salario con el incremento autorizado para el salario mínimo de 2018, de 5,9%. El valor mensual reconocido para este año para un taxi convencional es de \$1.501.032.

En tanto, las prestaciones sociales son estimadas en el 72,97% del salario reconocido, al igual que lo mostrado para el caso del taxi eléctrico. El valor mensual de las prestaciones es de \$1.095.348.

7.2.6. Impuestos

Los datos sobre valor del registro inicial, las revisiones técnico-mecánicas obligatorias y preventivas, la renovación de la tarjeta de operación y la contribución por semaforización se mantienen igual que lo explicado en el numeral de costos de impuestos para taxis eléctricos.

El valor del impuesto sobre vehículos corresponde al 0,5% de la base gravable para el año fiscal 2018 determinada por el Ministerio de Transporte para el vehículo representativo para la tarifa sin factor de calidad (Hyundai Atos Prime GL modelo 2011). El costo mensual por concepto de impuestos para un taxi convencional es de \$40.902.

Tabla 20. Costo de impuestos, por tipo de impuesto

Impuesto	Valor anual
Impuesto sobre vehículos	\$ 37.700

Impuesto	Valor anual
Revisión técnico mecánica obligatoria de taxi	\$ 187.505
Revisión técnico mecánica preventiva	\$ 150.000
Registro inicial	\$ 386.200
Renovación de tarjeta de operación	\$ 25.000
Semaforización	\$ 52.000

Elaboración: SDM-DIM, 2019

7.2.7. Seguros

El costo de los seguros para un taxi convencional es de \$210.142 al mes. Para el cálculo del costo del rubro de los seguros contractual, extracontractual y todo riesgo se consultó a las empresas de servicio público de transporte de pasajeros en vehículos tipo taxi, toda vez que es responsabilidad de las éstas que los vehículos que se encuentren afiliados cuenten con dichos seguros. El valor del SOAT, por su parte, se obtuvo directamente de los valores autorizados para 2018 por la Superintendencia Financiera. Estos valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 21. Costo de seguros

Seguro	Valor anual
SOAT	\$ 371.700
Seguros contractual y extracontractual	\$ 690.000
Seguro contra todo riesgo	\$ 1.460.000

Fuente: Elaboración SDM – DESS (2018)

7.2.8. Costos de capital

El valor del costo de capital de un taxi convencional se estimó de la misma forma que para el caso de taxi eléctrico. Para el caso en cuestión, la tasa anual promedio de colocación fue de 12,23% y la inflación corrida anual fue de 3,38%, resultando en una tasa de interés real de 8,56%. Para los parámetros del costo de capital se utilizó un valor comercial del vehículo de \$7.540.000 y una vida útil de 10 años. Esto da como resultado un costo de capital anual de \$1.000.366.

7.3. Canasta de costos común para taxi eléctrico y taxi convencional

7.3.1. Servicios de estación

El costo de los servicios de estación resultante para taxis es de \$380.076 al mes. La siguiente tabla presenta los resultados de los costos por servicio.

Tabla 22. Costo de servicios de estación, por servicio

Servicio	Valor Unitario	Valor total
Lavado general	\$ 31.333	\$ 31.333
Lavado parcial	\$ 12.327	\$ 320.500
Otros servicios de lavado	\$28.243	\$ 28.243

Fuente: SDM-DIM, 2019

7.3.2. **Garaje**

El servicio de garaje diario ascendió a \$6.000 diarios. Se hace el supuesto de ser usado los 30 días al mes, con un costo resultante de \$180.000 mensual.

7.3.3. **Gastos de administración y telecomunicaciones**

El costo para 2019 por estos conceptos es de \$181.459. Con respecto al rubro de telecomunicaciones, en el marco de la modernización del sistema de transporte público individual y según lo estipulado por el Decreto Distrital 456 de 2017 “Por medio del cual se implementa el uso de plataformas tecnológicas para el reporte de la información del servicio de Transporte Público Terrestre Automotor Individual de Pasajeros en el nivel básico en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones” y por el Decreto Distrital 568 de 2017 “Por medio del cual se establecen las tarifas para el servicio público de transporte automotor individual de pasajeros en el nivel básico en vehículos tipo taxi en Bogotá, D.C., se fijan las condiciones para el reconocimiento del factor de calidad del servicio y se dictan otras disposiciones”, se consideran los costos del uso de la plataforma tecnológica, los costos del plan de datos y del hardware asociado (instalación y pantalla táctil para el usuario y teléfono inteligente para el conductor).

Para el valor de la aplicación móvil y el plan de datos se consideró el costo actual en el que incurren los conductores que ya implementaron el sistema de cobro por plataforma tecnológica, según un sondeo realizado a empresas y conductores que hacen uso ya del nuevo sistema.

El costo del hardware se refiere a los costos de la pantalla táctil (para uso del pasajero), del teléfono inteligente (para uso del conductor) y de la instalación de la pantalla táctil en el asiento del pasajero. Para conocer estos costos se preguntó a las empresas que ofrecen soluciones tecnológicas para la implementación y a los conductores de taxi. En total, para hardware se reconoce un costo de adquisición de los equipos de \$1.068.455 (\$595.355 la pantalla táctil con la instalación y \$473.100 el teléfono inteligente, en promedio), con un periodo de obsolescencia de la tecnología de dos años.

Tabla 23. Costo de los gastos de administración y telecomunicaciones

Ítem	Valor mensual
Administración	\$ 46.773
Telecomunicaciones	\$ 134.686
<i>Aplicación móvil</i>	<i>\$ 35.167</i>
<i>Plan de datos y voz</i>	<i>\$ 55.000</i>
<i>Hardware</i>	<i>\$44.519</i>

Elaboración: SDM-DIM, 2019

7.4. Comparación canasta de costos

Tabla 24. Comparación de canasta de costos para un taxi eléctrico y un taxi convencional

Estructura de costos mensuales	Taxis eléctricos		Taxis convencionales		Variación
	Costos mensuales	% entre el costo total	Costos mensuales	% entre el costo total	
Costos variables	\$ 3.167.266	71,7%	\$ 5.191.132	88,2%	-39,0%
Combustible/Energía	\$ 803.005	18,2%	\$ 1.192.223	20,3%	-32,6%
Lubricantes	\$ 0	0,0%	\$ 182.844	3,1%	-100,0%
Llantas	\$ 119.688	2,7%	\$ 100.981	1,7%	18,5%
Mantenimiento	\$ 242.892	5,5%	\$ 738.628	12,5%	-67,1%
Salarios	\$ 937.490	21,2%	\$ 1.501.032	25,5%	-37,5%
Prestaciones	\$ 684.115	15,5%	\$ 1.095.348	18,6%	-37,5%
Servicios de estación	\$ 380.076	8,6%	\$ 380.076	6,5%	0,0%
Costos fijos total	\$ 809.979	18,3%	\$ 612.503	10,4%	32,2%
Garaje	\$ 180.000	4,1%	\$ 180.000	3,1%	0,0%
Impuesto	\$ 57.802	1,3%	\$ 40.902	0,7%	41,3%
Seguros	\$ 390.718	8,8%	\$ 210.142	3,6%	85,9%
Administración y telecomunicaciones	\$ 181.459	4,1%	\$ 181.459	3,1%	0,0%
Costos de capital	\$ 442.131	10,0%	\$ 83.364	1,4%	430,4%
Total costos mes	\$ 4.419.376		\$ 5.886.999		-24,9%

Fuente: elaboración propia con base en datos reportados en este estudio

Con respecto a los resultados del análisis comparativo de la canasta de costos de los taxis eléctricos frente a los taxis convencionales se evidencia que en general el costo total mensual de los primeros es en promedio 25% más bajo con respecto a los segundos. Sin embargo, los costos de capital y los costos fijos son más altos para los taxis eléctricos, esto se debe principalmente a la gran diferencia entre el costo del vehículo y a que los seguros e impuestos de los vehículos eléctricos se incrementan debido a su tipología.

Los rubros en los que el vehículo eléctrico es más competitivo con respecto al taxi convencional son la energía, los lubricantes y el mantenimiento. Estos resultados coinciden con la literatura e informes anteriores similares en donde se reporta que los costos de mantenimiento y de energía son más bajos que para un vehículo a combustión. Los vehículos eléctricos no tienen necesidad de hacer cambios de aceite, lubricantes, filtros de combustible, etc. Igualmente, el costo del energético (electricidad o gasolina/gas) es en promedio 32% menor en un taxi eléctrico (tecnología BYD I6 del piloto de taxis eléctrico) en comparación con un taxi convencional a gas o gasolina. Lo anterior de acuerdo con la

eficiencia energética reportada por Enel y BYD en sus informes y reportes de operación del piloto de taxis eléctricos.

Algunos rubros son más altos para los vehículos eléctricos, y reflejan preliminarmente los retos que esta tecnología enfrenta para su masificación. La carga impositiva es un desincentivo para la adquisición de un vehículo eléctrico, entendiéndose que tienen un costo de referencia en el mercado superior al que tienen los taxis convencionales, por lo cual se ven obligados a cancelar una tarifa de impuesto de rodamiento 41,3% superior al pago que está obligado un taxi convencional a combustión.

La razón principal de la diferencia en los costos es el costo de capital que difiere de forma importante entre los dos tipos de taxis estudiados. Mientras que el costo de capital anual de un taxi convencional es de \$1.000.366 (con una vida útil de diez años), el costo de capital anual de un taxi eléctrico del piloto es de \$5.348.339 (con una vida útil de 15 años). lo que significa que es 5,34 veces el costo de capital anual del primero. Si se analiza esta información en porcentaje el costo de capital 430% más alto para un taxi eléctrico que para un taxi convencional, incluso considerando sus cinco años de vida útil adicionales.

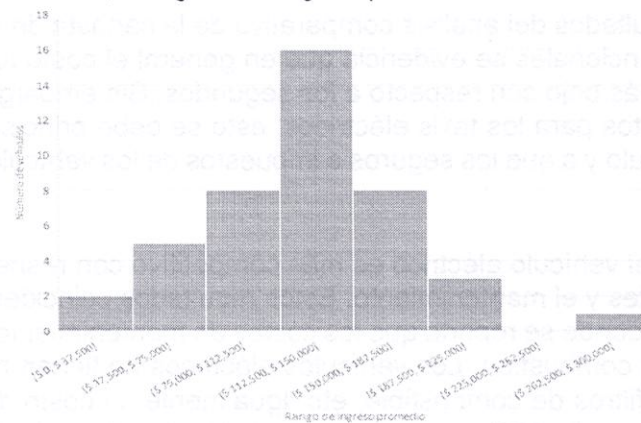
7.5. Ingreso promedio

7.5.1. Piloto de taxis eléctricos

Según la información reportada por los propietarios de los taxis eléctricos mediante la encuesta de seguimiento de junio de 2019, se reportó que en promedio los taxis eléctricos realizan 10,5 carreras al día. Con base en la información reportada de ingreso promedio, se puede concluir que la tarifa promedio por carrera que cobra un taxi del piloto de taxis eléctricos es de \$13,659, Los datos estimados para valor por carrera en taxi eléctrico varían desde \$4.000 hasta \$25.000.

Según la información reportada por los propietarios de los taxis eléctricos mediante la encuesta de seguimiento de junio de 2019, se evidenció que estos tienen un ingreso promedio diario de \$129.372. La distribución por ingreso se muestra a continuación:

Gráfica 14, Histograma de ingreso promedio de taxis eléctricos



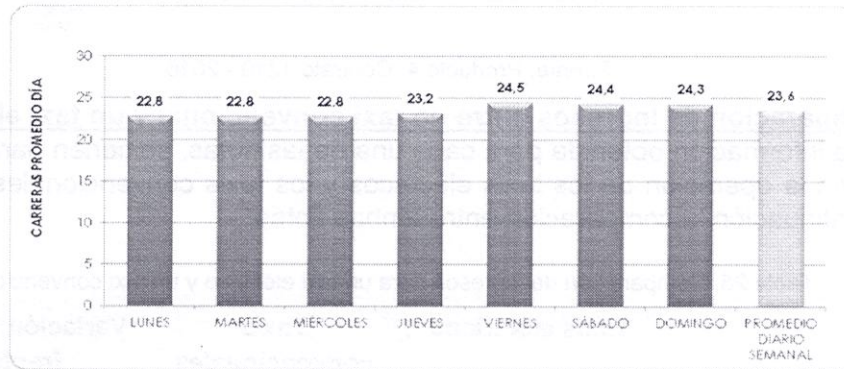
Fuente: elaboración propia con base en encuesta de seguimiento de junio de 2019

Cabe señalar que, al estar exceptuados de pico y placa, estos vehículos tienen la libertad de operar todos los días de la semana, teniendo el potencial de aumentar sus ingresos en el mes. Sin embargo, según las respuestas de los propietarios de los vehículos eléctricos a través de la encuesta de seguimiento se reporta que en su mayoría los vehículos eléctricos no operan en día domingo, el 13% de ellos reportaron trabajar de lunes a viernes y 67% reportó trabajar de lunes a sábado, siendo el 80% de los taxis eléctricos que reportan no operar en día domingo.

7.5.2. Sistema de taxis convencionales

Según la información reportada en el producto 4 de la consultoría del contrato 1210 de 2016, se reportó que en promedio los taxis convencionales realizan 23,6 carreras al día, presentándose la siguiente distribución semanal:

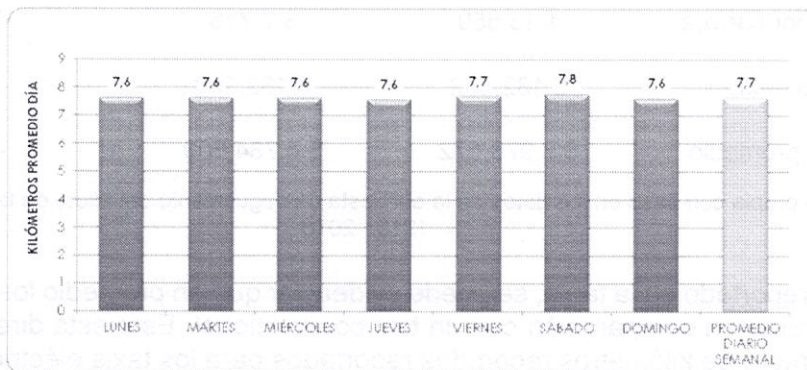
Gráfica 15, Ingreso promedio de taxis convencionales



Fuente: Producto 4, Contrato 1210 - 2016

De acuerdo a la misma información, se encontró que, en promedio, la longitud de la carrera en vehículos convencionales es aproximadamente de 7,7 kilómetros. Este análisis se encuentra especificado para distribución semanal de la siguiente manera:

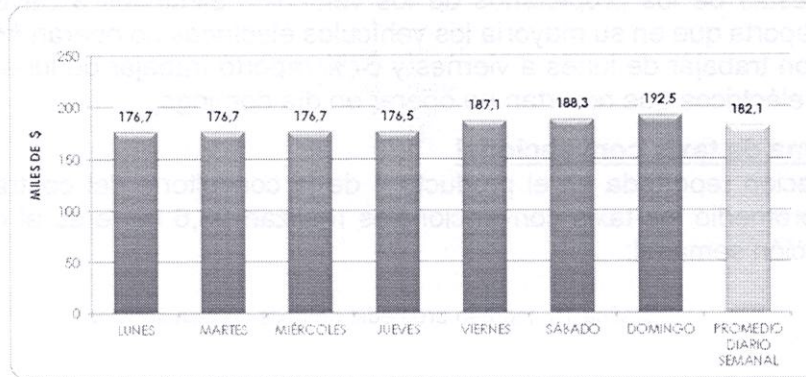
Gráfica 16, Distancia promedio de carreras diarias en taxis convencionales



Fuente: Producto 4, Contrato 1210 - 2016

Según la información reportada el producto 4 de la consultoría del contrato 1210 de 2016, se evidenció que los taxis convencionales tienen un ingreso promedio diario de \$182.100, La distribución semanal se muestra a continuación:

Gráfica 17, Distribución ingreso promedio de taxis eléctricos



Fuente: Producto 4, Contrato 1210 - 2016

7.5.3. Comparación de ingresos entre un taxi convencional y un taxi eléctrico

De acuerdo a la información obtenida para cada una de las flotas, se tienen parámetros de ingresos relacionados con la operación de los taxis eléctricos y los taxis convencionales. De esta forma, se presentan a continuación la comparación entre ambas flotas:

Tabla 25. Comparación de ingresos para un taxi eléctrico y un taxi convencional

	Taxis eléctricos	Taxis convencionales	Variación taxi Eléctrico frente al Taxi convencional
Número de carreras diarias	10,5	23,6	-55,51%
Distancia promedio por carrera	10,0	7,7	29,87%
Tarifa promedio por carrera	\$ 13,659	\$ 7,716	77,03%
Ingreso diario promedio	\$ 132,452	\$ 182,100	-27,26%
Ingreso mensual promedio	\$ 3,973,572	\$ 4,734,600	-16,07%

Fuente: elaboración propia con base en los datos de la encuesta de seguimiento del piloto de taxis eléctricos y el Contrato 1210 - 2016

De acuerdo a lo reportado en la tabla, se puede evidenciar que en promedio los taxis eléctricos hacen 55% menos carreras en comparación con un taxi convencional. Esto está directamente relacionado con el menor número de kilómetros recorridos reportados para los taxis eléctricos. Lo anterior puede estar relacionado con la falta de conocimiento por parte de los usuarios y las limitaciones de desplazamiento por las estaciones de recarga. A pesar del bajo número de carreras, en promedio los taxis eléctricos reportan hacer carreras más largas y que en promedio tiene un costo 77% me comparación con los taxis convencionales.

En temas de ingresos, los taxis eléctricos tienen un ingreso promedio diario 27,26% menor en comparación con los taxis convencionales. Sin embargo, al hacer el análisis mensual, esta brecha se reduce a 16%, en razón de la exención al pico y placa de la que estos vehículos gozan, teniendo la posibilidad de operar todos los días del mes.

8. Retos identificados durante el piloto de taxis eléctricos de cara a su masificación

8.1. Capacidad de la infraestructura instalada de recarga

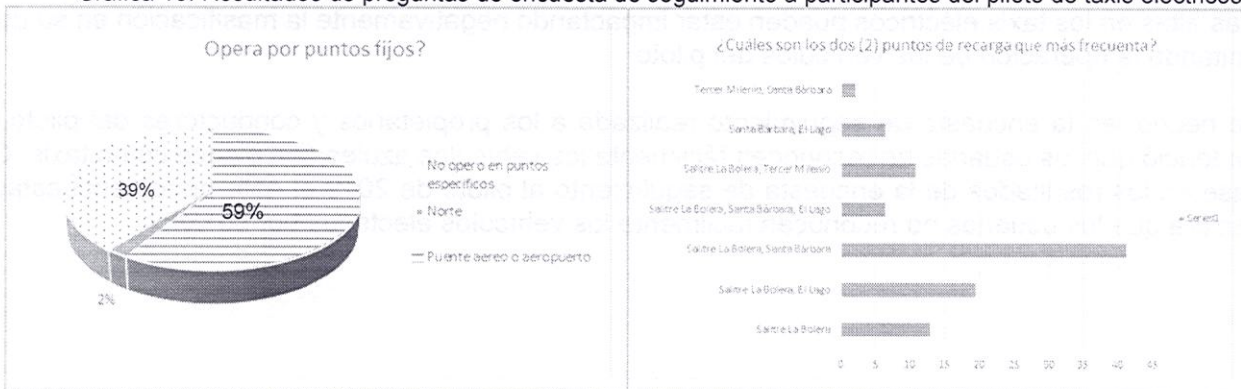
Uno de los principales retos para expandir la flota de vehículos eléctricos en el servicio de transporte público individual y mejorar sus condiciones de operación, es el aumento del número de estaciones de recarga y la diversificación en su ubicación. De acuerdo con la información recopilada durante el piloto de taxis eléctricos, existe la percepción por parte de los operadores de los vehículos que la ubicación de las estaciones no está suficientemente dispersa en la ciudad lo que genera en ocasiones recorridos largos en vacío.

Como se presentó anteriormente la infraestructura de recarga existente está compuesta por 36 unidades de recarga distribuidas en cuatro estaciones, lo que ha permitido cubrir la demanda de energía de los vehículos del piloto, y podría llegar a soportar un crecimiento de flota de hasta 288 taxis eléctricos implementando gestión en los horarios y turnos de recarga. Aunque actualmente el piloto está conformado por 42 vehículos, el crecimiento de la flota de taxis eléctricos está condicionada por el desarrollo de nuevas estaciones de recarga o la ampliación de capacidad de las existentes.

8.2. Facilidades de recarga y recarga en casa

Como se mencionó anteriormente, la recarga de los vehículos eléctricos está directamente relacionada con las condiciones de operación del servicio de taxi. La limitación geográfica de la ubicación de los puntos de recarga determina la forma en la que los taxis prestan el servicio y en los corredores o sectores de la ciudad en los que se especializan. Actualmente los taxis del piloto están concentrando una parte importante de sus recorridos en carreras al aeropuerto, Cerca del 40% de los encuestados que opera en puntos fijos lo hace en el puente aéreo o el aeropuerto, posiblemente por la cercanía y conveniencia con el punto de recarga de La Bolera - El Salitre.

Gráfica 18. Resultados de preguntas de encuesta de seguimiento a participantes del piloto de taxis eléctricos

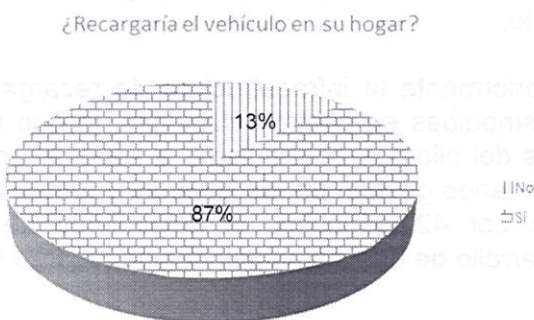


Fuente: encuesta de seguimiento piloto de taxis eléctricos SDM junio 2019

Con miras a la masificación del uso de vehículos eléctricos para el servicio público individual se debe contemplar la ampliación de la oferta y cobertura de las electrolineras existentes, a pesar de que con la autonomía de los vehículos sea superior a los 200 Km se debe evitar los recorridos en vacío de los taxis hacia los puntos de recarga.

Adicionalmente la ampliación de la oferta de la flota de taxis eléctricos requiere la diversificación de las tecnologías de carga incluyendo la opción de recarga en casa, por la facilidad que ofrece a los conductores, dentro de los participantes del piloto de taxis encuestados el 87% respondió que recargaría en casa su vehículo si existiera esta opción. Hoy en día, los vehículos del piloto de taxis eléctricos no cuentan con la opción de recarga en casa como una alternativa de recarga durante la noche.

Gráfica 19. Resultados de preguntas ¿Recargaría el vehículo en su hogar?



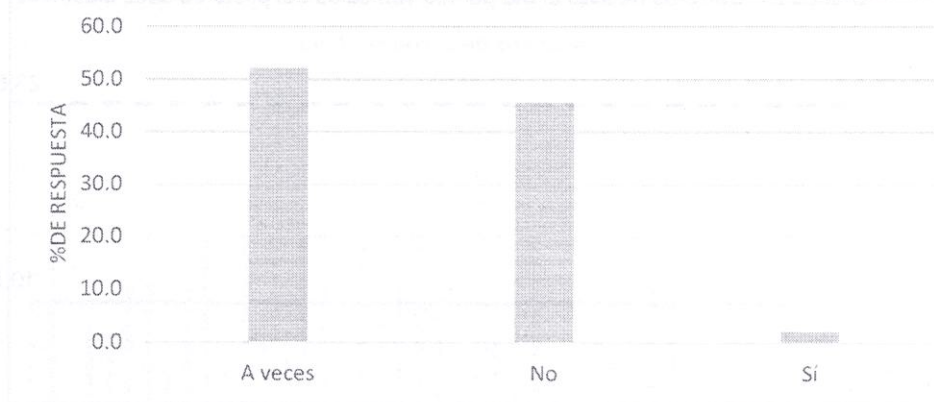
Fuente: encuesta de seguimiento piloto de taxis eléctricos SDM junio 2019

8.3. Desconocimiento de los usuarios de taxi sobre el piloto de taxis eléctricos

A lo largo de la implementación del piloto se ha identificado que a pesar de las campañas de comunicación que se realizaron en su momento, la promoción del proyecto ha sido localizada y difícil. Los taxis eléctricos cuentan con colores que históricamente no se han relacionado con el servicio de taxis. Como consecuencia, el desconocimiento de los usuarios acerca de los beneficios que estos vehículos ofrecen comparados con los taxis a combustión y los mitos alrededor de posibles tarifas más altas en los taxis eléctricos pueden estar impactando negativamente la masificación en su uso y limitando la operación de los vehículos del piloto.

De hecho, en la encuesta de seguimiento realizada a los propietarios y conductores del piloto, se evidenció que los usuarios no reconocen fácilmente los vehículos azules con blanco como taxis. Con base en los resultados de la encuesta de seguimiento al piloto de 2019 el 45% de los encuestados declara que los usuarios no reconocen fácilmente los vehículos eléctricos por su color.

Gráfica 20. ¿Los usuarios identifican su vehículo azul con blanco como taxi?



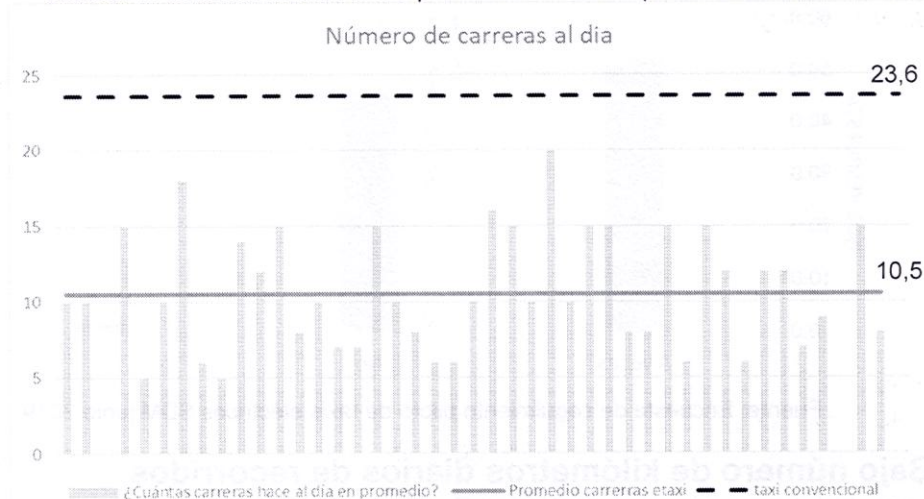
Fuente: Encuesta de seguimiento piloto de taxis eléctricos SDM junio 2019

8.4. Bajo número de kilómetros diarios de recorridos

De acuerdo con la información reportada por Enel y en los informes de seguimiento realizados por SDA y C40 se evidencia que los taxis eléctricos están realizando un recorrido diario menor al del servicio de taxis tradicional. De acuerdo con lo reportado en este estudio, los taxis de combustión realizan un recorrido promedio diario de 247 km, mientras que los taxis eléctricos alcanzan en promedio recorridos de apenas 150 km. Debido a que todas las estimaciones de costos para taxis en el cálculo de la tarifa de TPI se relacionan con este indicador, la operación de los taxis eléctricos está siendo más costosa, generando que el retorno de la inversión tome más tiempo.

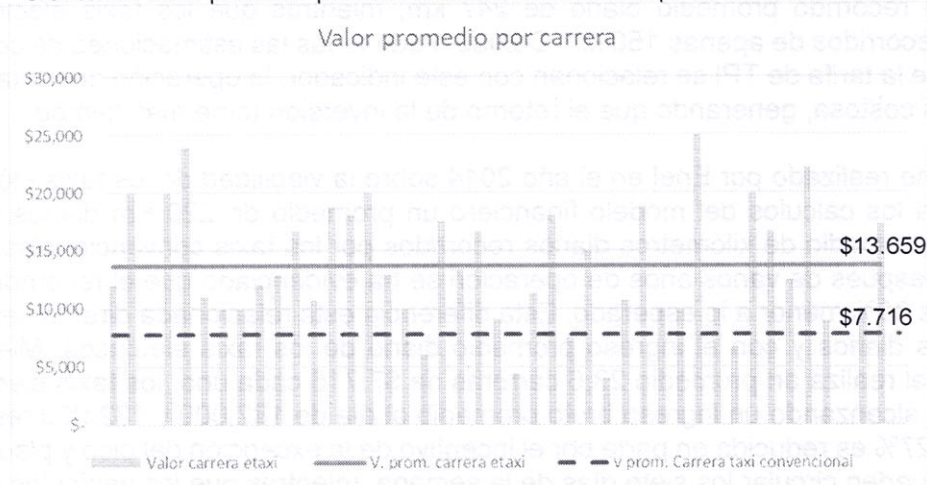
En el informe realizado por Enel en el año 2014 sobre la viabilidad de los taxis eléctricos se tuvo en cuenta para los cálculos del modelo financiero un promedio de 220 Km diarios de recorrido, muy cercano al promedio de kilómetros diarios recorridos por los taxis convencionales (247 km/día). Sin embargo, después de varios años de operación se ha evidenciado que el recorrido de los vehículos del piloto es 30% menor a lo esperado. Esta diferencia está relacionada directamente con el número de servicios diarios y con el ingreso promedio diario de los taxis eléctricos. Mientras que un taxi convencional realiza en promedio 23,6 carreras de \$7,716 cada una, los taxis eléctricos hacen 10,6 de \$13,659 alcanzando un ingreso bruto promedio al día de 182,000 y 132,000 respectivamente. La brecha del 27% es reducida en parte por el incentivo de la excepción del pico y placa, ya que los taxis eléctricos pueden circular los siete días de la semana, mientras que los vehículos convencionales lo hacen durante seis días.

Gráfica 21. Carreras hechas al día por los vehículos del piloto de taxis eléctricos



Fuente: Encuesta de seguimiento piloto de taxis eléctricos de junio de 2019

Gráfica 22. Valor promedio por carrera de los vehículos del piloto de taxis eléctricos



Fuente: Encuesta de seguimiento piloto de taxis eléctricos de junio de 2019

Cuando se calcula el ingreso bruto semanal la diferencia entre los taxis eléctricos y convencionales es únicamente del 15% (\$ 924,000 taxis eléctricos). Esto ratifica que la excepción del pico y placa es un incentivo fuerte para viabilizar la masificación de la tecnología eléctrica en el servicio de transporte público individual.

8.5. Uso de la plataforma tecnológica de taxi inteligente y la falta de datos de operación de los taxis eléctricos

Actualmente más del 90% de los taxis eléctricos del piloto hacen uso de alguna plataforma tecnológica para su operación, adicionalmente el 97% cuentan con por lo menos un dispositivo inteligente para la prestación del servicio. A pesar de esto, ninguno de los taxis eléctricos se encuentra vinculado con el proyecto de modernización del servicio de taxis en la ciudad "Taxi Inteligente", mediante el cual se goza del uso de una plataforma que permite el reporte de información

de la operación de la flota de taxis en tiempo real. Debido a la dificultad del levantamiento de información de la operación de los vehículos del piloto se hace necesario propender por mecanismos que permitan recolección de información para continuar dándole seguimiento al piloto.

8.6. Alto costo de inversión de los vehículos eléctricos en comparación con los taxis a combustión

Actualmente uno de los principales retos para la masificación de la flota de vehículos eléctricos en el transporte público individual sigue siendo el alto costo de inversión inicial. A pesar de que cuando se inició el piloto de taxis eléctricos se tenía previsto que la evolución del mercado y la ampliación de la oferta de vehículos eléctricos iban a generar una reducción en los precios de venta de estos vehículos, se evidencia que actualmente el costo de un taxi eléctrico es dos o tres veces superior que el de un taxi de combustión. Aunque la literatura y los estudios de seguimiento del piloto de taxis en Bogotá han sugerido la existencia de menores costos de operación en vehículos eléctricos, considerando la minimización de los gastos de mantenimiento y el goce de beneficios como la excepción del pico y placa para vehículos cero emisiones, aún es necesario reducir la brecha entre costo de inversión de un vehículo eléctrico y el costo de inversión del vehículo de combustión.

Tabla 26. Precio de mercado de vehículos eléctricos que podrían ser taxis en Colombia

Oferta general de Taxis eléctricos nuevos	
Marca y referencia	Precio de mercado en Colombia
Nissan Leaf	\$129.990.000
BMW I3	\$154.900.000
BYD E5 Sedan	\$110.000.000
BYD E6 Wagon	\$146.000.000
Kia Soul EV	\$149.900.000

Fuente: Fenalco, 2019

Tabla 27. Precio de mercado de vehículos a combustión que se venden como taxis en Colombia

Precio del vehículo a combustión	
Marca y referencia	Precio de mercado en Colombia
Hyundai Grand I10 2019	45,000,000
KIA Grand Ekotaxi 2020	48,500,000
Hyundai ACCENT GL	51,990,000

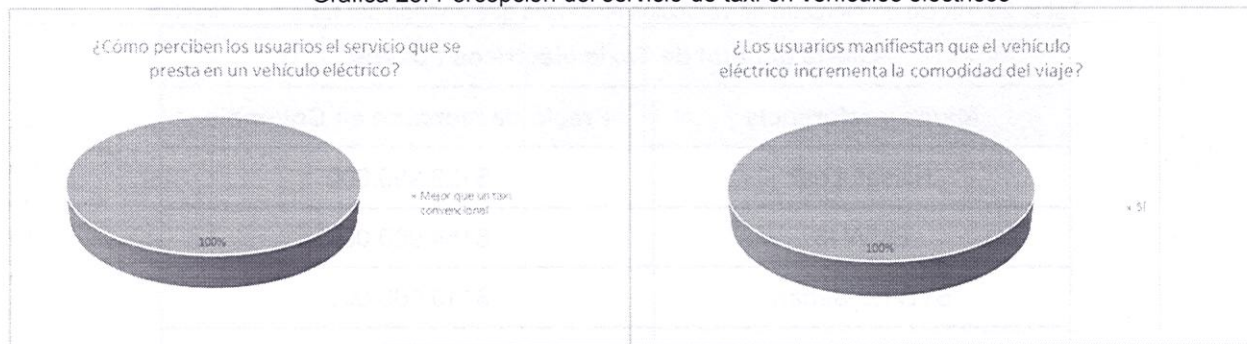
Fuente: Elaboración propia a partir de información disponible de las marcas, 2019

La alternativa usada para la implementación del piloto, que consistió en no exigir el derecho de reposición para operar los taxis del piloto, permitió en su momento que este ahorro en la inversión inicial se compensará con la diferencia de precio entre los vehículos eléctricos y los de combustión. Este incentivo permite además que los propietarios tengan el tiempo suficiente para recuperar la inversión y el retorno de capital de los vehículos con tecnología eléctrica para que sea competitiva frente a los de combustión (gas y gasolina).

8.7. Generar conciencia en los usuarios del servicio de taxis eléctricos de las ventajas que ofrecen los vehículos cero emisiones

De la mano con la masificación de la oferta de vehículos eléctricos en el transporte público individual debe ir la generación de conciencia en los usuarios quienes deberían preferirlos al identificar sus beneficios. De acuerdo con los resultados de la encuesta aportados por los participantes en el piloto hay una mejora en la percepción del servicio por parte de los usuarios de los taxis eléctricos, ya que el 100% de los encuestados afirman que sus clientes perciben el servicio como más cómodo y de mayor calidad comparado con el servicio de taxi convencional con flota de combustión.

Gráfica 23. Percepción del servicio de taxi en vehículos eléctricos



Fuente: Encuesta de seguimiento piloto de taxis eléctricos SDM junio 2019

A pesar de los resultados favorables que muestra la encuesta realizada a los participantes del piloto, el número de usuarios que han experimentado este servicio es bajo debido a que la flota eléctrica representa únicamente el 0,08% de la flota total de taxis en Bogotá. Con miras a la masificación de esta tecnología entre los propietarios y usuarios que demandan el servicio, es necesario adelantar campañas que permitan difundir de manera masiva un mensaje de los beneficios que ofrecen los vehículos eléctricos que, además de ser cero emisiones, generan menos ruido, reducen la sensación de vibración y tienen mayor espacio por la tipología de los vehículos.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1. La excepción del “Pico y placa” como incentivo efectivo para la masificación de la movilidad eléctrica en el servicio de taxi

Posterior a la evaluación de los resultados del seguimiento al piloto se evidencia que la excepción a la restricción de circulación de pico y placa para los vehículos eléctricos tiene un efecto favorable y significativo en el flujo de caja de los propietarios de los taxis eléctricos, lo que facilita la amortización de la inversión inicial de esta tecnología. Los vehículos del piloto han percibido esta ventaja ya que sus ingresos aumentan potencialmente el 15% debido a la libre circulación durante los siete días de

la semana, comparado con un escenario con la restricción de pico y placa de un día a la semana. Se recomienda mantener este beneficio para los vehículos taxis que tengan motor eléctrico.

9.2. El “Taxi Inteligente” es indispensable para mejorar el monitoreo a la operación de la flota eléctrica de taxi

Como se evidenció en el análisis los vehículos eléctricos ya están familiarizados con el uso de las plataformas tecnológicas; sin embargo, no están vinculados con taxi inteligente. La exigencia del uso de plataformas tecnológicas para la prestación del servicio de taxi que establecieron los Decretos Distritales 456 y 568 de 2017 debería ser un requerimiento para los vehículos del piloto de taxis eléctricos. Esto facilitaría el monitoreo del piloto y la recolección de información útil para la toma de decisiones alrededor de esta tecnología, además de alinear su operación con la visión que la ciudad tiene con respecto a la prestación del servicio de transporte público individual.

La prestación del servicio de taxi eléctrico haciendo uso de plataformas tecnológicas tendría diversos beneficios en términos de: congestión, eficiencia energética, siniestralidad y satisfacción de usuarios de taxi. Primero, se aumenta la eficiencia del servicio de transporte público individual en la medida en que disminuyen los tiempos de viaje al escoger la ruta óptima dependiendo de las condiciones de la vía al momento del viaje. Segundo, al reducir el número de kilómetros recorridos en vacío se optimiza el uso de la carga de la batería a lo largo del día. Tercero, las medidas de seguimiento en tiempo real a los vehículos han demostrado que tienen un efecto positivo en seguridad vial: el análisis de siniestralidad realizado a los taxis convencionales demostró que los vehículos vinculados a taxi inteligente han estado involucrados en un 94% menos de siniestros simples y un 53% menos de siniestros con lesionados o fallecidos, en comparación con los que siguen usando el taxímetro. Este es un aspecto clave de mejora para los taxis eléctricos, conociendo que presentan una mayor tasa de siniestros en comparación con los taxis convencionales.

Finalmente, la automatización de la tarifa permite tener mayor control y genera confianza en los usuarios cuando toman el servicio, aumentando su satisfacción y fomentando la permanencia de los usuarios de taxi. De esta forma, es posible que a través del taxi inteligente los usuarios tengan la garantía y verificación del cobro adecuado de la tarifa. Finalmente, los vehículos eléctricos que adopten las plataformas tecnológicas conforme lo dispuesto en los Decretos Distritales 456 y 568 de 2017 podrán acceder al Factor de Calidad y tener derecho al cobro de una tarifa diferencial, teniendo la posibilidad de aumentar sus ingresos.

9.3. Cambio de color para la identificación de los vehículos eléctricos

Tal como se mencionó, uno de los principales retos identificados durante el piloto es el desconocimiento del color de los taxis eléctricos por parte de los usuarios. Ya que, por tal motivo, es necesario generar algún tipo de distintivo o marca que diferencie los taxis eléctricos de los taxis convencionales, y que además permita a las personas identificar que son vehículos con cero emisiones y menos contaminación auditiva ya que el color azul y blanco no está asociado en la ciudad con el servicio de taxi, afectando la operación de los mismos.

Por otra parte, la Resolución 1056 de 2013 del Ministerio de Transporte establece condiciones especiales para los vehículos cero emisiones destinados al servicio público de transporte terrestre automotor. Bajo este lineamiento, se determina que todos los vehículos eléctricos tipo taxi deben ser de color verde. Aunque esto nunca se materializó para el caso de Bogotá, se tuvo la experiencia de

operar taxis con un color diferente al amarillo tradicional de este servicio y de acuerdo con lo mencionado anteriormente, esta diferencia de color genera confusión para los usuarios y se constituye como un desincentivo para su uso.

Si bien se considera conveniente que los taxis del piloto y nuevos taxis eléctricos que ingresen a la flota de taxi de Bogotá porten un distintivo que los diferencie como vehículos cero emisiones, los resultados de este estudio y de otros estudios previos realizados por la Secretaría Distrital de Ambiente, C40 y Enel, apuntan a que se debe conservar el color amarillo como color principal de los vehículos y añadir elementos diferenciadores que permitan su fácil reconocimiento sin generar confusión en los usuarios.

9.4. Los resultados del piloto demuestran que es viable el crecimiento de la flota eléctrica en el servicio de taxi

La operación durante los seis años del piloto ha permitido generar un conocimiento y aprendizaje en torno a la masificación de esta tecnología en el servicio de taxi. Adicionalmente se ha logrado evitar la emisión de más de 3.000 toneladas de CO₂, además de reducciones en otras externalidades como el material particulado y el ruido. Sin embargo, el piloto actualmente representa únicamente el 0,08% del total de la flota de taxi, un porcentaje muy bajo para los múltiples beneficios ambientales que generan. Además, una de las barreras identificadas es la falta de conocimiento de los usuarios de este servicio, por lo cual una ampliación del parque automotor con uso de taxi inteligente debería ser el siguiente paso en el proceso de masificación de esta tecnología. Un escenario de crecimiento conservador es aumentar el piloto de taxis eléctricos al 1% de la flota, para lo cual sería necesario vincular 500 taxis nuevos, por las siguientes razones:

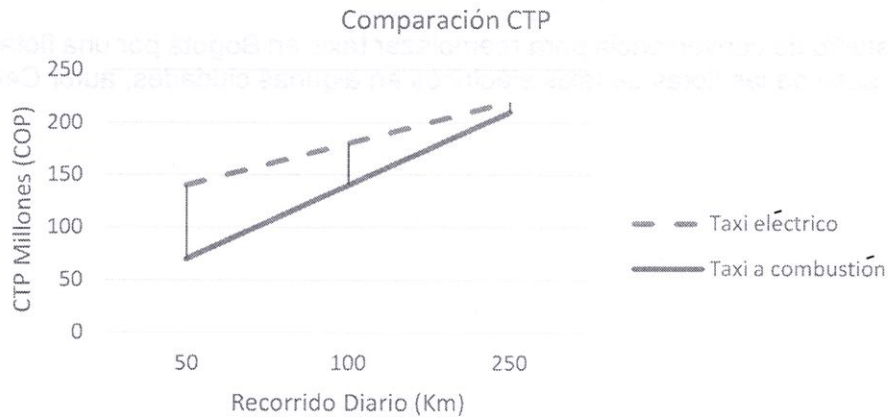
- i) Hoy en día las estaciones de recarga instaladas para el piloto de taxis eléctricos tienen la capacidad de atender 288 taxis eléctricos. Es necesario superar en número de vehículos esa capacidad de atención para promover el desarrollo de nuevas electrolíneas que se ubiquen en otras partes de la ciudad, permitiendo tener una mayor y más dispersa oferta del servicio de recarga para vehículos eléctricos, coadyuvando a mejorar la operación de esta flota.
- ii) A corte de 31 de mayo de 2019 se habían matriculado 2,027 vehículos modelo 2019 en el servicio de taxis. Esta cifra es menos de la mitad de los matriculados en el año 2016 y representan 416 unidades menos que en 2017. Dado que es conveniente promover la renovación del parque automotor, añadir 500 unidades nuevas de taxis con motores eléctricos ayudaría a equiparar el número de unidades nuevas en 2019 comparado con 2017. Si bien estas no son unidades que reemplazarían vehículos antiguos, se esperaría que los propietarios de los vehículos de taxis convencionales se interesen por la renovación de su flota y en la consideración de tecnologías de cero emisiones al momento de hacerlo. El efecto en cadena causado por la experiencia de más personas alrededor de los taxis eléctricos es una herramienta para promover e incentivar la renovación de la flota.
- iii) Si bien los 50 taxis eléctricos originales previstos en la primera fase del piloto fueron estimados convenientes con el objetivo de probar la tecnología en operación real, en la actualidad los 42 taxis que efectivamente operan no conforman una masa crítica que presione el desarrollo y masificación de esta tecnología en el total del parque automotor de taxis en la ciudad. La inclusión de 500 taxis eléctricos a la flota de transporte público individual de Bogotá tiene el potencial de afianzar el clúster económico alrededor de los vehículos con este tipo de motor, generando demanda por negocios relacionados con su mantenimiento y operación (estaciones de recarga, repuestos, servicio de talleres, lavado,

etc.). Hoy en día los servicios de posventa son muy localizados para los taxis eléctricos, lo cual no permite que los costos de mantenimiento disminuyan aún más en comparación con los taxis a combustión. La generación de economías de escala es una medida razonable para hacer más competitiva esta tecnología amigable con el medio ambiente.

9.5. Es necesario ampliar la temporalidad del piloto

Al inicio del piloto de taxis eléctricos se realizaron estimaciones financieras para calcular el tiempo de recuperación de la inversión de los taxis eléctricos y se realizó un análisis del costo total de propiedad (CTP), indicador que toma en cuenta tanto los costos de inversión como los de operación y mantenimiento, con el objetivo de identificar cómo se comportaba el CTP de estos vehículos en comparación con el de los taxis a combustión. A continuación, se presenta el resultado, donde se identifica que a mayor número de kilómetros recorridos los costos de un taxi eléctrico se reducen y se asemejan más a los de un taxi convencional.

Gráfica 24. Comparación del costo total de propiedad de un taxi eléctrico y uno de combustión



Fuente: Aspectos y consideraciones para la masificación de taxis eléctricos en la ciudad de Bogotá, Codensa 2014

Es un hecho que el costo de inversión inicial de los taxis eléctricos es mayor y que el modelo financiero demuestra que se requiere más tiempo para alcanzar el retorno de la inversión. Los vehículos del piloto tienen un permiso de operación vigente hasta el año 2022; sin embargo, como resultado de la evaluación del piloto se evidencia que el número de kilómetros diarios recorridos de los taxis eléctricos es en promedio 150 lo cual significa una diferencia del 30% más de costos totales de propiedad para los vehículos con esta tecnología en comparación con los taxis convencionales. Según la comparación de los costos presentada en el numeral 7.5.3. de este estudio, mensualmente los taxis eléctricos perciben 16% menos ingresos que los taxis a combustión.

Como se presentó en otros apartes del informe, se deben implementar acciones para aumentar la participación en el mercado de los taxis eléctricos, reducir el desconocimiento por parte de los usuarios y aumentar su autonomía de servicios creando más infraestructura de recarga. Mientras esto se logra, se hace necesario ampliar la vigencia del piloto. Como consecuencia, los inversionistas tendrán tiempo suficiente para alcanzar el retorno de capital y además percibir la rentabilidad sobre su inversión.



Teniendo en cuenta que el piloto empezó a operar en 2013, que la vida útil de los vehículos de acuerdo a lo reportado por BYD es de quince años y que actualmente el costo total de propiedad de los taxis eléctricos es 30% superior en comparación con los vehículos a combustión, se requiere ampliar el piloto por cinco años más a partir de la fecha de finalización prevista (10 años contados a partir de la matrícula de los vehículos). Esto permitirá que los propietarios de estos vehículos logren acumular suficiente capital para que una vez finalizada la vida útil del vehículo puedan continuar en el sistema de taxis haciendo uso de la reposición de un vehículo a combustión. Cabe aclarar que en general, los taxistas reportan una calificación de su experiencia en el piloto de 4.3/5.

10. Anexos

- 10.1. Resultados de la encuesta de seguimiento del piloto de taxis eléctricos de junio de 2019
- 10.2. Informe histórico E6 taxis Colombia, autor BYD 2018
- 10.3. EMobility Colombia Proyecto Taxis eléctricos, autor Enel 2019
- 10.4. Estudio de conveniencia para reemplazar taxis en Bogotá por una flota de cero emisiones: el caso de las flotas de taxis eléctricos en algunas ciudades, autor C40 Cities 2019