Reporte final del plan piloto de gestión de datos para taxis eléctricos y de combustión interna de la base de operación del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

PROYECTO:
Acelerando la transición al transporte público eléctrico en la Gran Área Metropolitana de Costa Rica

CRUSA
UN environment programme
gef
eTaxiCR
MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA | GOBIERNO DE COSTA RICA
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES | GOBIERNO DE COSTA RICA

Proyecto:
Acelerando la transición al transporte público eléctrico en el Gran Área Metropolitana de Costa Rica

Redacción:
Aramis Pérez Mora, Morelia Soto Garro, Omar López Díaz - Equipo Consultor de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica

Revisión y edición:
Arturo Steinvorth Álvarez y Diego Blanco Castro – Fundación CRUSA
Carolina Flores Valle – Ministerio de Ambiente y Energía

Diseño gráfico:
Marvin Carballo Villalobos

Publicado por:
Fundación CRUSA

Implementado por:
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Financiado por:
Global Environment Facility (GEF)

En cooperación con:
Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE)

Sobre la alianza que permite el desarrollo de este proyecto:

La Fundación CRUSA:
Es una organización costarricense, independiente, apolítica y sin fines de lucro, que desde 1996 contribuye a la mejora en la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible en Costa Rica.
comunidad.crusa.cr

Copyright: © 2022. Fundación CRUSA, PNUMA & GEF.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen ejecutivo 6

Introducción 7

1 Objetivo del plan piloto 8

1.1 Objetivo general 8

1.2 Objetivos específicos 8

1.3 Principales actividades 9

2 Alcance y Metodología 10

3 Operación y monitoreo de taxis eléctricos y de combustión del plan piloto en el AIJS 11

3.1 Actividad operativa de los taxis modalidad aeropuerto 11

3.1.1 Distancia recorrida y destinos frecuentes 12

3.1.2 Red de carga 18

3.1.3 Costos de operación de los taxis por concepto de consumo de energía 24

3.1.4 Emisiones relacionadas a la operación de los taxis eléctricos 26

3.2 Patrones de conducción de los taxis del plan piloto 29

3.2.1 Eficiencia asociada a la conducción 29

3.3 Mantenimiento de los taxis eléctricos 31

3.4 Capacitaciones y asistencia personalizada para personas taxistas 34

4 Estimación de cantidad de personas usuarias de taxis 35

5 Conclusiones 37

6 Recomendaciones 38

7 Anexos 42

ACRÓNIMOS

AIJS:	Aeropuerto Internacional Juan Santamaría
CI:	Combustión interna
CNFL:	Compañía Nacional de Fuerza y Luz
CRUSA:	Fundación para la Cooperación Costa Rica Estados Unidos
ESPH:	Empresa de Servicios Públicos de Heredia
JASEC:	Junta Administradora del Servicio Eléctrico Municipalidad de Cartago
ICE:	Instituto Costarricense de Electricidad
GAM:	Gran Área Metropolitana de Costa Rica
MINAE:	Ministerio de Ambiente y Energía
RECOPE:	Refinadora Costarricense de Petróleo
UCR:	Universidad de Costa Rica

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento muestra los resultados destacables del plan piloto de los Taxis del Aeropuerto Juan Santamaría: "Acelerando la transición al transporte público eléctrico en la Gran Área Metropolitana de Costa Rica".

La información presentada ilustra la cantidad de días que operaron los Taxis eléctricos y de combustión interna de manera diaria y mensual, así como el tiempo de conducción. Otras de las variables expuestas en este informe comprenden la distancia recorrida diariamente y por mes, total y promedio. Se incluyen mapas de calor que muestran los destinos más frecuentes visitados por las personas usuarias de Taxi y se realiza un análisis del desempeño de los vehículos eléctricos y de vehículos de combustión interna. Además, que se analiza el caso de las busetas de combustión interna para evaluar las diferencias en su operar respecto a los sedanes.

Los resultados indican que la "temporada alta" del turismo pasó puesto que las distancias recorridas han disminuido respecto al reporte anterior a este, especialmente si se compara con el mes de febrero. Respecto a uso de la carga, se refleja la adaptación de algunas unidades al uso de la carga semirápida mientras que otras no parecen haber encontrado aún un balance entre su forma de operación y este tipo de carga.

El GAM sigue prevaleciendo como el área de mayor concentración de viajes, sin embargo, es posible observar la capacidad de los vehículos eléctricos para realizar viajes a destinos solicitados por las personas turistas como Jacó, Tamarindo, Limón y La Fortuna.

Finalmente, se muestran los resultados de la estimación de la cantidad de personas usuarias del servicio del Taxi del AIJS recopiladas a través de una encuesta digital.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales retos que enfrenta Costa Rica en la lucha contra el cambio climático es reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) generados por los vehículos de uso personal. Aunque el país genera la mayor parte de su electricidad a partir de fuentes hidroeléctricas, el sector transporte es el mayor consumidor de energía de fósiles, lo que contribuye a la contaminación del aire. Esto sin contar que la dependencia de los hidrocarburos afecta la economía nacional debido a los fluctuantes precios internacionales del petróleo.

Costa Rica lidera Latinoamérica en cuanto a la proporción de vehículos eléctricos en circulación, aunque estos son en su mayoría vehículos privados. A pesar de contar con el Plan Nacional de Transporte Eléctrico (PNTE) 2018-2030 y la Ley N°9518 de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, la incorporación de vehículos eléctricos en el transporte público ha sido limitada hasta 2024. El Plan Piloto busca aumentar la confianza en esta tecnología y proporcionar datos que permitan a las autoridades cumplir con las metas del PNTE.

Este proyecto es financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente y gestionado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, con la colaboración del Ministerio de Energía y Ambiente (MINAE) y la Fundación CRUSA. El objetivo del Plan Piloto es recolectar estadísticas durante 12 meses mediante la operación de 6 vehículos eléctricos como Taxis en el aeropuerto, demostrando la viabilidad técnica, económica, normativa, social y política de los Taxis eléctricos en Costa Rica. Esta iniciativa también incluye el contraste del monitoreo de 6 vehículos de combustión interna. La información del monitoreo se divide en cuatro informes trimestrales, el presente representa la integración de estos, así como conclusiones, recomendaciones y lecciones aprendidas de la puesta en marcha del piloto. En este, se incluyen los resultados desde el mes de octubre de 2023 a octubre 2024.

Para el desarrollo del Plan Piloto ha sido fundamental el apoyo de otras instituciones aliadas como el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el Ministerio de Salud, el Consejo de Transporte Público, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), Aeris, el Banco Nacional de Costa Rica, la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), Taxis Unidos, Coopetranstura, Taxicab, Gorila Taxi, Orange Taxi y Airport Taxi Safe Service.

1 OBJETIVO DEL PLAN PILOTO

1.1 Objetivo general

El objetivo de este plan piloto consiste en un estudiar la viabilidad técnica, social y económica que conlleva la incorporación de vehículos eléctricos al transporte público de pasajeros en la modalidad Taxi de Costa Rica, por medio de la implementación de un plan piloto demostrativo con seis automóviles en la base de operación del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

1.2 Objetivos específicos

Los objetivos de la consultoría, desde el diseño del plan piloto hasta la puesta en operación, se centran en varios aspectos clave para asegurar el éxito del proyecto de electrificación del transporte público en la Gran Área Metropolitana de Costa Rica. Aquí están los objetivos principales:

DISEÑO DEL PLAN PILOTO

Estructuración del Proyecto:

- Desarrollar lineamientos para implementar un proyecto demostrativo con seis Taxis eléctricos en el Aeropuerto Juan Santamaría.
- Evaluar buenas prácticas internacionales y locales en el uso de vehículos eléctricos para servicios de Taxi.
- Realizar un estudio de mercado para identificar proveedores y modelos de vehículos eléctricos adecuados.

Especificaciones Técnicas:

- Definir las especificaciones técnicas de los vehículos eléctricos y los equipos de carga necesarios.
- Diseñar un mecanismo de operación para los vehículos eléctricos.

Plan de Recarga:

- Determinar los puntos de recarga y coordinar con las autoridades y empresas eléctricas para la instalación de cargadores.
- Establecer un plan de mantenimiento y soporte para los vehículos eléctricos.

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO PILOTO

Gestión y Coordinación:

- Coordinar con concesionarios de Taxis y asegurar la obtención de permisos necesarios.
- Facilitar la capacitación de conductores y otros actores clave en la operación y mantenimiento de los vehículos eléctricos.

Monitoreo y Evaluación:

- Implementar un sistema de gestión y adquisición de datos para monitorear el desempeño de los Taxis eléctricos.
- Realizar encuestas y entrevistas para evaluar la experiencia de los usuarios y concesionarios.

Informes y Recomendaciones:

- Elaborar informes trimestrales y un informe final que incluya resultados, análisis y lecciones aprendidas.
- Proporcionar recomendaciones para la expansión del proyecto y la adopción de vehículos eléctricos en el sector de Taxis.

PUESTA EN OPERACIÓN

Acompañamiento Técnico:

- Brindar asistencia técnica continua durante la operación del proyecto piloto.
- Asegurar la recopilación y análisis de datos para evaluar la viabilidad técnica, social y económica del proyecto.

Divulgación y Comunicación:

- Comunicar los resultados del proyecto a las autoridades gubernamentales y partes interesadas.
- Desarrollar materiales de comunicación para promover la adopción de vehículos eléctricos.

Estos objetivos están diseñados para garantizar que el proyecto piloto no solo demuestre la viabilidad de los Taxis eléctricos, sino que también establezca una base sólida para futuras iniciativas de movilidad eléctrica en Costa Rica.

1.3 Principales actividades

Las principales actividades de este plan piloto se pueden dividen en funciones generales y específicas.

Funciones Generales

1. Acompañamiento Técnico y Financiero:

- Proporcionar know-how sobre aspectos técnicos y financieros asociados a la movilidad eléctrica.
- Desarrollar el diseño, implementación, seguimiento y evaluación del proyecto piloto de Taxis eléctricos.

2. Coordinación y Articulación:

- Coordinar con las empresas eléctricas concesionarias y otros actores clave para la infraestructura de carga.
- Facilitar reuniones con partes interesadas, incluyendo el sector público-privado y proveedores de servicios.

3. Identificación y Mitigación de Barreras:

- Evaluar barreras y riesgos asociados a la ejecución del proyecto piloto y brindar recomendaciones técnicas para mitigarlos.

4. Comunicación y Difusión:

- Comunicar y difundir los resultados del proyecto piloto a autoridades gubernamentales y partes interesadas.
- Elaborar informes y sistematizar lecciones aprendidas.

5 Capacitación y Talleres:

- Preparar y facilitar talleres, demostraciones y capacitaciones relacionadas con la movilidad eléctrica y la operación de vehículos eléctricos.

Funciones Específicas

Proyecto Piloto de Taxis Eléctricos

1. Diseño del Piloto:

- Estructurar y diseñar lineamientos para la implementación del proyecto piloto.
- Realizar un estudio de mercado para identificar proveedores y modelos de vehículos eléctricos.
- Definir especificaciones técnicas de los vehículos y equipos de carga.

2. Plan de Recarga:

- Definir puntos de recarga y coordinar la instalación de cargadores en el aeropuerto.
- Establecer un plan de mantenimiento y soporte para los vehículos eléctricos.

3. Capacitaciones:

- Diseñar e implementar un plan de capacitaciones para conductores y otros actores clave.
- Coordinar capacitaciones específicas sobre conducción y mantenimiento con el proveedor de los vehículos.

4. Implementación del Proyecto:

- Brindar asistencia técnica para la gestión de la operación y mantenimiento de los vehículos eléctricos.
- Monitorear y evaluar el desempeño del proyecto piloto, incluyendo la recopilación y análisis de datos.

2 ALCANCE Y METODOLOGÍA

Este informe tiene presenta los resultados finales del monitoreo de los seis Taxis eléctricos y de los seis Taxis de combustión interna (cuatro sedanes y dos busetas) que forman parte del plan piloto en el AIJS. El análisis que acá se presenta abarca los doce meses de monitoreo.

Los datos reportados en este informe responden a las variables que permite obtener la plataforma de la Empresa de equipo y software de monitoreo, se puede ver el listado en el Cuadro 1. Una variable que aún no es posible obtener es el Estado de Salud de la batería (SOH, por sus siglas en inglés). Esta situación fue reportada con la Empresa de equipo y software de monitoreo, sin embargo, el proceso requerido puede tomar meses. Esta variable es fundamental, pues permite visualizar la degradación de la batería del vehículo asociada a hábitos de carga, tiempo de utilización, entre otros. Para poder solventar esta situación, se contrataron los servicios de escaneo a una empresa privada.

Cuadro 1. Variables de monitoreo que ofrece la plataforma de la Empresa de equipo y software de monitoreo para los Taxis del plan piloto.
Fuente: Elaboración propia.

VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Distancia	km
Tiempo de conducción	Días, horas, minutos y segundos
Velocidad	km/h
Exceso de velocidad	Kilómetros por hora[1]
Desempeño	Puntuación 0-100
Eficiencia energética de taxis eléctricos*[2]	km/L-e
Rendimiento de energía eléctrica*	km/kWh
Capacidad de la batería de taxis eléctricos*	kWh
Autonomía*	km
Estado de carga de la batería de los taxis eléctricos (State of Charge (SoC)) *	Porcentaje (%)
Tiempo de carga*	Minutos

[1] Ver nota 1 al pie anterior.
[2] Las variables que aparecen con asterisco son reportadas por la empresa de equipo y software de monitoreo para los Taxis eléctricos exclusivamente.

VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Eficiencia energética de taxis de combustión interna o economía del combustible	km/L
Destinos más frecuentes	Cantidad de destinos finales
Costo de operación de los taxis (asociado a combustible o energía eléctrica)	Dólares

Una vez obtenidos los datos de la plataforma se clasificaron para mostrarlos por tipo de vehículo, eléctricos o de combustión interna. Posterior, se clasificaron los datos por temáticas y se diseñaron los gráficos de forma que sea sencillo entender esta información para la persona lectora.

Es importante resaltar que, a pesar de los múltiples esfuerzos realizados por parte del Equipo Consultor, no fue posible registrar datos energéticos para uno de los Taxis eléctricos, la unidad Taxi A. A pesar de todos los intentos realizados, en conjunto con la empresa distribuidora del software de monitoreo como con la agencia automotora, no se pudo resolver esta particularidad. En apariencia, esta situación se debe a alguna configuración del hardware del vehículo, y de la cuál no se obtuvo mayor respuesta de la agencia. Algo similar sucedió con el Taxi E puesto que desde el mes de julio dejó de reportar variables energéticas y mostró el mismo comportamiento que el Taxi A. Por otra parte, la unidad Taxi F pasó por el proceso de cambio del tipo de vehículo por uno más moderno, lo que ocasionó que por varias semanas no se reportaran datos para esta unidad. Esta situación es la razón por la que, en algunos gráficos, no se muestra información para esta unidad. Todas están situación se han reportado con el equipo de soporte técnico de la Empresa de equipo y software de monitoreo.

3 OPERACIÓN Y MONITOREO DE TAXIS ELÉCTRICOS Y DE COMBUSTIÓN DEL PLAN PILOTO EN EL AIJS

3.1 Actividad operativa de los Taxis modalidad aeropuerto

El plan piloto que se desarrolla en el AIJS con la colaboración de seis vehículos eléctricos marca Aion S (ver ficha técnica en el Anexo 1) y seis unidades de combustión, específicamente, 4 sedanes y dos busetas. Como se detalla en el Cuadro 2, los vehículos de combustión son marca Toyota y varía entre los modelos Corolla, Yaris y Hiace.

Cuadro 2. Detalle de los taxis monitoreados que forman parte del plan piloto en el AIJS.

Número de placa	Marca del vehículo	Tipo de motor	Tipo de vehículo	Fuente de energía
TAXI C	Aion S	Eléctrico	Sedán	Electricidad
TAXI J	Aion S	Eléctrico	Sedán	Electricidad
TAXI A	Aion S	Eléctrico	Sedán	Electricidad
TAXI H	Toyota Corolla	Combustión interna	Sedán	Gasolina
TAXI F	Toyota Yaris	Combustión interna	Sedán	Gasolina
TAXI K	Toyota Hiace	Combustión interna	Buseta	Diésel
TAXI D	Aion S	Eléctrico	Sedán	Electricidad
TAXI I	Toyota Yaris	Combustión interna	Sedán	Gasolina
TAXI B	Aion S	Eléctrico	Sedán	Electricidad

Número de placa	Marca del vehículo	Tipo de motor	Tipo de vehículo	Fuente de energía
TAXI L	Toyota Yaris	Combustión interna	Sedán	Gasolina
TAXI E	Aion S	Eléctrico	Sedán	Electricidad
TAXI G	Toyota Hiace	Combustión interna	Buseta	Diésel

La información que se muestra a continuación es abordada de forma mensual y anual. En el documento "Datos de monitoreo y memoria de cálculo de costos asociados a carga y combustible"[3] se incluye el desglose diario por unidad de viajes realizados, kilómetros recorridos y tiempo de operación en periodo de octubre 2023 a octubre 2024. En ese mismo documento, se muestra la memoria de cálculo del costo asociado al abastecimiento de combustible y energía eléctrica según corresponda para cada Taxi, excepto, para la unidad Taxi A. Como se detalla en ese archivo el cálculo del costo está asociado a la cantidad de kWh consumidos, variable que no logró ser monitoreada durante los doce meses de monitoreo.

3.1.1 Distancia recorrida y destinos frecuentes

La distancia recorrida por los Taxis participantes de este piloto es fundamental para comprender la dinámica operativa del sector Taxista del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. Como se detalló en la sección anterior, cada Taxi inició a ser monitoreado en fechas distintas por lo que se muestra en esta sección es una aproximación, si bien, bastante fiel con la realidad, no exactamente igual a lo que reporta cada odómetro de los Taxis.

Desde el inicio del monitoreo (1 de octubre de 2023) de cada unidad hasta el 31 de octubre de 2024, la Empresa de equipo y software de monitoreo reporta un total de 1,120.362 kilómetros recorridos. Esta distancia incluye los kilómetros recorridos por los seis Taxis eléctricos, más cuatro Taxis de combustión interna tipo sedán y dos busetas, con un rango entre 200 y 250 km diarios en promedio. En detalle, la Figura 1 muestra la suma del kilometraje reportada por cada unidad de transporte. Es importante notar que el 50% de los vehículos eléctricos sobrepasa el mayor kilometraje alcanzado por sus homólogos tipo sedán, correspondiente a casi 100,000 kilómetros del Taxi F.

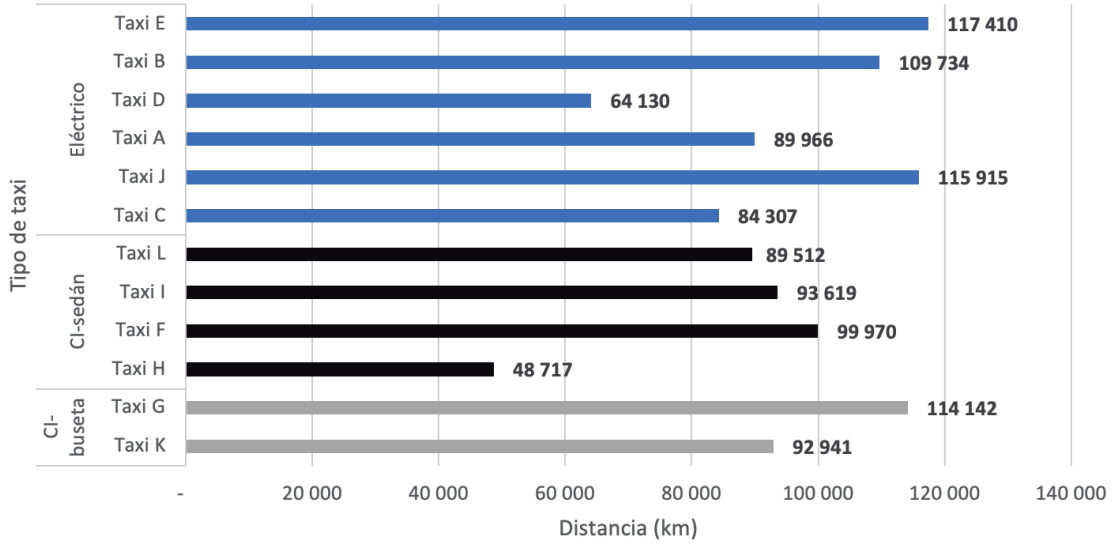


Figura 1. Distancia recorrida por unidad de Taxi del plan piloto de octubre de 2023 a octubre de 2024.
Fuente: Empresa de equipo y software de monitoreo, 2024. Adaptación propia.

[3] Datos de monitoreo y memoria de cálculo de costos asociados a carga y combustible.xlsx

También llama la atención que las unidades eléctricas Taxi E y Taxi J superan el kilometraje realizado por las busetas. Esta situación se presenta debido al modo de operación de las busetas, que se relaciona con llevar a grupos de personas a lugares hacia las zonas costeras o periféricas del país. Cabe resaltar que el Taxi H recorrió más kilometraje que el reportado en el gráfico. A lo largo de los meses de monitoreo sufrió intermitencias que fueron insubsanables por el soporte técnico de la Empresa de equipo y software de monitoreo a lo largo del monitoreo. Por otra parte, el Taxi D, sufrió un accidente de tránsito que dejó a la unidad fuera de servicio desde el setiembre de 2024 hasta el 31 de octubre de 2024.

Las distancias recorridas permiten entender el uso y las exigencias de rodaje que debe cumplir un vehículo para que sea apto para ser utilizado como herramienta de trabajo para el sector Taxista del AIJS. Además de esto, permite detectar estacionalidades o temporadas de alta y baja demanda del servicio de Taxi aeropuerto. Según el Instituto Costarricense de Turismo, del año 2009 al 2023, la mayor cantidad de turistas que han ingresado por aire lo realizaron en el mes de diciembre y la tendencia más alta se extiende desde ese mes hasta el mes de marzo. La cantidad de llegadas aumenta un poco durante los meses de vacaciones de medio año y sube nuevamente hacia el mes de agosto. Octubre y noviembre se posicionan como los meses con menos cantidad de ingresos al país. Estas tendencias se muestran reflejadas en la Figura 2, gráfico que muestra el kilometraje total recorrido por tipo de flota o tecnología.

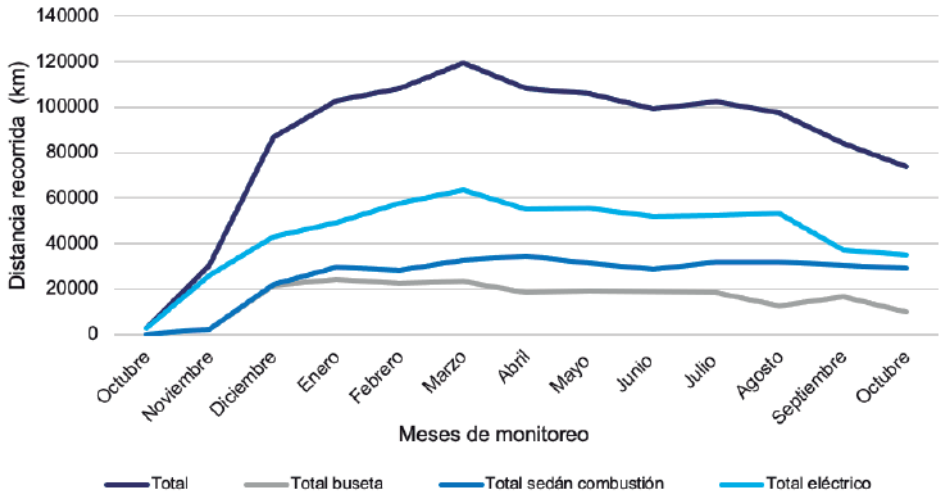


Figura 2. Distancia total recorrida por tipo de flota en el periodo octubre 2023-octubre 2024.

Entender esta tendencia permite comprender por qué en la Figura 3 los meses de diciembre a marzo y agosto sobrepasan la cantidad de kilómetros recorridos en comparación el resto de los meses de año. Como es de esperarse, a mayor cantidad de demanda de servicio de transporte, mayor será el consumo energético en el que se incurra para poder satisfacer esas necesidades. Es importante recalcar que la obtención de datos comenzó con la instalación de los dispositivos de monitoreo el 20 de octubre con las unidades Taxi C, Taxi B y Taxi E, seguido por las unidades Taxi J y Taxi D el 26 de octubre, mientras que el Taxi A se incorporó el 14 de noviembre. Lo anterior justifica los valores más bajos de distancias recorridas que se muestran en los meses de octubre, noviembre y diciembre para algunos Taxis.

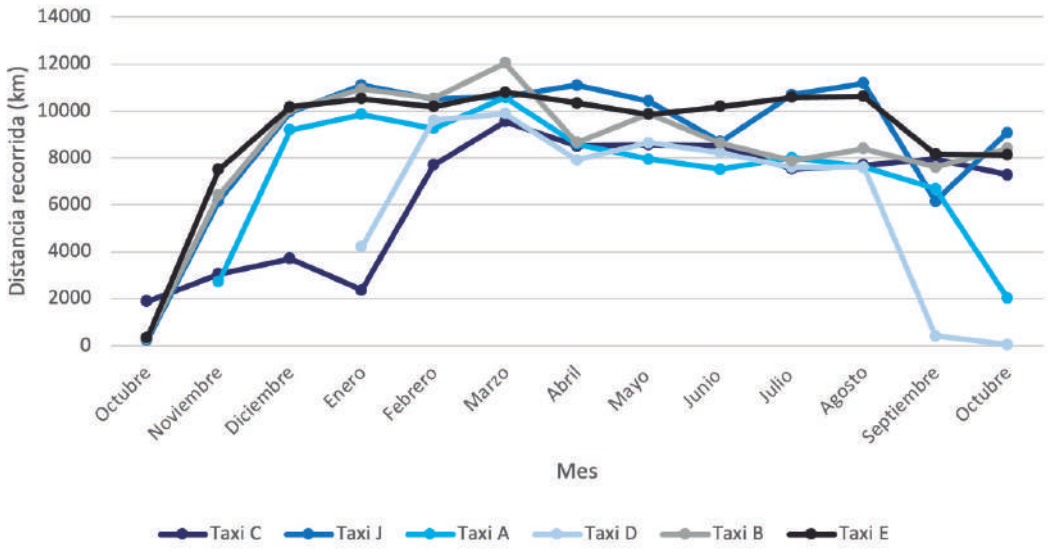


Figura 3. Distancia recorrida por Taxi eléctrico por mes de octubre 2023-octubre 2024,

En el caso de los vehículos eléctricos, se cuantificó la demanda de energía utilizada para la carga de las baterías de los vehículos y se muestran los resultados en la Figura 4. Debe recordarse que se comenzó a reportar datos de variables eléctricas hasta finales de enero del 2024, por lo que parece ser un mes de baja demanda, pero es uno de los meses de mayor utilización de los vehículos, como se observó en la Figura 2. Sin embargo, nótese el aumento de la demanda de febrero a marzo y cómo cada unidad aumenta de nuevo su consumo en agosto.

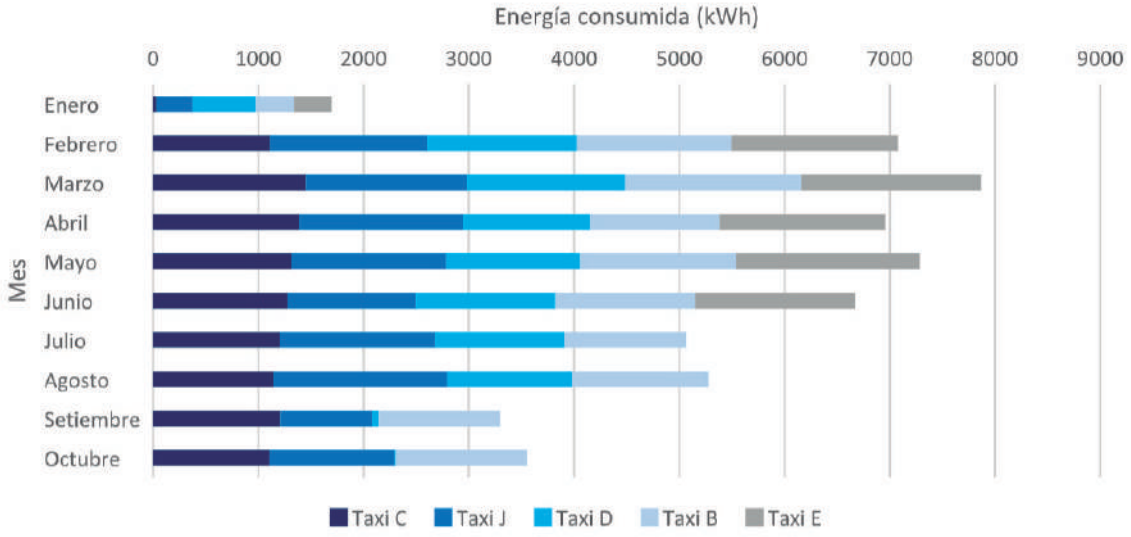


Figura 4. Consumo energético por Taxi eléctrico por mes de enero 2024 a octubre 2024.

Esta tendencia de demanda en ciertos meses del año también se ve reflejada en los Taxis de combustión interna, tanto en sedán como en las busetas. Figura 5, nótese el comportamiento del primer sedán que comenzó a ser monitoreado en el mes de noviembre y su notorio repunte de kilómetros recorridos durante el mes de diciembre, enero, febrero y, entre julio y agosto. En el mes de julio, la unidad Taxi F estuvo también fuera de monitoreo por el cambio de la unidad de transporte requerido por los términos de la concesión de Taxi aeropuerto a nivel nacional. Como sucedió con los Taxis eléctricos, los Taxis de combustión comenzaron al monitorearse en fechas distintas el 24 de noviembre de 2023, Taxi F y Taxi K, las unidades Taxi I, Taxi L y Taxi G comenzaron el 8 de diciembre, mientras que la unidad Taxi H comenzó a reportar datos en los primeros días del mes de marzo.

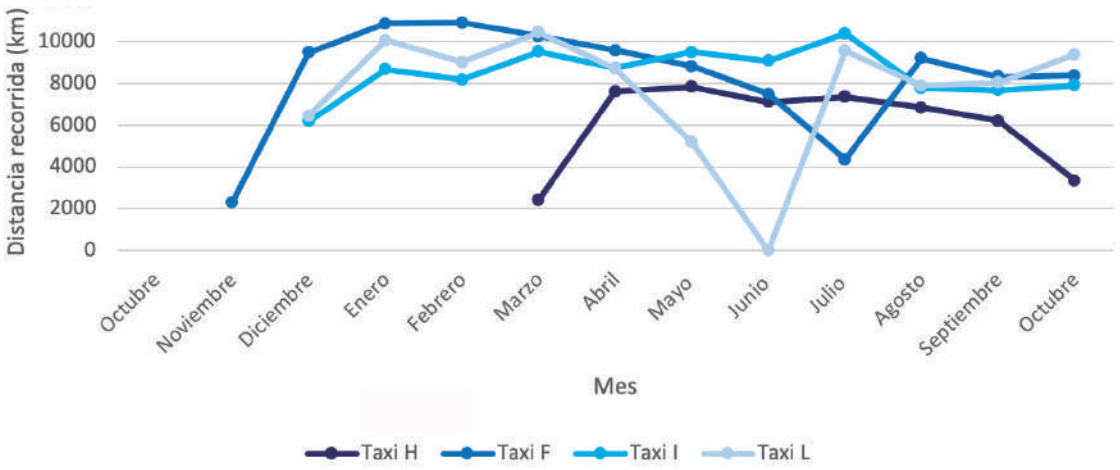


Figura 5. Distancia recorrida por Taxi de combustión tipo sedán por mes de octubre 2023-octubre 2024.

En la Figura 6 se muestra la dinámica del kilometraje para las busetas que presentan un comportamiento que reafirma los indicadores descritos por el Instituto Costarricense de Turismo en su hoja de ruta de electrificación del transporte turístico. Es importante aclarar que la unidad Taxi K ha sufrido desperfectos mecánicos durante los últimos meses por lo que los valores de agosto y octubre discrepan un poco respecto a la otra unidad tipo buseta y el resto de la flota.

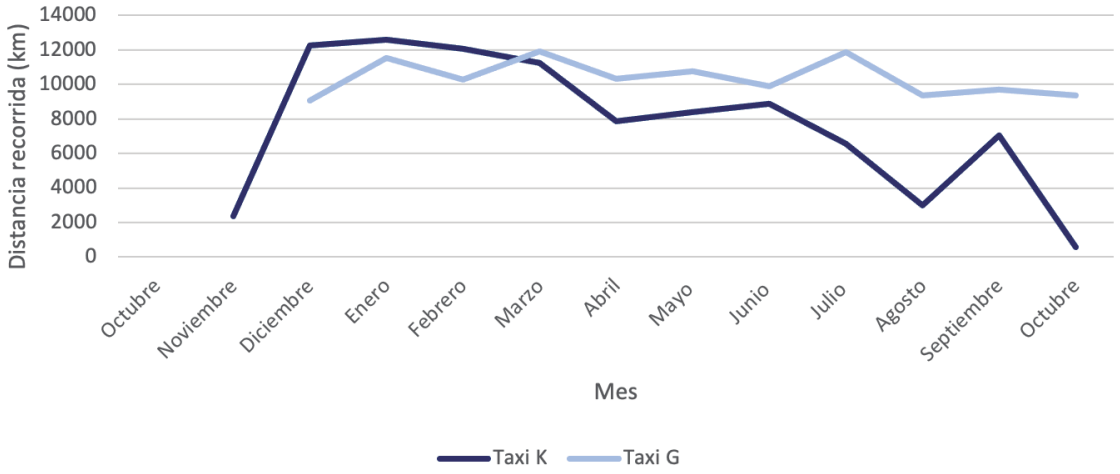


Figura 6. Distancia recorrida por taxi de combustión tipo buseta por mes de octubre 2023-octubre 2024.

En la Figura 7 se muestra el consumo de litros de combustible asociados a las distancias recorridas en la Figura 5 y Figura 6. Este consumo de combustible fue aproximado mediante el software de la Empresa de equipo y software de monitoreo, no es un dato medido a partir de las recargas de combustible de los vehículos. Es importante notar la gran cantidad de combustible consumido por las unidades Taxi K y Taxi G, ambas busetas. La disminución del consumo de combustibles fósiles para el sector transporte podría verse beneficiado por la migración de las busetas hacia modelos con unidades eléctricas. Por ejemplo, como se detalló antes, la flota de Taxis de combustión consumió más de 9000 litros de combustible al mes.

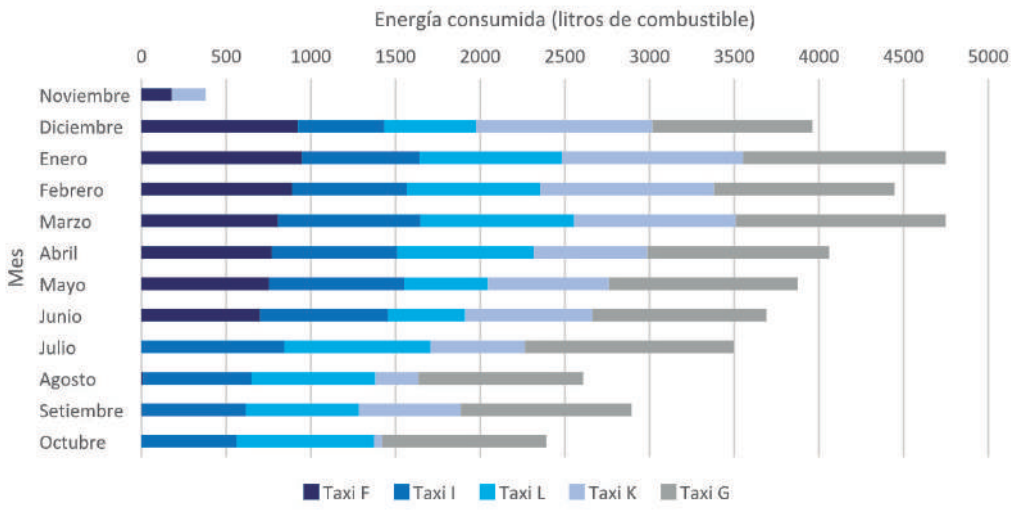


Figura 7. Consumo de combustible por taxi por mes de noviembre 2023-octubre 2024[4].

Así como es fundamental conocer el rango de distancias a la que operan los Taxis del piloto y las épocas del año que mayor demanda de recursos conlleva, es indispensable conocer los puntos en los destinos más frecuentes que visitan las personas choferes. se muestra un desglose de los principales destinos de la mayoría de los viajes realizados en el periodo octubre 2023-octubre 2024 por los Taxis eléctricos, los Taxis de combustión interna tipo sedán y las busetas. Estas últimas tienden a recorrer destinos más lejanos respecto a los viajes realizados por los sedanes, pues, según conversaciones con las personas choferes, las busetas son buscadas por grupos de usuarios que se dirigen en la mayoría de las ocasiones a zonas fuera de la GAM o periferias, porque la Figura 10 muestra con mayor intensidad zonas como Nosara. Además, el estado de algunas de las vías de acceso a estos sitios turísticos no siempre facilita el ingreso mediante vehículos tipo sedán.

Cuadro 3. Destinos más frecuentes de los taxis de combustión interna y eléctricos del plan piloto octubre 2023 y octubre 2024[5].

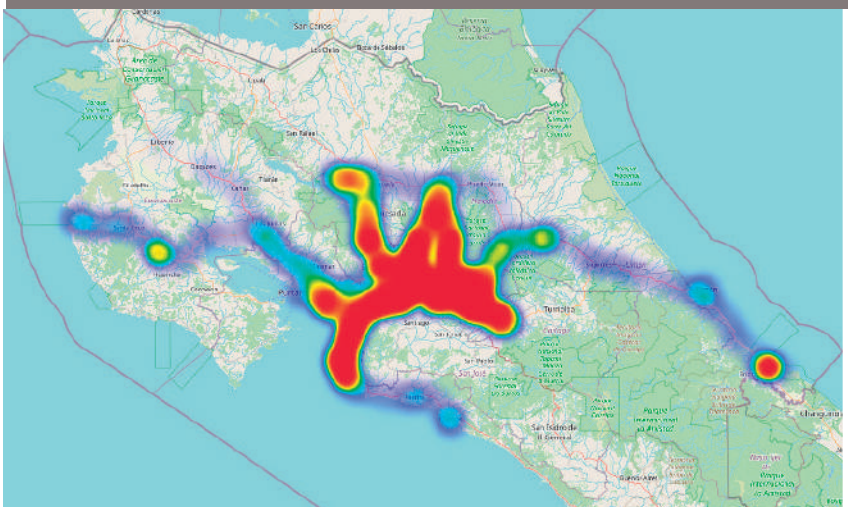
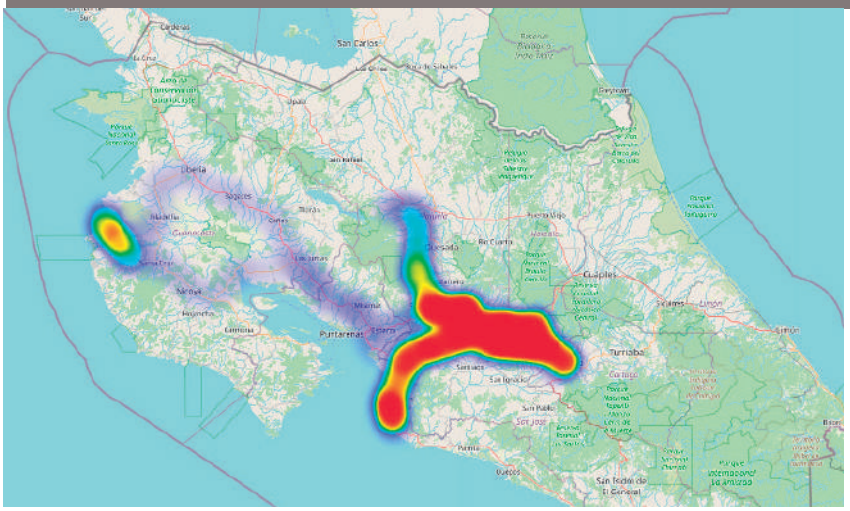
MAPA DE CALOR	DESTINOS MÁS FRECUENTES
	**GAM**: especialmente San José, Heredia y la provincia de Cartago en su centro. **Fuera de GAM:** La Fortuna, Playas de Limón, Puerto Viejo y Manzanillo, Quepos, Manuel Antonio y Jacó.

Figura 8. Viajes de los taxis eléctricos octubre 2023 – octubre 2024.

[4] En la Figura 6 no se muestran los datos de combustible para la unidad Taxi H pues el sistema de monitoreo no reportó valores para los meses en estudio.

[5] Para interpretar de una manera correcta los mapas de calor, se tiene según la empresa de equipo y software de monitoreo "... con colores más fríos que indican menor intensidad y colores más cálidos que indican mayor intensidad. En resumen, el mapa de calor utiliza una escala relativa donde la intensidad del color se calcula dinámicamente en función de la distribución de los puntos de datos que se visualizan en un momento dado".

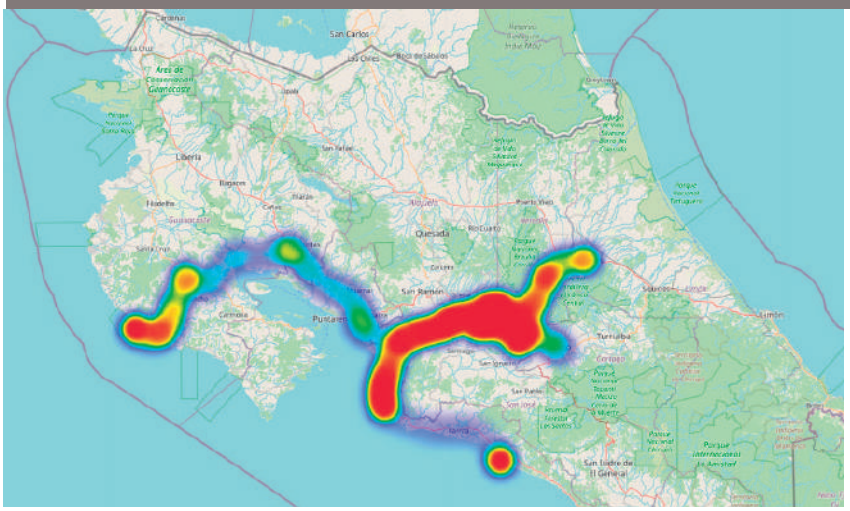
MAPA DE CALOR	DESTINOS MÁS FRECUENTES



GAM: Mayoritariamente en San José, Heredia y Alajuela y Cartago centro.
Fuera de GAM: Jacó, Manuel Antonio y Tamarindo en Guanacaste.

Figura 9. Viajes de los taxis de combustión tipo sedán octubre 2023 – octubre 2024

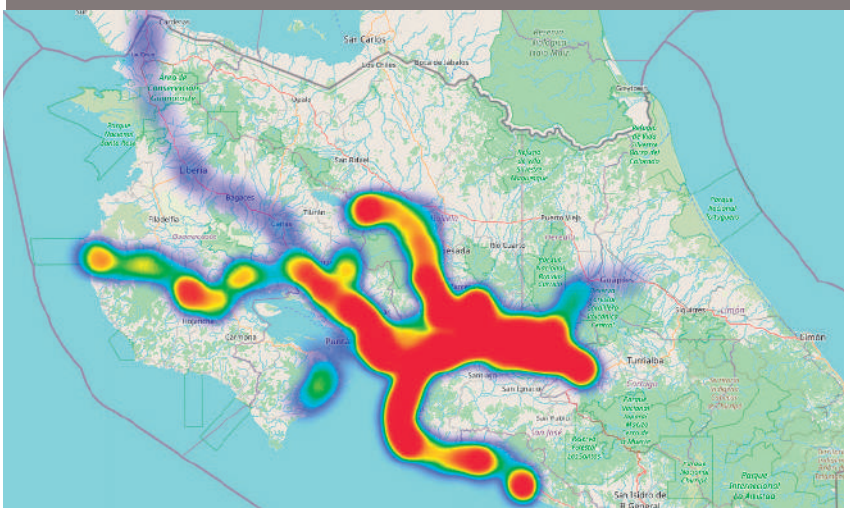
MAPA DE CALOR	DESTINOS MÁS FRECUENTES



GAM: San José, Heredia y Cartago.
Fuera de GAM: Nosara y Sámara en Guanacaste, Manuel Antonio, Quepos y Jacó en Puntarenas, Guápiles en Limón.

Figura 10. Viajes de los taxis de combustión tipo buseta octubre 2023 – octubre 2024

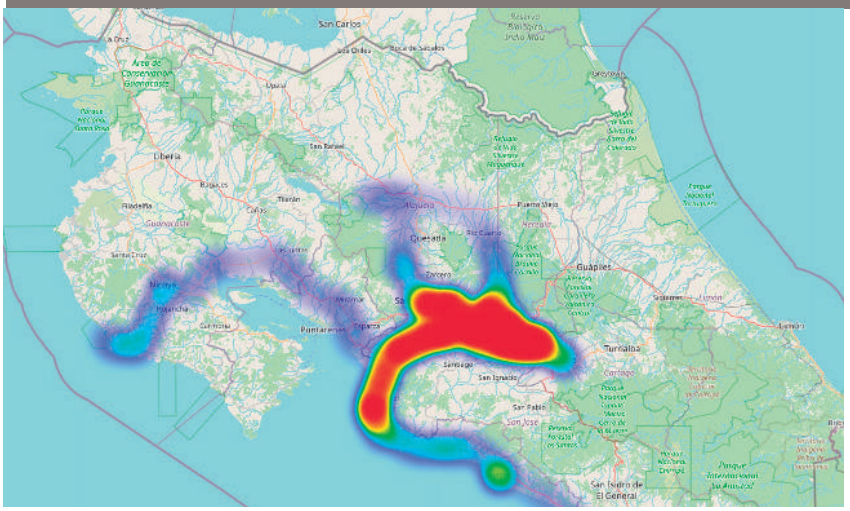
MAPA DE CALOR	DESTINOS MÁS FRECUENTES



GAM: San José, Alajuela, Cartago y Heredia.
Fuera de GAM: Jacó y Quepos, Manuel Antonio en Puntarenas y Nosara y Sámara. Algunos viajes hacia la frontera con Nicaragua.

Figura 11. Viajes de los taxis eléctricos en enero de 2024.

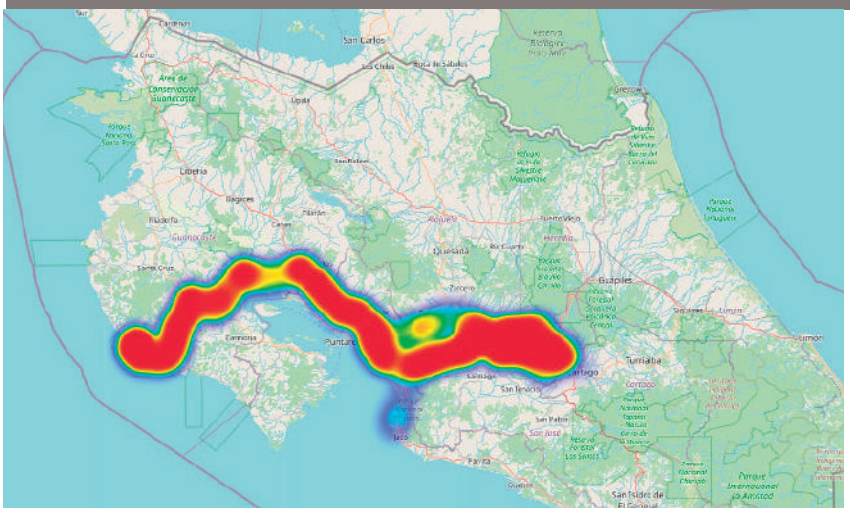
MAPA DE CALOR	DESTINOS MÁS FRECUENTES



GAM: San José, Heredia, Cartago centro.
Fuera de GAM: Puntarenas centro, Jacó, Quepos, Herradura, Playa Hermosa en Puntarenas Liberia y Nosara y Sámara en Guanacaste.

Figura 12. Viajes de los taxis de combustión interna tipo sedán en enero de 2024.

MAPA DE CALOR	DESTINOS MÁS FRECUENTES



GAM: San José, Cartago centro, Heredia, Alajuela centro.
Fuera de GAM: Sámara y Nosara en Guanacaste. Puntarenas centro, Jacó, playa Hermosa, Herradura en Puntarenas.

Figura 13. Viajes de los taxis de combustión interna tipo buseta en enero de 2024.

En el Cuadro 3 se incluyó una comparación entre la mayoría de los viajes realizados por la flota en comparación con uno de los meses más visitados del año, enero. En esa línea, es importante notar cómo se intensifica la concentración del color rojo en ese mes hacia zonas de playas o montaña como Nosara, Sámara, Manuel Antonio, Tamarindo, Herradura, Jacó, La Fortuna y hasta la frontera con Nicaragua como se muestra en la Figura 11. Es importante conocer las rutas frecuentes porque permite que las compañías distribuidoras de electricidad tengan zonas de alta demanda de estaciones de carga con suficientes puntos de carga, especialmente útiles para los Taxis aeropuerto en las que gran parte de sus puntos de llegada se encuentran en la periferia.

3.1.2 Red de carga

3.1.2.1 Disponibilidad de estaciones de carga rápida y semirápida[6]

En el marco del plan piloto, los conductores tienen tres opciones para abastecer energéticamente sus vehículos. La primera opción es la carga lenta, que se realiza con tan solo utilizar una

[6] Este informe contiene únicamente la disponibilidad de cargadores rápidos con conectores GB/T para el ICE y CNFL únicamente pues al cierre de este informe no se ha logrado contactar con las otras distribuidoras para corroborar esta información.

conexión residencial estándar de 120V. La segunda alternativa es la carga semirápida, también conocida como L2. En febrero de 2024, Fundación CRUSA, en colaboración con el ICE, instaló seis estaciones de carga L2 exclusivas para los Taxis eléctricos que operan en el AIJS. Para obtener más detalles técnicos sobre estos cargadores y sus pedestales, consultar el Anexo 2 y Anexo 3.

La tercera opción es la carga rápida, o L3, que se puede encontrar en diversas ubicaciones del país a través de la aplicación PlugShare, donde estos puntos están indicados con íconos de globos naranjas, como se muestra en la Figura 14. Los globos verdes indican los cargadores semirápidos disponibles. En Costa Rica hay 38 centros de recarga rápida que son propiedad del ICE, de los cuales 29 están equipados con el conector GB/T, que es el tipo de conector que requieren los Taxis eléctricos del plan piloto (ver detalles sobre los conectores en el Anexo 4). La CNFL, por su parte, es la segunda distribuidora con cargadores rápidos en el país, sumando un total de 10, de los cuales 6 tienen conector GB/T. Estos últimos están distribuidos ubicados en San Rafael de Escazú, Santa Ana, La Uruca, Alajuela, Curridabat y San José (donde uno se encuentra fuera de servicio por daño). Para más información sobre los cargadores de la CNFL, consultar el Anexo 5.

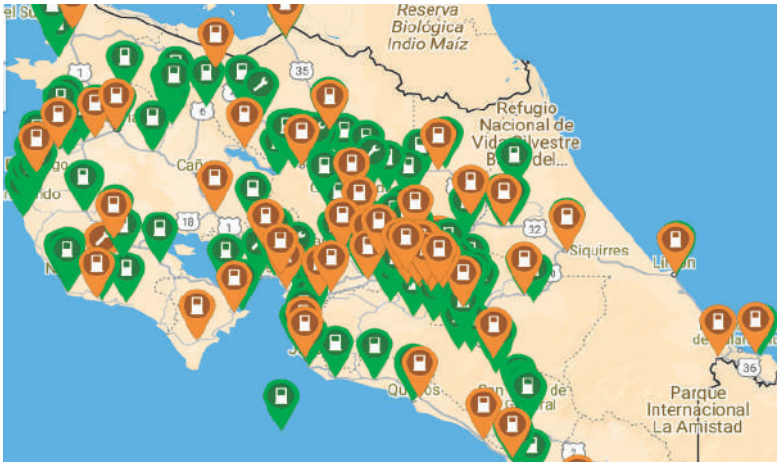


Figura 14. Distribución de los cargadores rápidos L2 y semirápidos L3 disponibles al público en Costa Rica.

Es fundamental fortalecer la infraestructura de carga en las zonas con alta demanda de transporte tipo Taxi, ya que esto incentiva a más propietarios de vehículos a hacer la transición hacia modos de transporte que generen menos emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles. El Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica ha asignado a las distribuidoras eléctricas la responsabilidad de instalar una estación de carga cada 80 km, criterio que actualmente se cumple. Sin embargo, el país enfrenta un rápido aumento en la flota de vehículos eléctricos, con una proyección de triplicación de su tamaño entre 2022 y octubre de 2024. En la actualidad, los conductores de Taxis ya reportan largas filas en ciertos horarios para acceder a los cargadores rápidos, e incluso la dificultad de encontrar estaciones de carga en áreas frecuentadas por turistas, lo que les obliga a invertir más tiempo en este proceso y afecta su eficiencia operativa.

La Figura 15 muestra una comparación entre la distribución actual de cargadores a nivel nacional y los puntos más frecuentados por los Taxistas de vehículos eléctricos que participaron en el plan piloto. Este análisis revela las zonas estratégicas para los conductores, así como

la necesidad de prever la posible sobrecarga de las estaciones cercanas a áreas turísticas. Durante los picos de demanda, no solo los vehículos de trabajo requerirán carga, sino también los más de 21,000 vehículos eléctricos privados que circulan en el país, incluyendo aquellos de familias locales que vacacionan, lo que podría generar una saturación significativa en ciertos puntos de carga.

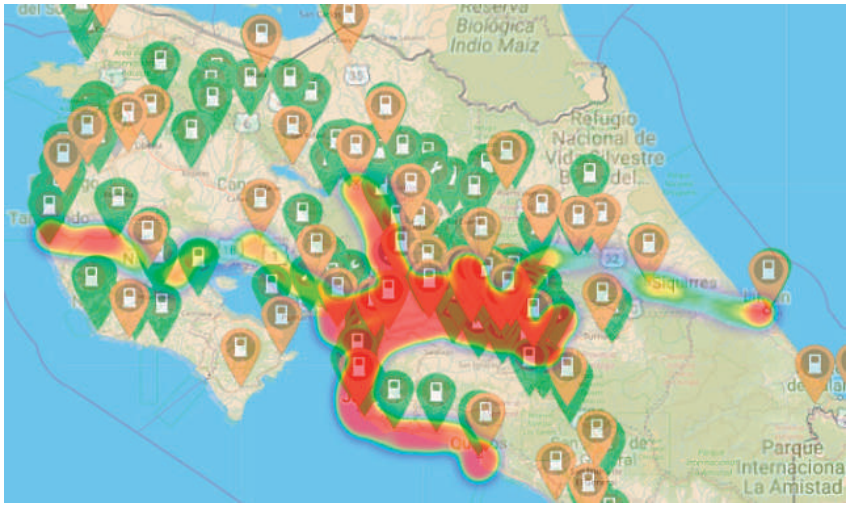


Figura 15. Disponibilidad de cargadores en Costa Rica vs. zonas más visitadas por los taxistas del piloto.

3.1.2.2 Uso de la red de carga por los taxis eléctricos

Este informe detalló anteriormente la demanda de carga asociada a la operación de los vehículos eléctricos. En esta sección se abarca cómo se realizaron esas cargas, qué tipo de carga fue seleccionada por cada uno de los operadores de los Taxis y cómo esas tendencias fueron cambiando a lo largo de los meses de duración del piloto.

Durante las sesiones de acompañamiento y capacitaciones, se incentivó a los choferes de los Taxis eléctricos en el uso de la carga lenta o semirápida para procurar extender la vida útil de sus baterías. Y, como se detalló antes, la instalación de los seis cargadores semirápidos en el parqueo norte del AISJ fue instalado en el mes de febrero. Estos dos factores han promovido que el uso de la carga rápida descendiera de cerca de un 74% en febrero a aproximadamente, 21% en promedio para todas las unidades hacia el mes de octubre. El detalle de este cambio se observa en la Figura 16.

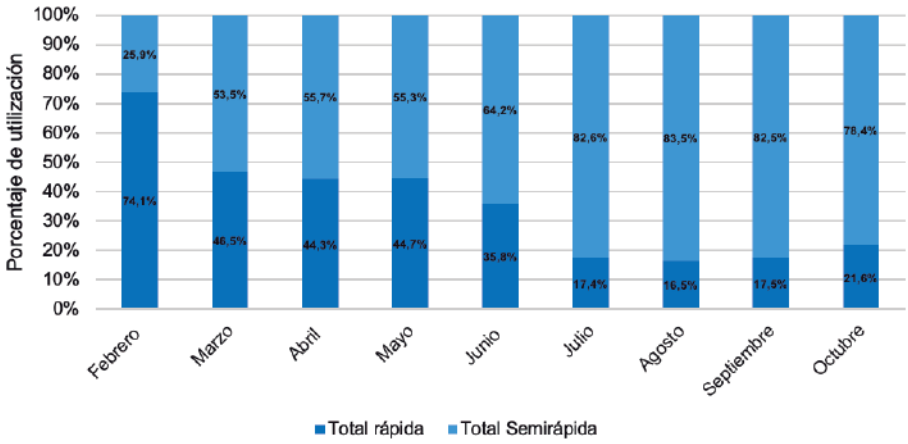


Figura 16. Porcentaje de cargas rápidas y semirápidas para la flota eléctrica de Taxis de mayo a julo de 2024.
Fuente: Empresa de equipo y software de monitoreo, 2024. Adaptación propia.

El escenario anterior es un logro importante en menos de un año, aunque podría lograrse un porcentaje menor de carga rápida. Algunas de las unidades manejan un modelo de operación de chofer en chofer, es decir, el vehículo eléctrico pernocta algunas pocas horas o, en algunas ocasiones, trabaja continuamente. Tal es el caso de las unidades Taxi J y Taxi B y Taxi E. Estas unidades no solo realizan viajes desde el aeropuerto, sino que realizan viajes desde diferentes zonas del país con clientes cuando sus clientes habituales solicitan sus servicios, lo que satura sus agendas. Por otro lado, las unidades Taxi C y Taxi D trabajan bajo una jornada definida que permite que el vehículo se cargue en los cargadores instalados en el Parqueo Norte del AIJS durante al menos 6 horas diarias, carga que, según se ha reportado por las personas conductoras en suficiente para cumplir con toda su jornada excepto cuando encuentran viajes a zonas alejadas de la GAM.

Estos dos escenarios de operación pueden verse reflejados con datos en la Figura 17. El Taxi J y el Taxi E son las dos unidades que han utilizado mayor cantidad de cargas rápidas de febrero hasta octubre de 2024. Entre estas unidades, existe una diferencia significativa entre porcentajes de cargas rápidas, de hasta 34%.

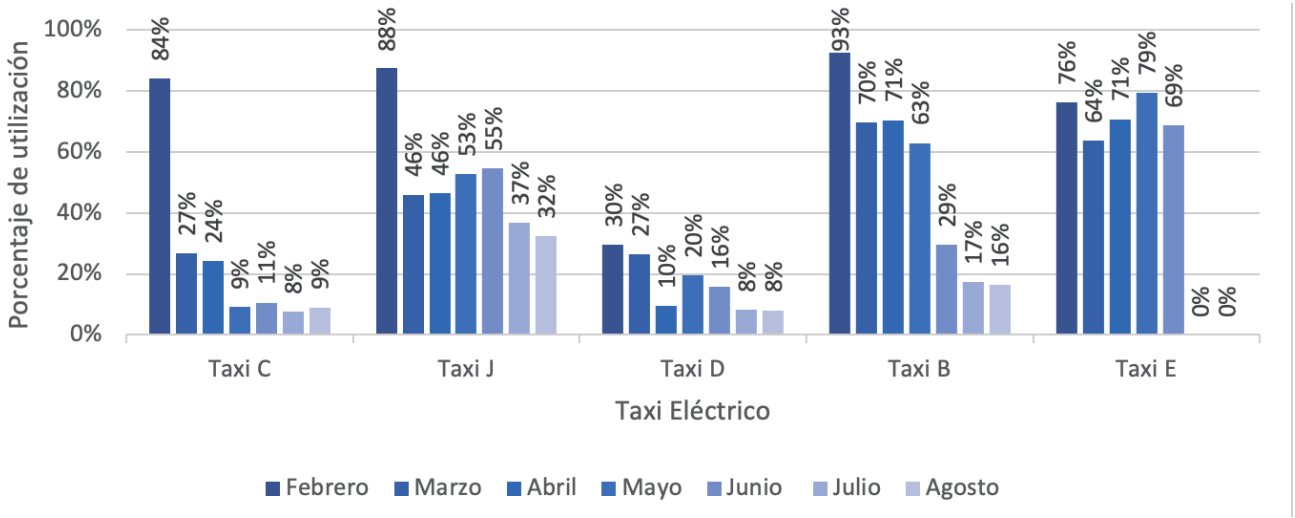


Figura 17. Porcentaje de utilización de carga rápida por taxi eléctrico de febrero a julio de 2024.
Fuente: Adaptación propia.

Sin embargo, es importante notar que inclusive el Taxi J ha reducido el uso de la carga rápida respecto al primer mes monitoreado, febrero. Por su parte, el Taxi C y Taxi D hacen uso, en la mayoría de los casos de los cargadores del AIJS. La ventaja de esta zona de carga es que permite tener y dejar el vehículo de trabajo parqueado en la zona de trabajo. Además, es una zona que cuenta con un oficial de seguridad, así como el uso exclusivo de esa red de carga para los Taxis del plan piloto.

Respecto a los cargadores rápidos, la Figura 18 muestra aquellos cargadores con mayor uso por los usuarios del plan piloto. Estos cargadores se encuentran en las cercanías del AIJS y a lo largo de los meses se ha observado la baja a su uso, tanto por la adaptación al uso de carga semirápida como a la inhabilitación o reparación que han sufrido estas estaciones de recarga a lo largo de los meses, como es el caso del cargador de El Cafetal.

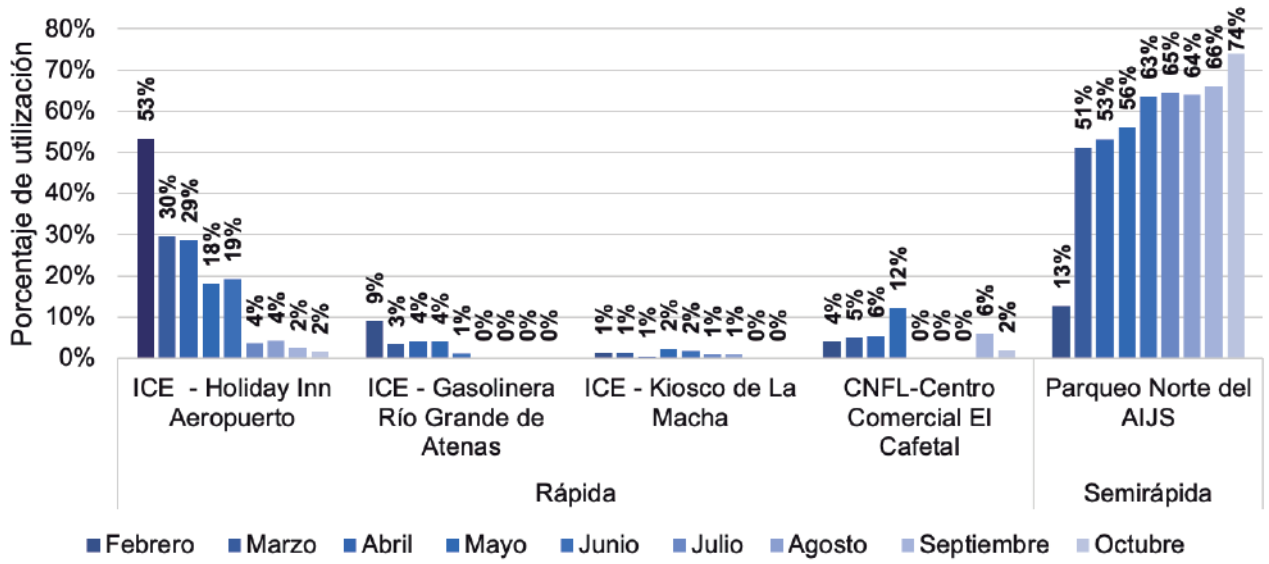


Figura 18. Porcentaje de utilización de los cargadores rápidos y los cargadores semirápidos instalados en el AIJS.
Fuente: Adaptación propia.

Parte de la información que también se ha compartido durante las capacitaciones con los participantes del piloto es, si deciden utilizar la carga rápida porque se ajusta mejor a su modelo operativo, no sobrepasar el 90%. Esto está relacionado con los protocolos de carga de cada marca pues, a cierto porcentaje de carga disminuyen la cantidad de energía que permite que ingrese al vehículo para proteger la batería de sobrecalentamiento o sobrecarga. En el caso del modelo Aion S ese punto sucede cuando la batería alcanza el 90% de carga. Además, dado que en Costa Rica el cobro de la energía en las estaciones de recarga rápida se realiza por minuto, recargar el último 10% se convierte en un proceso muy caro en comparación con la carga rápida del 0%-90%.

En la Figura 19 se muestra cómo a lo largo de los meses la mayoría de las unidades han optado por no llevar la carga de su vehículo por encima del 90%, lo que también se ve reflejado en los costos asociados a la carga del vehículo por mes que se mostrará una sección posterior.

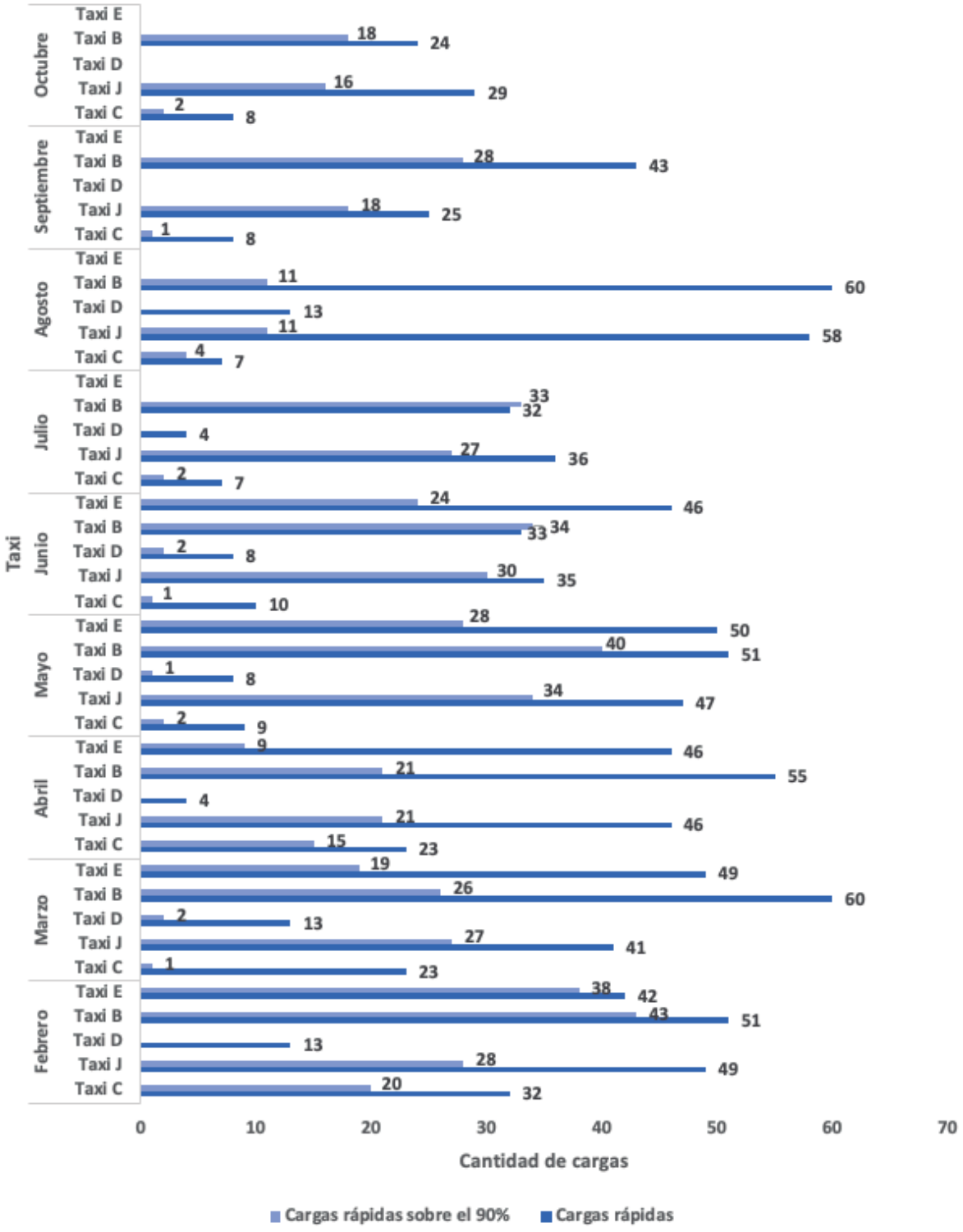


Figura 19. Cargas rápidas por unidad de taxi eléctrico de febrero a octubre de 2024.
Fuente: Adaptación propia.

La Figura 20 muestra cómo totalidad de esas cargas se ven acumuladas en el tiempo. Nótese que las dos unidades que más kilometraje realizaron en el periodo octubre 2023-octubre 2024 fueron el Taxi J y el Taxi E, por lo que se esperaría que sean las dos unidades que mayor consumo de energía hayan realizado. Esta última unidad sufrió un fallo de comunicación después del retiro del dispositivo de monitoreo en uno de los mantenimientos preventivos de su agencia por lo que se reportan datos hasta junio. Sin embargo, se nota como al mes de junio el Taxi D ronda la misma cantidad de energía acumulada que la del Taxi J.

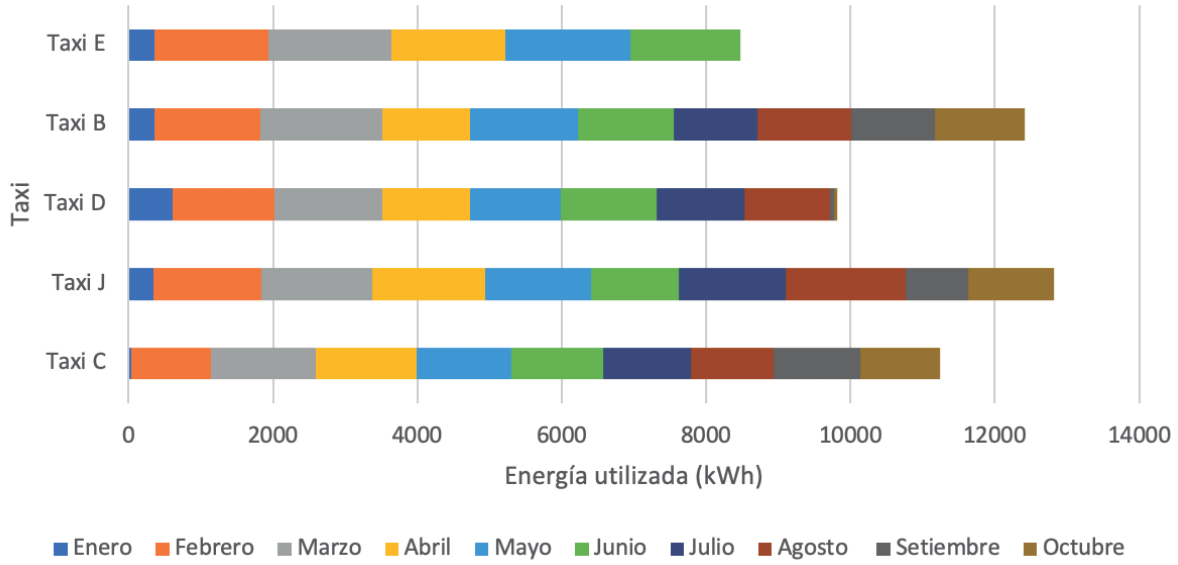


Figura 20. Energía consumida por taxi eléctrico de enero a octubre de 2024.

El chofer principal de la unidad Taxi D aún sufre de ansiedad de rango y ha sido uno de los usuarios que más empeño ha puesto en la migración hacia la tecnología. Y aunque su tendencia durante el piloto ha sido constante aún sigue parando a cargar, aunque no necesite la carga, pues indica no quiere quedarse sin carga y que prefiere pasar a cargar la unidad cada vez que encuentre un cargador disponible. Algunos factores como haber laborado por más de dos décadas conduciendo vehículos de combustión, la edad y las creencias de una persona conductora pueden ser determinantes para sus hábitos de carga y consumo energético.

3.1.3 Costos de operación de los Taxis por concepto de consumo de energía

Esta sección describe la estimación de los costos de energía asociados a la operación a los Taxis, exclusivamente al costo de abastecimiento de combustible o carga eléctrica. Dentro del proyecto se está trabajando un estudio relacionado con determinar el costo total de propiedad para los vehículos eléctricos y los de combustión interna, con el fin de apoyar el proceso de toma de decisión de las personas Taxistas.

Los resultados que se presentan en esta sección toman datos aproximados del costo de la carga eléctrica en modalidad rápida y semirápida, pues el cobro estará asociado al proveedor del suministro eléctrico o al costo del espacio de carga si se trata de un ente privado. Respecto al combustible, se tomó como referencia los valores por litro publicados por la autoridad competente (RECOPE). Para la presentación de los gráficos también se utilizaron los datos de kilometraje, litros de combustible y consumo de energía. Para profundizar en los detalles de cálculo se pone a disposición de la persona lectura la memoria de cálculo "Datos de monitoreo y memoria de cálculo de costos asociados a carga y combustible-Final"[7]. Cabe resaltar que el Taxi E tuvo problemas para registrar datos de consumo energético a partir del mes de junio de 2024. Lo mismo sucedió con el registro de consumo de combustible para el Taxi F. El Taxi D sufrió un accidente a principios de setiembre por lo que octubre no se reporta dicho mes ni octubre de 2024, mientras que Taxi K estuvo las últimas semanas en reparaciones en un taller mecánico.

[7] Ver hoja de cálculo en el siguiente enlace: Datos de monitoreo y memoria de cálculo de costos asociados a carga y combustible-Final.xlsx

Los costos asociados a la carga eléctrica están dados para cada unidad por kilómetro mes a mes en la Figura 21. Es importante notar que los costos mensuales de cada unidad varían en cuestión de un máximo de 16 colones en el periodo de estudio. Esto puede deberse a los hábitos de conducción y al tipo de carga utilizada, pues la carga semirápida es mucho más económica que la carga rápida, alrededor de 189 colones/kWh y 263 colones/kWh, respectivamente (ver detalles en la memoria de cálculo detallada en el párrafo anterior). Es interesante notar que la mayoría de las unidades presentan su máximo en febrero y se tiende hacia la baja en los últimos meses, lo que coincide con la disminución del uso de carga rápida hacia el final del periodo. El rango del costo asociado a la carga de los vehículos varía entre los 28 colones/km y los 44 colones/km.

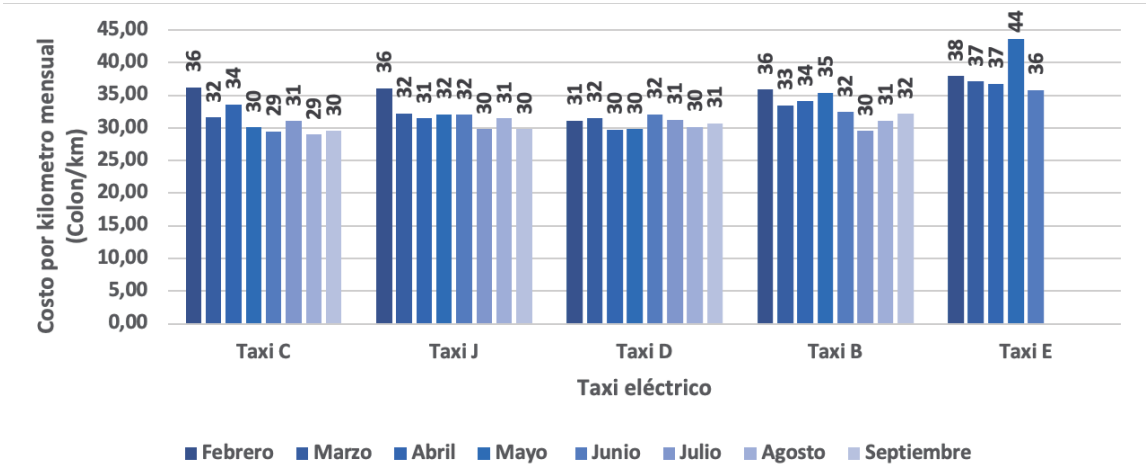


Figura 21. Costo mensual promedio de energía de la flota de Taxis del plan piloto en el periodo febrero a septiembre de 2024.
Fuente: Empresa de equipo y software de monitoreo, 2024. Adaptación propia.

La comparación Figura 22 y Figura 23 resulta una tarea de cuidado, pues es necesario recordar que los primeros son automóviles mientras que el resto son busetas. Dentro del rango de los sedanes, como se expuso al inicio de este documento, se encontraron modelos con años de fabricación distintos, sin contar que los hábitos de conducción de cada persona que maneja el vehículo influyen significativamente. En cuanto a las busetas, aplican los mismos factores mencionados antes. Además, se debe considerar el estado de mantenimiento mecánico de las unidades. Lo que sí es posible inferir es que los costos de las busetas por kilómetro rebasan a los vehículos tipo sedán, así como estos últimos son superiores a los costos que reportaron los vehículos eléctricos.

Los Taxis de combustión tipo sedán mostraron un rango de 51 a 70 colones por kilómetro, mientas que las busetas tienen un rango de 48 a un tope de 66 colones por kilómetro. Esta información, si bien no contempla todas las variables económicas de la operación de un vehículo, permite una visión general de los costos energéticos entre un tipo de Taxi u otro. Tras la publicación del informe económico del plan piloto sería de interés observar qué tanto peso tiene la estacionalidad en las ganancias de los concesionarios en comparación con los costos. Pues, aunque el cambio entre meses de los Taxis de combustión no supera los 15 colones por kilómetro, es posible apreciar la influencia de los meses de mayor demanda turística, como lo muestra el Taxi I, Taxi K, Taxi G y el Taxi L (especialmente en el mes de agosto y marzo de 2024).

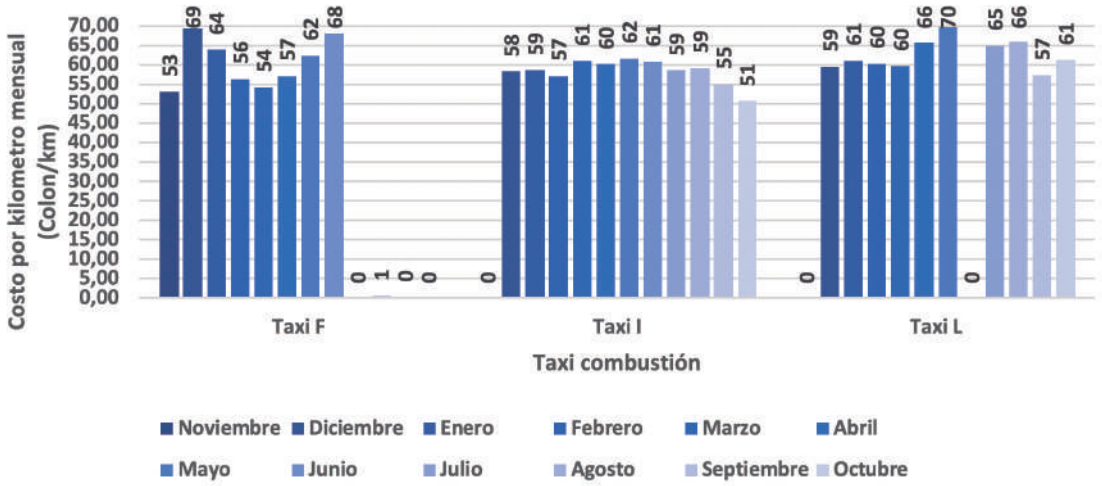


Figura 22. Costo mensual promedio de combustible de la flota de Taxis (sedanes) del plan piloto de noviembre 2023 a octubre de 2024[8].

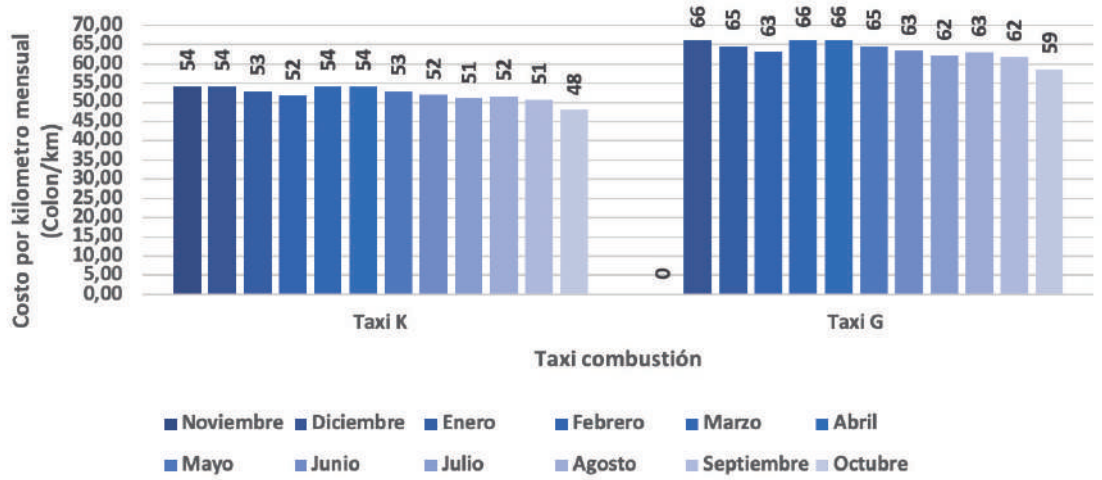


Figura 23. Costo mensual promedio de combustible de la flota de Taxis (busetas) del plan piloto de noviembre de 2023 a octubre de 2024.

En esta sección es importante aclarar que el cálculo del costo aproximado de combustible por kilómetro reportado para las busetas se realizó con la eficiencia promedio obtenido mediante los datos de consumo de combustible y la distancia recorrida en kilómetros asociada a ese consumo. A partir de esta eficiencia se calculó la cantidad de litros consumidos por mes respecto a la distancia recorrida en cada mes. Esos datos se multiplicaron por los costos del diésel reportados por RECOPE en cada mes, desde noviembre de 2023 a octubre de 2024. A diferencia de los vehículos de eléctricos, las busetas reportaron datos de consumo energético desde noviembre. Se pueden ver los detalles en la hoja de cálculo anclado al pie de página número 10.

3.1.4 Emisiones relacionadas a la operación de los Taxis eléctricos

La visión de este plan piloto es acelerar la transición hacia el transporte público eléctrico en Costa Rica. En esta sección se presenta la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero evitadas por la sustitución de seis Taxis de combustión interna por Taxis eléctricos y la cantidad de emisiones liberadas por los seis Taxis de combustión monitoreados.

[8] Este gráfico no muestra los datos de la unidad Taxi H pues la plataforma no reportó datos de uso de combustible desde su instalación en marzo hasta el 30 de noviembre.

El Cuadro 4 presenta un resumen basado en el supuesto de lo que hubiera sucedido si las personas concesionarias de Taxi eléctrico se hubieran mantenido operando como Taxis con su vehículo anterior. La cantidad de dióxido de carbono equivalente que se evitó liberar por el consumo de combustibles fósiles es 74,5 toneladas CO2e. Los datos que se muestran en esta sección incluyen los meses entre diciembre 2023 y octubre 2024 pues, para el mes de diciembre ya se contaba con la totalidad de los vehículos eléctricos y de combustión monitoreados, exceptuando el Taxi H que comenzó a ser monitoreada en el mes de marzo 2024. Se vuelve mucho más aprovechable la cantidad de emisiones evitadas con por la totalidad de los Taxis eléctricos del piloto.

En la Figura 24, se muestra la cantidad de emisiones evitadas por mes. Es importante mencionar que la mayor cantidad de emisiones fueron evitadas para los meses de alta demanda como febrero y marzo de 2024. Hacia el final del monitoreo, en agosto, setiembre y octubre de 2024 se nota la disminución de emisiones correspondiente a la falla en la medición de variables a partir del mes de octubre de la unidad Taxi E y la falta de operación del Taxi D por el choque sufrido en el mes de agosto.

Cuadro 4. Emisiones evitadas por el uso de los taxis eléctricos del plan piloto en el periodo diciembre 2023-octubre 2024

Placa	Marca y modelo	Año	Combustible	Kilometraje (km)	Emisiones electricidad (ton)	Emisiones si fueran CI (ton)	Emisiones evitadas (ton CO2e)
TAXI C	Toyota Corolla	2014	Diésel	80923	1,1	12,2	11,2
TAXI J	Toyota Corolla	2014	Diésel	108979	1,4	16,5	15,1
TAXI A	Toyota Corolla	2014	Diésel	72673	0,9	12,0	11,1
TAXI D	Toyota Corolla	2014	Diésel	63715	0,9	9,7	8,8
TAXI B	Toyota Corolla	2014	Diésel	102517	1,3	15,5	14,2
TAXI E	Toyota Yaris	2017	Gasolina	90546	1,1	15,3	14,1
Total				519353	6,6	81,1	74,5

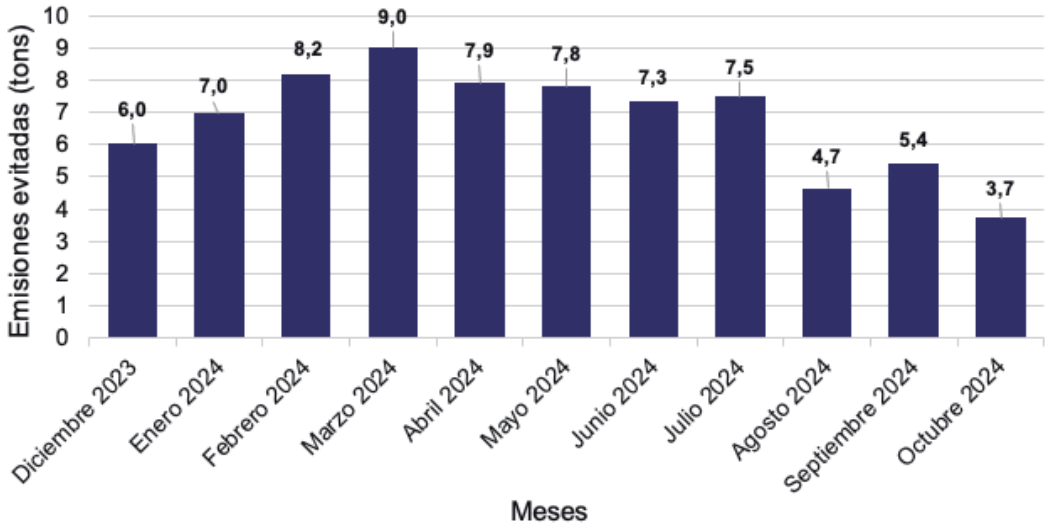


Figura 24. Emisiones evitadas por la implementación de los taxis eléctricos de diciembre 2023 a octubre de 2024.

Por otro lado, como se muestra en el Cuadro 5, la cantidad de emisiones de CO2e liberadas por los cuatro sedanes y las dos busetas es de 103,6 toneladas. Para la estimación de emisiones del Toyota Yaris 2017 se usó 168,4 g/km (según Fuel Economy), para el Toyota Corolla 151 g/km y para el Toyota Hiace 239 g/km (según Car Emissions). Para las emisiones relacionadas al consumo de energía eléctrica, se usó 0,0879 kg CO2e/kWh (según el Instituto Meteorológico Nacional para el 2021), y una eficiencia de los vehículos eléctricos se consideró como 7 km/kWh[9], este valor corresponde al promedio de las eficiencias reportadas según la plataforma de la Empresa de equipo y software de monitoreo.

Cuadro 5. Emisiones liberadas por el uso de los taxis de combustión interna del plan piloto en el periodo diciembre 2023-octubre 2024.

Placa	Marca	Modelo	Combustible	Año	Kilometraje (km)	Emisiones (tons CO2e)
TAXI H	Toyota	Corolla	Gasolina	2018	48717	7,4
TAXI F	Toyota	Yaris	Gasolina	2018	97875	16,5
TAXI K	Toyota	Hiace	Diésel	2017	78527	21,6
TAXI I	Toyota	Yaris	Gasolina	2018	93619	15,8
TAXI L	Toyota	Yaris	Gasolina	2020	93836	15,8
TAXI G	Toyota	Hiace	Diésel	2017	114111	26,5
Total					526685	103,6

En cuanto a la cantidad de emisiones, en la Figura 25 es notoria la influencia de la incorporación del Taxi H y el aumento de viajes correspondiente a los meses de mayor demanda denotados en secciones anteriores. En el mes de octubre se evidencia la salida de operación de la unidad Taxi K en el mes de agosto y después en el mes de octubre de 2024. Es interesante notar que la unidad que mayor kilometraje acumuló de diciembre 2023 a octubre 2024 fue la que mayor cantidad de emisiones.

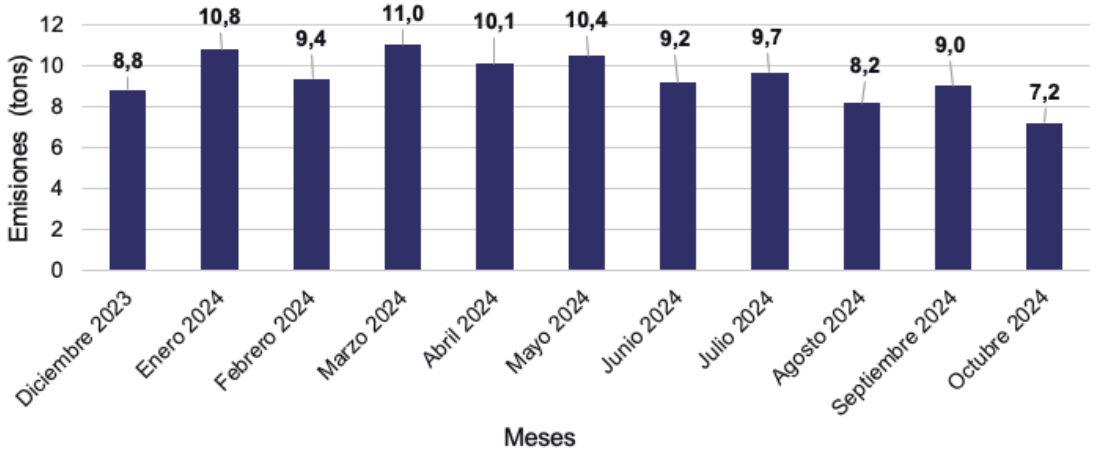


Figura 25. Emisiones liberadas por la implementación de los Taxis de combustión (sedanes y busetas) de diciembre 2023 a octubre de 2024.

[9] Para conocer los detalles de los cálculos de emisiones visitar la memoria de cálculo en el siguiente enlace: Estimación de emisiones_Diciembre 2023 a Octubre 2024_FINAL.xlsx.

3.2 Patrones de conducción de los Taxis del plan piloto

3.2.1 Eficiencia asociada a la conducción

Durante esta sección se presentan parámetros brindados por la Empresa de equipo y software de monitoreo que reflejan los hábitos de conducción relacionados a la velocidad máxima, velocidad media y excesos de velocidad, así como los resultados del desempeño y eficiencia energética.

De acuerdo con la Ley 9078: Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestre, la velocidad en autopistas no puede ser menor a 50 km/h, 60 km/h en zonas donde no exista demarcación, 50 km/h en zonas urbanas de alta densidad. En la Figura 26, se muestran los valores de velocidad máxima y media para los Taxis eléctricos donde se puede apreciar que para los meses de mayo a junio existen excesos de la velocidad máxima permitida. Es importante llamar la atención sobre estas velocidades máximas, pues, al poner en riesgo a las personas conductoras y a los peatones, son inaceptables.

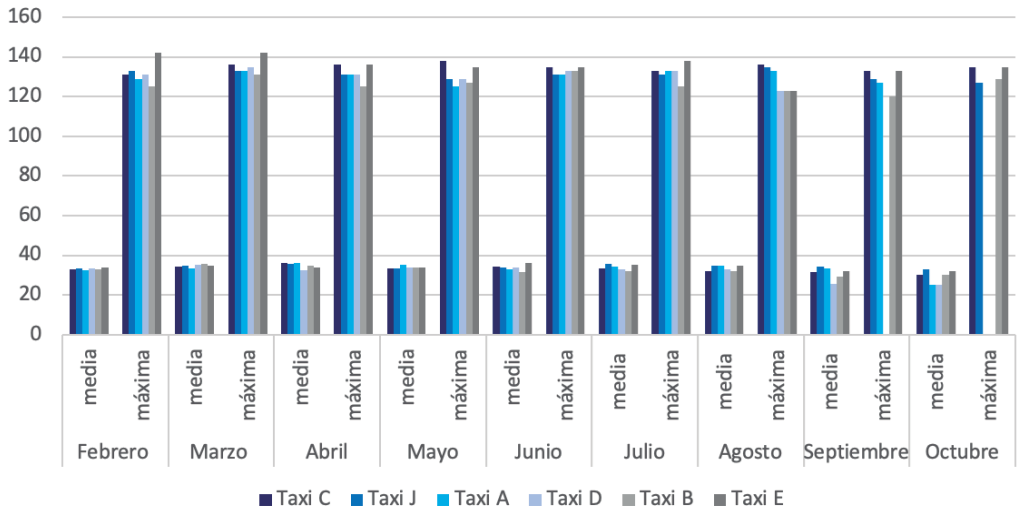


Figura 26. Velocidad máxima por taxi eléctrico en el periodo febrero-octubre de 2024.
Fuente: Adaptación propia.

En la Figura 27, se muestra el porcentaje de excesos de velocidad de toda la flota monitoreada a partir del mes de noviembre 2023 hasta octubre 2024. Los meses que se presenta para cada mes representan la información que la plataforma logró medir, en la mayoría de los casos se comenzó a registrar los valores de excesos de velocidad alrededor de un mes de la instalación del dispositivo de monitoreo.

Fue de especial importancia para este proyecto evaluar la adaptación al cambio de tecnología basados en la velocidad máxima que registraban los Taxis, especialmente los eléctricos. Según lo indican las casas fabricadoras de diferentes marcas de vehículos, la mayoría de los modelos pueden llegar de 0 a 100 km/h en menos de 12 segundos, pues su torque de salida es mayor que el de un vehículo de combustión.[10] El modelo adquirido por los concesionarios permite una velocidad máxima de hasta los 140 km/h y en la Figura 26 se muestra que las velocidades máximas rondaron ese valor durante los meses presentados para la mayoría de las unidades.

[10] Ver referencia y detalles en el siguiente enlace:Mitos_Realidades_y_Ventajas_de_los_VE_09032018.pdf

Por su parte, las velocidades promedio también se mantuvieron constantes a lo largo del periodo, todas por debajo de los 50 km/h.

Específicamente, la Figura 27 muestra que el porcentaje de incidencia mayor en excesos de velocidad se observa para el Taxi C en diciembre de 2023, seguido por el Taxi K y Taxi J en enero de 2024 y el Taxi I en el mes de julio. Es importante recalcar que los resultados de este informe y los informes trimestrales que complementan este documento fueron transmitidos trimestralmente a las personas choferes y concesionarios, con recomendaciones de cómo mejorar sus prácticas de conducción. A pesar de que los excesos de velocidad (que se reportaron a los 10 km/h por encima de la velocidad permitida en cada carretera) no desaparecieron, sí se notó una disminución importante en su recurrencia hacia el final del periodo, como ejemplo, puede notar que el Taxi C pasó de alrededor de un 8% en diciembre a un valor cercano al 1% en el mes de octubre.

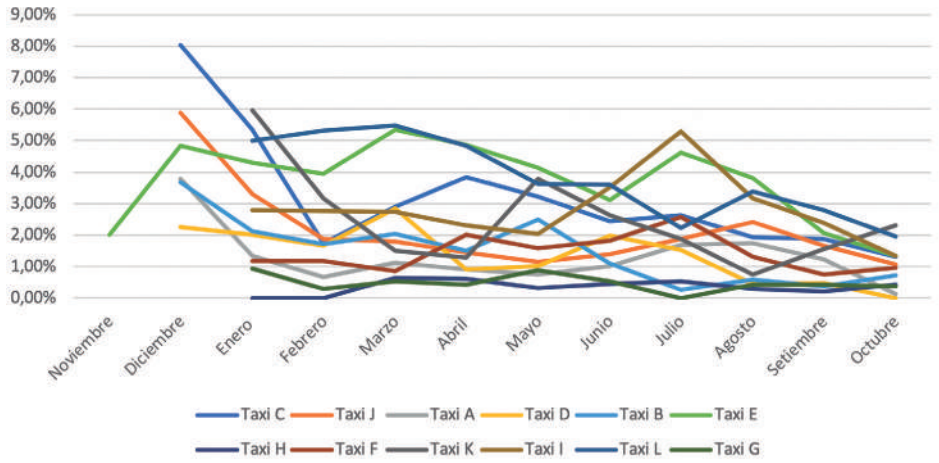


Figura 27. Excesos de velocidad para toda la flota por mes de octubre 2023-octubre 2024.

Otro parámetro que se estudió a lo largo de la ejecución del piloto fue la eficiencia, es decir qué tanto lograron rendir su energía para desplazarse la mayor cantidad de kilómetros posibles. Las capacitaciones ofrecidas permitieron orientar a los conductores sobre cómo mejorar su eficiencia, de manera que su conducción fuese más sostenible. La muestra la eficiencia energética para los vehículos eléctricos y Figura 29 muestra la eficiencia energética para los de combustión interna al conducir de la flota hasta el último mes de monitoreo (octubre 2024). Este parámetro pudo ser leído desde la plataforma de la Empresa de equipo y software de monitoreo a partir del mes de enero, es por ello que se muestran los datos a partir de ese mes de 2024.

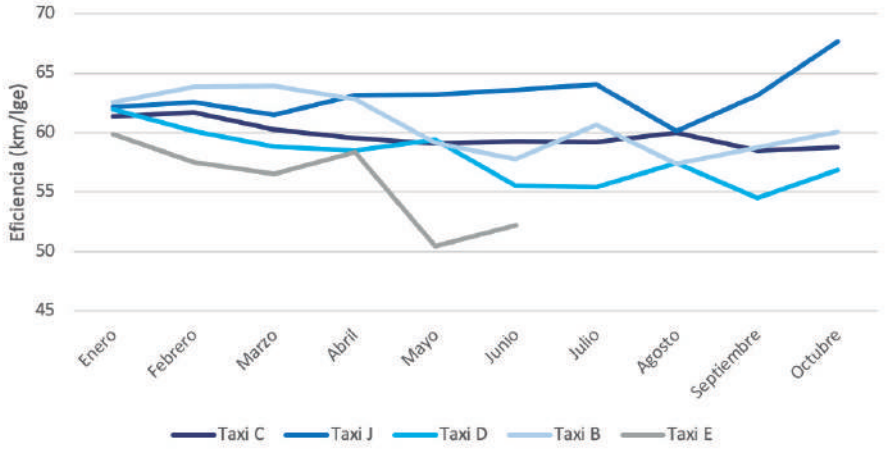


Figura 28. Eficiencia energética por unidad eléctrica en el periodo enero-octubre de 2024. **Fuente:** Adaptación propia.

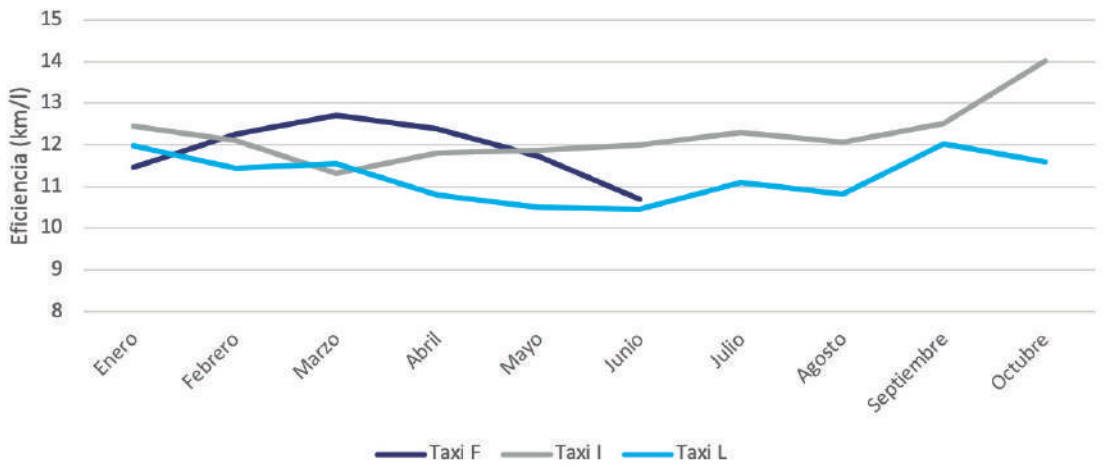


Figura 29. Eficiencia energética por unidad de combustión (sedán) en el periodo enero-octubre de 2024.
Fuente: Adaptación propia.

Es posible observar que todas las unidades eléctricas comenzaron con una eficiencia similar, cercana a los 60 km/L-e. Conforme fueron pasando los meses el Taxi J mostró aumento en la mayoría de los meses y fue esta unidad que cerró con el valor más alto, mientras que el Taxi C reportó valores relativamente constantes en el tiempo. Los sedanes de combustión reflejan, en apariencia, una forma de conducción definida y estandarizada. Se debe recordar que la eficiencia está relacionada con los hábitos conductivos, por lo que los excesos de velocidad mostrados en las figuras anteriores, así como cambios bruscos de velocidad o inclusive el relieve de las rutas en las que se desplacen al mes va a modificar los valores de eficiencia de la flota de Taxis.

Para el caso de las busetas, como se explicó anteriormente, se realizó el cálculo promedio de la eficiencia de cada Taxi, pues los datos de eficiencia reportados para estas unidades no correspondían con los valores reportados en la literatura y en las fichas técnicas del modelo Toyota Hiace. Es así, como se obtuvo un rendimiento de 11,8 km/l para el Taxi K y una eficiencia en el uso de combustible de 9,3 km/l para el Taxi G. Los detalles de ese cálculo pueden ser observados en el archivo en línea titulado: "Rendimiento busetas"[11].

3.3 Mantenimiento de los Taxis eléctricos

Esta sección muestra un resumen del seguimiento mecánico brindado a los seis Taxis eléctricos del patrocinado por el piloto. En el Cuadro 6 se muestra un resumen de los mantenimientos preventivos y de corrección a los que se sometieron los seis vehículos eléctricos en la agencia en la que fueron adquiridos. Los mantenimientos preventivos se refieren a aquellos programados que permiten anticipar daños o fallos en el funcionamiento de los Taxis eléctricos. Los mantenimientos extraordinarios que se muestran a continuación responden a situaciones catalogadas como emergencias o eventualidades que obstaculizaron el correcto funcionamiento de los Taxis eléctricos. En el Anexo 8 se muestra un cuadro con mayor detalle sobre el resultado del mantenimiento realizado a cada Taxi.

[11] Ver detalle del cálculo del rendimiento en el siguiente archivo: Rendimiento busetas.xlsx

Cuadro 6. Detalles de chequeos preventivos y correctivos por parte de la agencia de los vehículos eléctricos EVE.

Tipo de mantenimiento	Taxis	Aspectos destacables
Preventivo 20000 km	TAXI C TAXI J TAXI A TAXI D TAXI B TAXI E	Destacaron aspectos como la desinfección de los filtros de aire acondicionado, mantenimiento del sistema de frenos y el escaneo del vehículo mediante el puerto OBDII.
Preventivo 40000 km	TAXI C TAXI J TAXI A TAXI D TAXI B TAXI E	Destacaron aspectos como la desinfección/reemplazo de los filtros de aire acondicionado, mantenimiento del sistema de frenos, algunos ajustes mecánicos y el escaneo del vehículo mediante el puerto OBDII.
Preventivo 60000 km	TAXI C TAXI J TAXI A TAXI D TAXI B TAXI E	Destacaron aspectos como la desinfección/reemplazo de los filtros de aire acondicionado, cambio de líquidos y aceites, mantenimiento del sistema de frenos, y el escaneo del vehículo mediante el puerto OBDII.
Preventivo 80000 km	TAXI C TAXI J TAXI A TAXI D TAXI B TAXI E	Destacaron aspectos como la desinfección/reemplazo de los filtros de aire acondicionado, limpieza de tira aguas, entrega de segunda llave y el escaneo del vehículo mediante el puerto OBDII.
Preventivo 100000 km	TAXI C TAXI J TAXI A	Destacaron aspectos como la desinfección/reemplazo de los filtros de aire acondicionado, lubricación de componentes, mantenimiento de frenos y el escaneo del vehículo mediante el puerto OBDII.

Tipo de mantenimiento	Taxis	Aspectos destacables
Preventivo 120000 km	TAXI D TAXI B TAXI E	Destacaron aspectos como la desinfección/reemplazo de los filtros de aire acondicionado, mantenimiento de frenos y el escaneo del vehículo mediante el puerto OBDII.
Mantenimiento (Extraordinario)	TAXI J	Destacó la reparación de líneas energéticas de la batería de 12V para rehabilitar el vehículo.
Mantenimiento (Extraordinario)	TAXI D	Destacó la reparación del conector OBDII debido a un cortocircuito.

En el Cuadro 7, se muestra el resumen de los Taxis eléctricos inspeccionados por la empresa de diagnóstico y mantenimiento de vehículos eléctricos un escaneo que permitiera obtener un control cruzado respecto a lo reportado por la agencia para el SOH (estado de salud) de la batería de las unidades.

Cuadro 7. Detalles de chequeos preventivos por parte de la empresa de diagnóstico y mantenimiento de vehículos eléctricos.

Tipo de mantenimiento	Taxis	Aspectos destacables
Preventivo / Informativo	TAXI C	i. Error en los sensores de velocidad/ABS, probablemente por suciedad ii. La batería arroja un 100% SOH y valores de voltajes y temperatura de celdas regulares
	TAXI J	i. Error en los sensores de velocidad/ABS, probablemente por suciedad ii. La batería arroja un 100% SOH y valores de voltajes y temperatura de celdas regulares. La batería de 12V se mostró del 70% de salud.
	TAXI B	i. Error en los sensores de velocidad/ABS, probablemente por suciedad ii. La batería arroja un 100% SOH y valores de voltajes y temperatura de celdas regulares
	TAXI E	i. Intermitencia en los sensores de velocidad de las ruedas/ABS, probablemente por suciedad ii. La batería arroja un 100% SOH y valores de voltajes y temperatura de celdas estables

3.4 Capacitaciones y asistencia personalizada para personas taxistas

En el Cuadro 8 se resumen las principales capacitaciones que se realizó a lo largo del plan piloto. Se recopilan los temas abarcados, las fechas y la cantidad de personas participantes. Para conocer los pormenores de cada evento se recomienda a la persona lectora acceder a los informes de capacitaciones que complementan esta sección. En resumen, entre los participantes de cada capacitación se contó con la presencia de 30 mujeres y 109 hombres.

Cuadro 8. Detalle de capacitaciones impartidas por el equipo consultor de la UCR en el mes de julio de 2024.

Fecha de capacitación	Modalidad	Temas tratados	Taxis participantes	Cantidad de hombres y mujeres participantes
8 y 11 octubre de 2024	Presencial	Resultados del monitoreo de la operación de los taxis eléctricos (distancia recorrida, velocidad, desempeño de conducción, eficiencia, hábitos de carga y costos de operación relacionados a la eléctrica mensual)	Taxi C Taxi A Taxi D Taxi B Taxi E Taxi J Taxi B	8 mujeres 21 hombres
16 de julio y 17 de julio de 2024	Presencial, charla 1 a 1	Resultados del monitoreo de la operación de los taxis eléctricos (distancia recorrida, velocidad, desempeño de conducción, eficiencia, hábitos de carga y costos de operación relacionados a la eléctrica mensual)	Taxi C Taxi A Taxi D Taxi B Taxi E Taxi J Taxi B	1 mujer 11 hombres
24 y 25 de abril de 2024	Presencial	Resultados del monitoreo de la operación de los taxis eléctricos (distancia recorrida, velocidad, desempeño de conducción, eficiencia, hábitos de carga y costos de operación relacionados a la eléctrica mensual)	Taxi C Taxi A Taxi D Taxi B Taxi E Taxi J Taxi B	22 hombres 3 mujeres
24 y 25 de enero de 2024	Presencial	Resultados del monitoreo de la operación de los taxis eléctricos (distancia recorrida, velocidad, desempeño de conducción, eficiencia, hábitos de carga y costos de operación relacionados a la eléctrica mensual)	Taxi C Taxi A Taxi D Taxi B Taxi E Taxi J Taxi B	25 hombres 4 mujeres

Fecha de capacitación	Modalidad	Temas tratados	Taxis participantes	Cantidad de hombres y mujeres participantes
21 y 22 setiembre de 2023	Presencial	La autonomía en los vehículos eléctricos, recomendaciones para realizar un viaje inteligente, introducción a los vehículos eléctricos: aspectos constructivos y de conducción, mecánica básica de vehículos eléctricos, uso de la aplicación ¡Es Eléctrico!, Sistemas de recarga e infraestructura necesaria para vehículos eléctricos	Taxi C Taxi A Taxi D Taxi B Taxi E Taxi J Taxi B	30 hombres 14 mujeres

4 ESTIMACIÓN DE CANTIDAD DE PERSONAS USUARIAS DE TAXIS

Esta sección contiene los resultados de las encuestas llenadas por las personas choferes de los vehículos eléctricos y de combustión participantes del plan piloto. Las encuestas se habilitaron en tabletas equipadas con servicio de internet para que fuese práctica su sistematización, sin el uso de registros en papel. Los datos que se muestran a continuación comprenden el periodo de diciembre de 2023 a octubre de 2024, pues las tabletas fueron entregadas a los choferes hacia finales de diciembre de 2023.

Los Taxis de combustión indicaron transportar 3646 mujeres y 3181 hombres, para un total de 6827 personas encuestadas. En la Figura 30 se muestran las cifras anteriores en porcentaje y se observa una proporción de 47% a 53% para usuarios hombres y usuarias de sexo femenino, respectivamente.

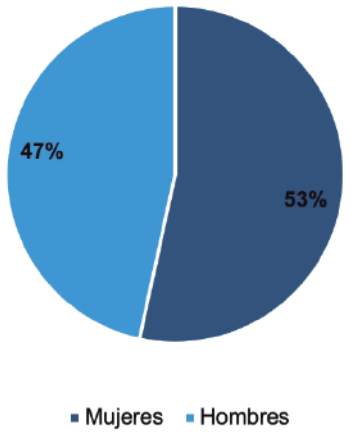


Figura 30. Cantidad de mujeres y hombres que hicieron uso del servicio de Taxis de combustión de diciembre de 2023 a octubre de 2024.
Fuente: Elaboración propia.

De forma paralela, en la Figura 31 se muestra que los Taxis eléctricos transportaron 47% de las veces a mujeres mientras que el 53% de pasajeros restantes fueron hombres, con un total de 1716 mujeres transportadas y 1948 hombres, para un total de 3664. La cifra total de pasajeros registrados en todos los Taxis monitoreados es de 10491 personas.

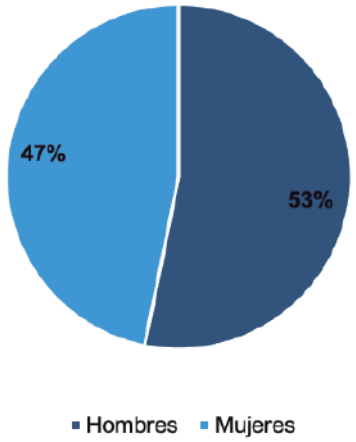


Figura 31. Cantidad de mujeres y hombres que hicieron uso del servicio de Taxis eléctricos de octubre 2023 a octubre 2024.
Fuente: Elaboración propia.

INDICADORES DEL PLAN PILOTO

En esta sección se presentan los diferentes indicadores de avance del plan piloto, así como sus resultados y métodos de verificación.

Emisiones GEI mitigadas al incluir vehículos eléctricos en el sistema de transporte público modalidad Taxi aeropuerto a nivel nacional (ton $CO2_{eq}$) (GEF7)	Aún por definir con metodología GEF.	Herramienta "emob" del GEF.
Número de beneficiarios directos desagregados por género (GEF7)	79 hombres y 16 mujeres	Listas de participantes de capacitaciones y talleres.
Número de personas usuarias de Taxis eléctricos modalidad aeropuerto (GEF7)	5362 mujeres y 5129 hombres	Formularios en línea con los registros de ocupación de los 6 taxis eléctricos durante el piloto.
Cantidad de capacitaciones realizadas en electromovilidad	8	Minutas de las capacitaciones
Número de socios/actores participantes del proyecto piloto.	10	Minutas, listas de asistencia
Número de productos de conocimiento desarrollados.	11	Presentaciones personalizadas, guías, afiches, videos, etc.
Número de vehículos eléctricos incorporados al sistema de transporte público modalidad Taxi aeropuerto a nivel nacional.	6	Documentos legales relacionados a la adquisición de los vehículos eléctricos realizados en conjunto con la agencia.
Cantidad de cargadores colocados para fortalecer la infraestructura de carga de Costa Rica.	6	Informes técnicos.

5 CONCLUSIONES

El informe final del plan piloto destaca aprendizajes y logros clave relacionados con la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de Taxis eléctricos en el transporte público de Costa Rica. Este proyecto representa un avance importante hacia la transición energética en el sector transporte, con lecciones que podrían extenderse a nivel nacional.

Impacto Ambiental y Viabilidad Operativa

Desde una perspectiva ambiental, los Taxis eléctricos han demostrado ser una alternativa crucial para mitigar los impactos negativos del transporte urbano y turístico. En comparación con los vehículos de combustión interna, estos contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a disminuir la dependencia de combustibles fósiles. Este impacto es especialmente relevante en la Gran Área Metropolitana y en destinos turísticos, donde la alta demanda de transporte ofrece una oportunidad para implementar soluciones sostenibles.

Desde el punto de vista técnico, los Taxis eléctricos han demostrado una eficiencia energética notable, con distancias recorridas por unidad de energía superiores o comparables a las de los vehículos de combustión interna. Además, su operación no se ve críticamente afectada por variaciones en las distancias recorridas, consolidándolos como una solución práctica y sostenible.

Infraestructura de Carga: Retos y Oportunidades

El piloto evidenció la necesidad de ampliar y optimizar la infraestructura de carga en el país. Si bien el aeropuerto cuenta con cargadores semirápidos, la falta de cargadores rápidos en ubicaciones estratégicas limita la operación eficiente de los Taxis eléctricos, particularmente en temporadas altas de turismo, cuando la demanda de transporte y los tiempos de carga son factores críticos.

Se recomienda una diversificación de estrategias para cubrir distintas necesidades de carga:

- Redes exclusivas en puntos determinados (aeropuertos, terminales de buses).
- Cargadores en vías públicas y alianzas con parqueos privados.
- Ampliación y unificación de sistemas de cobro y estándares de conectores (GB/T, CCS, entre otros).

Capacitación y Sensibilización de Conductores

Un aspecto central del piloto fue la capacitación de los conductores, lo que resultó en mejoras significativas en sus hábitos de carga y conducción. Se priorizó el uso de carga semirápida en lugar de rápida para extender la vida útil de las baterías y reducir costos operativos. No obstante, persiste cierta ansiedad por la autonomía de los vehículos, lo que motiva a algunos conductores a depender esporádicamente de la carga rápida.

Para garantizar una transición exitosa, es crucial fortalecer la capacitación con:

- Inducciones detalladas para conductores interesados en hacer la transición.
- Programas prácticos que aborden dinámicas operativas y de planificación.
- Sensibilización sobre los beneficios ambientales y económicos del cambio tecnológico.

Alianzas Público-Privada

El proyecto evidenció la necesidad de colaboración entre instituciones públicas y privadas para superar limitaciones en la infraestructura de carga y en el soporte técnico. Las distribuidoras de energía enfrentaron desafíos para expandir la red de cargadores rápidos de forma ágil evidenciando un área de mejora.

Se recomienda:

- Fortalecer alianzas entre distribuidores de vehículos eléctricos, empresas energéticas y aseguradoras.
- Garantizar que el servicio postventa responda a las necesidades específicas del sector transporte público.

Beneficios Sociales y Económicos

El plan piloto mostró beneficios claros tanto para los conductores como para los usuarios. Entre estos destacan:

- **Ahorros operativos:** Los costos de energía son significativamente menores en comparación con combustibles fósiles.
- **Beneficios sociales:** Una mejor experiencia para los usuarios y una reducción del impacto ambiental generan mayor aceptación pública.
- **Ahorros en emisiones de gases de efecto invernadero:** El cambio tecnológico contribuye a las metas nacionales de sostenibilidad y descarbonización.

Limitaciones Detectadas y Posibles Soluciones

- **Monitoreo y recolección de datos:** Las fallas en los sistemas de monitoreo dificultaron la obtención de datos consistentes. Se recomienda asegurar la compatibilidad tecnológica entre vehículos y sistemas de monitoreo.
- **Tipología vehicular:** Revisar las definiciones actuales de tipologías vehiculares (sedán/microbús) para incluir opciones más diversificadas basadas en características técnicas mínimas.
- **Infraestructura de carga:** Priorizar la instalación de cargadores rápidos en puntos críticos y mejorar su confiabilidad para evitar saturaciones y tiempos prolongados de espera.
- **Atención a conductores:** Ofrecer servicios diferenciados y ágiles para conductores de Taxis eléctricos, considerando sus necesidades operativas únicas.
- **Comunicación con usuarios:** Implementar campañas informativas para usuarios y operadores sobre el funcionamiento y beneficios de los vehículos eléctricos.

El plan piloto ha sido un paso significativo en la promoción de los Taxis eléctricos como una solución de transporte público sostenible en Costa Rica. Sin embargo, para asegurar el éxito de una implementación más amplia, es imprescindible continuar fortaleciendo la infraestructura de carga, promover la colaboración interinstitucional y mantener programas de capacitación y sensibilización para conductores y usuarios. Los aprendizajes y datos recopilados servirán como base para diseñar políticas públicas que impulsen la movilidad eléctrica en el país, contribuyendo así a los objetivos de descarbonización y sostenibilidad nacional.

6 RECOMENDACIONES

- **Incrementar la Inversión en Infraestructura de Carga:** Las distribuidoras de electricidad y entidades gubernamentales deberían colaborar para ampliar la red de cargadores rápidos y semirápidos, asegurando disponibilidad en áreas de alta demanda como aeropuertos y zonas turísticas. Esto reduciría la ansiedad de autonomía y permitiría una operación más eficiente.

- **Optimizar el Acceso a la Carga en el Aeropuerto:** Instalar al menos un cargador rápido exclusivo para Taxis eléctricos en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. Esto ayudaría a evitar la congestión en estaciones de carga externas y permitiría una carga rápida y accesible en momentos críticos.

- **Fomentar Buenas Prácticas de Carga en los Conductores:** Continuar capacitando a los conductores para minimizar el uso de carga rápida en favor de la carga semirápida o lenta, lo cual preserva la vida útil de la batería y reduce los costos de operación. En estas capacitaciones también se debe enfatizar la importancia de cargar hasta el 90% para evitar costos adicionales y prolongar la vida de la batería.

- **Desarrollar Incentivos Financieros para la Adopción de Taxis Eléctricos:** Las autoridades deberían implementar incentivos económicos (inversiones, créditos blandos, exenciones fiscales) para que los concesionarios adopten vehículos eléctricos, lo cual ayudará a acelerar la transición hacia un sistema de transporte público más sostenible.

- **Monitorear y Divulgar los Beneficios Ambientales, Sociales y Económicos:** Divulgar de forma pública los resultados de reducción de emisiones y ahorro en costos operativos logrados con los Taxis eléctricos del plan piloto. Esto puede motivar a más concesionarios a hacer la transición y generar una mayor aceptación social hacia los vehículos eléctricos.

- **Establecer Mantenimiento Preventivo Regular:** Crear un programa de mantenimiento preventivo específico para Taxis eléctricos, que incluya revisiones periódicas de las baterías y componentes eléctricos. Esto ayuda a optimizar la vida útil del vehículo y prevenir problemas que puedan afectar la operación continua de los Taxis. Podría estar ligado a la inspección técnica vehicular.

- **Crear Alianzas con Empresas de Turismo y Servicios:** Establecer convenios con hoteles, agencias de turismo y otros servicios de movilidad para promover el uso de Taxis eléctricos en traslados hacia zonas de alto flujo turístico, destacando los beneficios ambientales de este tipo de transporte.

- **Sensibilizar al Público sobre la Movilidad Eléctrica:** Realizar campañas de comunicación dirigidas a la población para promover el uso de Taxis eléctricos, explicando su impacto positivo en el ambiente y los beneficios en términos de costos. Esto aumentaría la preferencia por Taxis eléctricos entre los usuarios y fortalecería su aceptación. Debe haber un involucramiento de las distribuidoras de vehículos, con el fin de resaltar la necesidad de que brinden información completa a las personas que adquieren vehículos eléctricos y todo el cambio que conlleva.

- **Fortalecer la Regulación de la Infraestructura de Carga:** Trabajar con las autoridades para regular los estándares de instalación y mantenimiento de estaciones de carga, especialmente en áreas estratégicas y rutas frecuentes de Taxis. Esto garantizará una red de carga más confiable y segura, facilitando la operación continua de los Taxis eléctricos en todo el país (ver detalles en la sección de ubicación de carga y uso de carga en este informe). Se recomienda de manera firme la unificación de los sistemas de cobro para evitar la descarga de una aplicación para cada distribuidora o empresa que venda el servicio de carga de vehículos, facilitando la transición de los conductores de vehículos de combustión hacia la tecnología de autos eléctricos.

A continuación, se esboza un plan de nueve estrategias que podrían adaptarse con el fin de continuar impulsando la movilidad eléctrica en la modalidad de Taxi.

ESTRATEGIAS PARA EL IMPULSO DEL USO DE TAXIS ELÉCTRICOS

1. Incrementar la Inversión en Infraestructura de Carga

Responsables: Distribuidoras de electricidad, Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), y empresas privadas.

Plazo: A corto plazo (1-3 años) para la instalación inicial y mediano plazo (4-6 años) para su expansión.

Partes Involucradas:

- Gobierno central y local: Aprobación de presupuestos y licencias para instalación.
- Empresas distribuidoras de electricidad: Instalación y mantenimiento de cargadores.
- Entidades privadas: Inversión en cargadores rápidos y semirápidos en zonas estratégicas como aeropuertos, centros comerciales y sitios turísticos.

Acciones clave: Establecer una red nacional de cargadores, priorizando áreas de alta demanda y garantizando interoperabilidad entre proveedores de carga.

2. Optimizar el Acceso a la Carga en el Aeropuerto

Responsables: Aeris (administrador del aeropuerto), ICE, y empresas de Taxis.

Plazo: Corto plazo (1-2 años).

Partes Involucradas:

- Aeris: Espacios y permisos para la instalación de cargadores.
- Distribuidoras de electricidad: Instalación y operación del sistema de carga.
- Conductores y concesionarios: Uso eficiente de la infraestructura.

Acciones clave: Instalar cargadores exclusivos para Taxis eléctricos, monitorear su uso y evaluar la posibilidad de replicar el modelo en otros aeropuertos del país.

3. Fomentar Buenas Prácticas de Carga entre Conductores

Responsables: Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), cooperativas de Taxis y concesionarios.

Plazo: Inmediato (6-12 meses) con capacitaciones periódicas.

Partes Involucradas:

- Conductores: Participación en las capacitaciones.
- INA: Desarrollo de programas de formación técnica.
- Fabricantes y distribuidores de vehículos eléctricos: Asistencia técnica sobre baterías.

Acciones clave: Implementar programas educativos que incluyan prácticas para preservar la vida útil de las baterías y reducir costos operativos.

4. Desarrollar Incentivos Financieros para la Adopción de Taxis Eléctricos

Responsables: Ministerio de Hacienda, entidades financieras públicas y privadas.

Plazo: Mediano plazo (2-4 años).

Partes Involucradas:
- Gobierno: Diseño e implementación de incentivos fiscales.
- Bancos y cooperativas: Ofrecimiento de créditos blandos.
- Concesionarios: Adopción de vehículos eléctricos.

Acciones clave: Establecer exenciones fiscales, reducción de aranceles y acceso a líneas de crédito preferenciales para vehículos eléctricos.

5. Monitorear y Divulgar los Beneficios Ambientales, Sociales y Económicos

Responsables: Consejo de Transporte Público (CTP), MINAE, y universidades.

Plazo: Permanente, con evaluaciones anuales.

Partes Involucradas:
- Academia: Realización de estudios de impacto.
- Gobierno: Publicación de resultados y campañas informativas.

Acciones clave: Implementar un sistema de monitoreo y divulgación, con indicadores clave como reducción de emisiones y ahorro operativo.

6. Establecer Mantenimiento Preventivo Regular

Responsables: Organismo de inspección vehicular, concesionarios, y talleres certificados.

Plazo: Inmediato (1 año) y continuo.

Partes Involucradas:
- Conductores: Cumplir con los programas de mantenimiento.
- Organismo de inspección vehicular: Revisión de baterías y componentes eléctricos.
- Fabricantes: Certificación de talleres y capacitación técnica.

Acciones clave: Incorporar inspecciones específicas para Taxis eléctricos como parte de la revisión técnica vehicular.

7. Crear Alianzas con Empresas de Turismo y Servicios

Responsables: ICT, cooperativas de Taxis y empresas turísticas.
Plazo: Corto plazo (1-2 años).
Partes Involucradas:
- Hoteles y agencias de turismo: Promoción de Taxis eléctricos.
- Empresas de movilidad: Coordinación de servicios.

Acciones clave: Establecer convenios de colaboración que prioricen el uso de Taxis eléctricos en traslados turísticos.

8. Sensibilizar al Público sobre la Movilidad Eléctrica

Responsables: MINAE, distribuidoras de vehículos eléctricos, y medios de comunicación.
Plazo: Inmediato (6 meses) y continuo.
Partes Involucradas:
- Distribuidoras de vehículos: Información a usuarios sobre beneficios y cambios operativos.

- Gobierno y ONG: Desarrollo de campañas educativas.

Acciones clave: Crear contenidos informativos sobre los beneficios ambientales, económicos y operativos de los Taxis eléctricos.

9. Fortalecer la Regulación de la Infraestructura de Carga

Responsables: ARESEP, distribuidoras eléctricas, y empresas de privada.

Plazo: Corto plazo (1-3 años).

Partes Involucradas:
- ARESEP: Definición de estándares técnicos y tarifas.
- Distribuidoras eléctricas: Implementación de sistemas de cobro unificados.
- Empresa privada: Venta de equipos con características mínimas según los requerimientos.

Acciones clave: Unificar sistemas de cobro y establecer regulaciones para garantizar la calidad, confiabilidad y accesibilidad de la infraestructura de carga en todo el país.

7 ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica proporcionada por la agencia EV2 del vehículo Aion S 2023 modelo Charm
Fuente: Agencia EV2, 2024.

SPECIFICATIONS	
Length X Width X Height (mm)	4768 X 1880 X 1545
Wheelbase (mm)	2750
Luggage compartment volume (L)	453
Power battery type	Lithium iron phosphate power battery
Battery capacity (kW·h)	55.5/55.2
Comprehensive working condition cruising range (km)	480
Power consumption per 100 kilometers (kwh/100km)	12,5
motor type	Permanent Magnet Synchronous Motor
Motor peak power (kW)	100
Motor peak torque (Nm)	225
Front and rear suspension	Front McPherson independent suspension / Rear torsion beam suspension
Steering system	EPS electric power steering system
Shift system	Knob electronic shift
Braking System	Front Ventilated Disc/ Rear Disc

TECHNOLOGY COUPE SHAPE	
"Cloud piercing arrow" family image	O
"T-shape" full LED headlights (with delay off/not off warning function)	O
Horizontal penetrating "Digital Flame" LED taillights	O
LED rear fog lights	O
Headlight height manual adjustment	O
"Night Star Trail" Trim	O
Low Windage Shark Fin Antenna	O
Electric panoramic sunroof and sunshade	O
Integrated LED turn signals in exterior mirrors	O
Electric adjustment of exterior mirrors and defrosting and defogging functions	O

HIGH-QUALITY LUXURY INTERIOR	
Penetrating Suspension Surrounding Space Capsule Design	O
Horizontal through the hidden air outlet + matte plating trim	O
Suspended two-spoke multifunctional steering wheel	O
High-grade soft slush plastic instrument panel	O
Soft sub-dashboard, central armrest and door trim panels	O
Front flip-top cup holder + front central armrest with storage box	O
LED front and rear roof lights	O
LED front fog lights	-
Roof glasses box	O
Trunk light	O
Interior light delay extinguishing system	O
Front and rear USB ports	O
Front car power supply (12V)	O
Fabric and leather seats	O
Driver's seat manual 6-way adjustment	O
4-way manual passenger seat adjustment	O
Rear seat proportion split fold down	O
One-button lift and anti-trap function of car window	Front row
Fully automatic dual-zone constant temperature air conditioner	O
Air conditioner rear outlet	O
Remote one-key disinfection	O
High-efficiency PM2.5 filter element	O

SECURITY CONFIGURATION SYSTEM	
ABS	O
Electronic brake force distribution system	O
Vehicle electronic stability control system (with HHC hill assist control system)	O
Electronic Parking Brake System	O
Auto HoldAutomatic Parking	O
TPMS direct intelligent tire pressure monitoring system	O
Collision off high voltage function (front collision/side collision/rear collision)	O
AEP second-generation pure electric exclusive Platform	O
High-strength safety body design	O
T-BOX smart phone remote monitoring security system	O
Reversing radar	O
Wide-angle reversing camera system with dynamic auxiliary line	O
Cruise control system	O
Dual Front Airbags	O
Front seat belt unfastened light prompt and unfastened sound alarm	O
ISOFIX child safety seat body fixing device + rear door child safety door lock	O
Anti-theft alarm system	O
Low speed warning sound outside the car	O
Nacelle half-covered panel	O

ZHILIAN ENTERTAINMENT TECHNOLOGY	
IBCM senseless start	O
3.5-inch color TFT screen digital instrument cluster	O
12.3-inch high-definition touch screen	O
4G wireless network service (with car Wi-Fi)	-
Online navigation, music, voice control, etc.	-
Support mobile phone interconnection	O
Car bluetooth hands-free system	O
Radio (AM/FM)	O
Support MP3/WMA file playback	O
Hi-Fi speaker sound system	4
Audio volume adjustment function with vehicle Speed	O
Integrated smart key	O
Keyless entry	O
ECO mode	O
Energy recovery	O
I-Pedal	O
Battery (12V) low battery reminder	O

RIMS AND TIRES	
17-inch aluminum alloy rims + 215/55 R17 tires	O
Large size spare tire	O

OTHER OPTIONS	
Smart ETC	-

Anexo 2. Descripción del rango de colores utilizado en el mapa de calor de la Empresa de equipo y software de monitoreo.
Fuente: Empresa de equipo y software de monitoreo, 2024.

COLOR	INTERPRETACIÓN
Azul	Representa el extremo inferior del rango de datos, comenzando con una intensidad del 0% y pasando hasta un 45% de intensidad.
Cian	Representa una intensidad de datos del 45% al 55%.
Verde	Representa una intensidad de datos del 55% al 65%
Amarillo	Representa una intensidad de datos del 65% al 95%
Rojo	Representa la intensidad de datos más alta, del 95 % al 100 %. Los puntos de datos que se encontró dentro de este rango son los más intensos

EVC10 48AC
Smart EV L2 EV CHARGER 11.5K

Estación de carga de uso comercial administrable vía OCPP

Características

EVC 10 es el cargador de vehículos eléctricos más básico y completo para uso comercial y doméstico. Con una buena compatibilidad para satisfacer las necesidades de carga, presenta ventajas en términos de apariencia, rendimiento y calidad. La versión norteamericana del cargador de vehículos eléctricos (16A, 32A, 40A, 48A, 70A, 80A) con conector tipo 1 SAE J1772.

Viene en múltiples configuraciones: plug and charge (conectar y cargar), tarjeta RFID, LAN/WIFI/4G. El OCPP1.6J se conecta con éxito a más de 50 plataformas de vehículos eléctricos en todo el mundo, lo que permite a los usuarios controlar su estación desde un panel fácil de usar, incorporar rápidamente usuarios y establecer precios de carga.

Especificaciones

Las principales características de este equipo son:

- Certificado UL/ETL & FCC
- Voltaje de Operación 208/240VAC
- Potencia de salida: 11.5KW
- Conector SAE J1772, tipo 1
- Network: LAN, 4G
- Comunicación: OCPP1.6
- Longitud del Cable 5.5m
- Incluye 2 Tarjetas RFID.

Anexo 3. Especificaciones técnicas de los cargadores semi-rápidos L2 instalados en el AIJS.
Fuente: ICE, 2024.

EVHUB PEDESTAL
Pedestal para cargador L2

Características

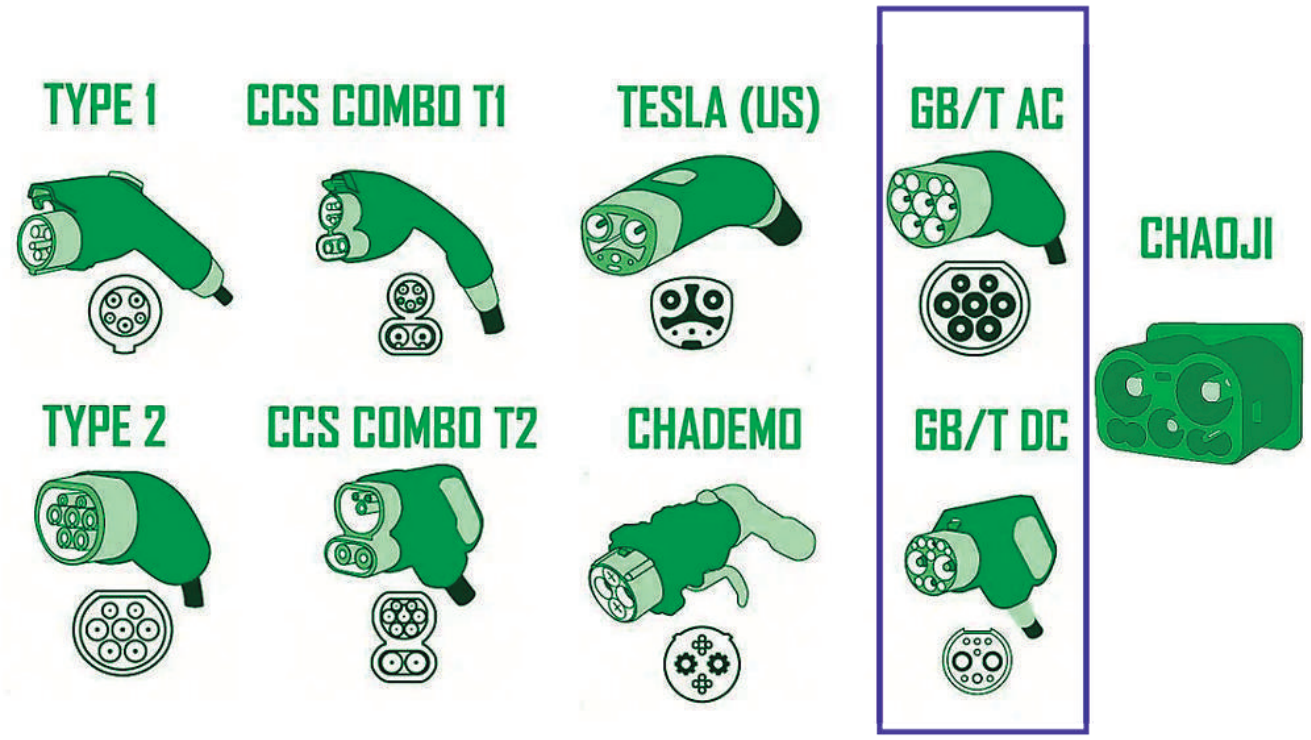
Estos pedestales son ideales para garajes cubiertos y estacionamientos al aire libre. Para instalaciones más grandes, los pedestales de montaje dual reducen el costo total de instalación y mantenimiento. El diseño universal es compatible con la gama completa de cargadores de CA de Nivel 2 de GBT.

Especificaciones

- Construido en Acero inoxidable.
- Pintura en polvo.
- Certificado UL y cumple normas ADA.
- Incluye Gancho para organizar el Cable
- Altura 1.5m

Anexo 4. Especificaciones técnicas de los pedestales para el soporte de los cargadores semi-rápidos L2 instalados en el AIJS.
Fuente: ICE, 2024.

Anexo 5. Tipos de conectores para la carga de vehículos eléctricos.



Anexo 6. Detalles de la ubicación y tipos de conectores disponibles para los cargadores rápidos de la CNFL.
Fuente: CNFL, 2024.

Nombre cargador	Ubicación	GBT	Chademo	CSS-Combo 1	Observación
Escazú	Sucursal CNFL, San Rafael Escazú	x	x	x	
Forum	Forum 1 Santa Ana	x	x	x	
Catedral	San José, costado norte de Dirección General de tránsito	x	x	x	Fuera de servicio por vandalismo
Uruca	Bomba Delta, costado norte Puente Juan Pablo II	x	x	x	
Belén	Centro corporativo El Cafetal	x	x	x	
Curridabat	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos	x	x	x	
Flores	300 norte de escuela Estados Unidos		x	x	
Guadalupe	Sucursal CNFL, Guadalupe Goicoechea		x	x	
Paso Ancho	Sucursal CNFL, Paso Ancho San José		x	x	
Tibás	Agencia de telecomunicaciones ICE, Tibás		x	x	

Anexo 7. Parámetros asociados al cálculo del desempeño de las personas Taxistas.
Fuente: Empresa de equipo y software de monitoreo, 2024.

Parámetro	Porcentaje asociado
Aceleración abrupta	10%
Frenado brusco	10%
Curvas bruscas	10%
Cinturón	20%
Velocidad	20%
Velocidad excesiva	30%
TOTAL	100%

Anexo 8. Detalle del mantenimiento preventivo y extraordinario realizado para cada Taxi eléctricos.

Tipo de mantenimiento	Taxis	Aspectos destacables
Preventivo 20000 km	TAXI C	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se aseguraron las bisagras de las puertas iii. Se configuró el vehículo para que no se cierren las puertas automáticamente. iv. Se revisó el sistema de frenos y no registró ningún ruido v. El escaneo en el puerto OBDII indicó el SOH de la batería al 100%, sin fallos
	TAXI J	i. Se desinfectó el filtro del Aire acondicionado ii. El vehículo no se pudo escaneó debido a que tenía los dos puertos ocupados y no se lograron desconectar los radios de comunicación encontrados en los puertos. iii. El disco delantero izquierdo presentaba una raya debido al exceso uso del freno
	TAXI A	i. Se desinfectó el filtro del Aire acondicionado ii. Se limpió y lubricó el sistema de frenos iii. Se colocaron las placas iv. Se colocó correctamente el conector de la cajuela v. Se ajustó la moldura de la rueda trasera derecha vi. Se detectó un raspón en el bumper vii. El escaneo en el puerto OBDII indicó el SOH de la batería al 100%, sin fallos

Tipo de mantenimiento	Taxis	Aspectos destacables
Preventivo 20000 km	TAXI D	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. El escaneo en el puerto OBDII indicó el SOH de la batería al 100%, sin fallos
	TAXI B	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se encontró que el aro delantero izquierdo fue reparado iii. El escaneo en el puerto OBDII indicó el SOH de la batería al 100%, sin fallos
	TAXI E	i. Se Desinfecto el Filtro del aire acondicionado
Preventivo 40,000 km	TAXI C	i. Se revisaron los aros, frenos, compensadores, suspensiones, sistema de dirección, revisión de líquidos, sistema de enfriamiento, conexiones eléctricas, batería de 12 V y batería principal, entre otros
	TAXI J	i. Se cambió el filtro del aire acondicionado ii. El vehículo no se pudo escaneó debido a que tiene los dos puertos ocupados y no se lograron desconectar los aparatos encontrados en los puertos.
	TAXI A	i. Se cambió el filtro del aire acondicionado y se confirmó el correcto funcionamiento de la batería de 12 V ii. Se revisó y limpió los discos y fibras de freno (Presentaban Cristalización) iii. Se escaneó el vehículo, indicó el SOH de la batería al 100%, sin fallos
	TAXI D	i. Se rotaron las llantas ii. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado (La recomendación fue cambiarlo, pero el cliente decidió solo soplarlo) iii. Se revisaron aros, frenos, compensadores, suspensiones, sistema de dirección, revisión de líquidos, sistema de enfriamiento, conexiones eléctricas, batería de 12 V y batería principal, entre otros iv. Se escaneó el vehículo, indicó el SOH de la batería al 100%, sin fallos
	TAXI B	i. Se cambió el filtro del aire acondicionado ii. Se revisó el voltaje de la batería de 12v SOH 100% SOC 98% iii. Se revisó el estado del líquido de frenos

Tipo de mantenimiento	Taxis	Aspectos destacables
Preventivo 40,000 km	TAXI E	i. Se cambió el filtro del aire acondicionado ii. Se retorqueó y lubricó la suspensión iii. Se resocó y lubricó la cruz de dirección iv. Se escaneó el vehículo, indicó el SOH de la batería al 100%, sin fallos
Preventivo 60,000 km	TAXI C	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se cambió el líquido refrigerante, el aceite de transmisión, se reparó llanta trasera izquierda iii. Se revisaron aros, frenos, compensadores, suspensiones, sistema de dirección, revisión de líquidos, sistema de enfriamiento, conexiones eléctricas, batería de 12 V y batería principal, entre otros iv. SOH de la batería se determinó en 100%
	TAXI J	i. Se revisaron aros, frenos, compensadores, suspensiones, sistema de dirección, revisión de líquidos, sistema de enfriamiento, conexiones eléctricas, batería de 12 V y batería principal, entre otros i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se cambió el líquido refrigerante y el aceite de transmisión iii. Presentaba cristalización en los discos y fibras de freno iv. El vehículo no se pudo escanear debido a que se encontraron los dos puertos ocupados y no se logró desconectar los aparatos conectados a ambos puertos.
	TAXI D	i. Se cambió el filtro del aire acondicionado ii. Se cambió el aceite de transmisión y el líquido refrigerante iii. Se reparó la llanta trasera derecha iv. Discos y fibras de freno presentaban cristalización v. SOH de la batería se determinó en 100%
	TAXI B	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se cambió el aceite de transmisión y el líquido refrigerante iii. Se revisaron aros, frenos, compensadores, suspensiones, sistema de dirección, revisión de líquidos, sistema de enfriamiento, conexiones eléctricas, batería de 12 V y batería principal, llantas, entre otros iv. SOH de la batería se determinó en 100%

Tipo de mantenimiento	Taxis	Aspectos destacables
Preventivo 60,000 km	TAXI E	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se cambió el aceite de transmisión y el líquido refrigerante iii. Se revisó el pedal de freno y funcionó correctamente, lo que se activa es el ABS iv. La batería en el SOH marcó un 10% en su defecto el valor equivale al 100% de la misma.
Preventivo 80,000 km	TAXI C	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado (Recomendación cambiarlo) ii. Se resocó y lubricó el sistema de suspensión iii. Se lubricó las felpas de las ventanas iv. Se reportó SOH al 100%
	TAXI J	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se destaquearon los tira aguas iii. Se reportó SOH al 100%
	TAXI A	i. Se cambió el filtro del aire acondicionado ii. Se revisaron los puertos OBD, las fibras, el forro inferior de la batería iii. Se probó la gata y la misma entró correctamente iv. Se entregó Dongle y dos cobertores de llave como regalía
	TAXI D	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se destaqueó los tira aguas y se colocaron dos tornillos de las ranas iii. Se reportó SOH al 100%
	TAXI B	i. Se cambió el filtro del aire acondicionado y el bombillo de la luz de placa ii. Se programó la segunda llave. iii. Se arreglaron los tira aguas iv. Se revisó la carga del vehículo y las luces delanteras v. Se reportó SOH al 100%
	TAXI E	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado y se cambiaron las escobillas ii. Se reportó SOH al 100%

Tipo de mantenimiento	Taxis	Aspectos destacables
Preventivo 100,000 km	TAXI J	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se revisó la luz de placo tenía un falso contacto iii. Se reportó SOH al 100%
	TAXI B	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado (recomendación: cambiarlo) ii. Se limpió el sistema de frenos (fibras y discos cristalizados) iii. Pendiente cambió la bota externa del eje derecho rota y reparó el mando de vidrio trasero derecho iv. Se reportó SOH al 98%
	TAXI E	i. Se cambió el filtro del aire acondicionado ii. Se lubricó y se colocó grasa dieléctrica a la botonera iii. Se lubricó el botón de (MODO DE MANEJO) iv. Se probó el cargador y funcionó correctamente v. Se reportó un 100% de SOH
Preventivo 120,000 km	TAXI J	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Las fibras se encontraron a un 60% de vida iii. Se realizaron las roscas de la llanta trasera derecha y se cambiaron tacos de la llanta trasera derecha iv. Se reportó un 100% de SOH
	TAXI B	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado ii. Se cambió la grasa de las puntas de eje y se engrasan los roles de bocina iii. Se reportó un 100% de SOH
	TAXI E	i. Se desinfectó el filtro del aire acondicionado y se revisó el aceite ii. Se limpión y lijan las fibras iii. Se reportó un 100% de SOH
Mantenimiento 5,000 km (Extraordinaria)	TAXI J	i. Se encontraron líneas energéticas cortadas de manera inadecuada lo que provocó un corto circuito en la línea de 12v y la inhabilitación del vehículo ii. Se revisaron aros, frenos, compensadores, suspensiones, sistema de dirección, revisión de líquidos, sistema de enfriamiento, conexiones eléctricas, batería de 12 V y batería principal, llantas, filtro de A/C, entre otros
Mantenimiento (Extraordinaria)	TAXI D	i. El conector OBDII no tenía corriente por causa de un cortocircuito que a su vez dañó un fusible