ESTRATEGIA PARA EL TRANSPORTE SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CORPORACIÓN DE ABASTOS DE BOGOTÁ S.A.- CORABASTOS

JAIVER ANDRES RUIZ BUSTOS

CRHISTIAN YAMID HERRERA PULIDO

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2025

Estrategia para el transporte sostenible de los residuos sólidos en la corporación de abastos de Bogotá s.a.- Corabastos

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Director temático

Edder Alexander Velandia Durán

PhD (c) MSc. Ingeniería Civil e Industrial, Ing. Civil

Universidad de la Salle

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

Bogotá D.C.

2025

Agradecimientos

Agradecemos a Dios, quien ha sido nuestro guía y fortaleza en cada paso de este camino, dándonos la sabiduría y el valor necesarios para superar cada reto y alcanzar nuestras metas. A la Universidad de La Salle y a todos sus maestros, quienes nos han brindado un ambiente de aprendizaje y crecimiento personal en especial agradecemos al ingeniero Edder Alexander Velandia Durán nuestro director de tesis, por su valioso apoyo, asesoría y disposición para acompañarnos durante el desarrollo de este proyecto. Su dedicación no solo ha sido fundamental en nuestra formación académica, sino también en nuestra orientación profesional, impulsándonos a crecer con ética, responsabilidad y compromiso.

A nuestras familias, por su paciencia, amor y confianza, ustedes han sido nuestro motor en los momentos difíciles y han compartido con nosotros cada logro y sacrificio. También agradecemos a nuestros amigos y compañeros, quienes con su ánimo y compañía han hecho que este recorrido sea más llevadero y significativo.

Finalmente, agradecemos sinceramente a la Corporación de Abastos de Bogotá (CORABASTOS) por su colaboración y apoyo en el desarrollo de este proyecto, su disposición para facilitarnos el acceso necesario fue fundamental para llevar a cabo esta investigación.

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto a nuestras madres, quienes han sido nuestro apoyo incondicional, nos han brindado su todo su amor y han sido las promotoras de todas nuestras locuras y sueños. Gracias a su ejemplo de esfuerzo, perseverancia y valentía, hemos encontrado la fortaleza para enfrentar cada desafío de este camino.

A ustedes, que nos enseñaron a creer en nosotros mismos, a nunca rendirnos y a seguir adelante con fe y determinación, les debemos este logro. Este proyecto es, en gran parte, un reflejo de los valores y enseñanzas que nos han inculcado. Sin ustedes, nada de esto habría sido posible. Con todo nuestro amor y gratitud, dedicamos esta meta a ustedes, madres queridas.

Tabla de contenido

Introducción 8

Planteamiento del problema 9

Descripción del problema 9

Formulación del problema 15

Objetivos 15

Objetivo general 15

Objetivos específicos 16

Justificación 16

Delimitación 17

Marco referencial 18

Antecedentes teóricos 18

Marco teórico 19

Sostenibilidad y gestión de residuos sólidos 19

Movilidad eléctrica 20

Transporte de Carga 21

Logística 21

Transporte de Carga y Logística en la Gestión de Residuos 22

Marco conceptual 22

Marco legal e incentivos para la implementación de vehículos eléctricos en Colombia 26

Metodología 29

Corabastos escenario base. 30

Esquema operativo actual 37

Uso de los contenedores 39

Contenedores para la recolección de residuos orgánicos e inorgánicos 39

Ubicación de los contenedores 40

Demarcación y señalización para contenedores. 41

Ubicación de los contendores para residuos solidos 42

Especificaciones técnicas del sistema actual 43

Reposición de contendores 44

Prevención en la generación de los residuos solidos 44

Recolección de residuos orgánicos e inorgánicos 44

Frecuencia y horarios 46

Vehículos para la recolección 48

Cantidad de vehículos requeridos 49

Manejo y tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos 49

Clasificación de residuos 49

Descripción de la clasificación de residuos en el CCR 49

Horarios y Personal requerido en el CCR 50

Equipos requeridos en el CCR 51

Transporte de residuos a sitio de valorización 52

Transporte de residuos orgánicos 52

Cantidad de vehículos requeridos 52

Transporte de residuos inorgánicos 53

Personal requerido, frecuencia y horarios 54

Rutas de recolección interna de residuos solidos 55

Distancia de las rutas. 56

Referencias internacionales de operaciones en centros logísticos y zonas urbanas 61

Phoenix, Arizona, Estados Unidos 61

Sacramento, California, Estados Unidos 65

Hermosillo, México 67

Londres, Reino Unido 69

Hampshire, Reino Unido 72

Torrejón de Ardoz, España 74

Berlín, Alemania 76

Viena, Austria 79

China 82

Japón y Corea del Sur 84

Curitiba, Brasil 85

Río de Janeiro, Brasil 87

Colina, Chile 89

Montevideo, Uruguay 91

Revisión del mercado de vehículos eléctricos 93

Diseño de la Alternativa de Movilidad Eléctrica para CORABASTOS 95

Selección del tipo de vehículo 95

Contenedores 99

Recolección de residuos orgánicos e inorgánicos 100

Cantidad de vehículos requeridos 101

Rutas de recolección interna de residuos sólidos de la alternativa 103

Análisis de costos. 105

Incremento del combustible diésel 111

Incremento del kwh 112

Evaluación de costos. 114

Encuestas a operadores del servicio de gestión de residuos sólidos y usuarios de la central de Corabastos 120

Familiaridad con el concepto de movilidad eléctrica 122

Mejora de la calidad del aire producto de la movilidad eléctrica 122

Opinión sobre la implementación de VE en Corabastos 123

Interacción con el sistema de recolección de residuos solidos 124

Satisfacción con el sistema de recolección 124

Problemáticas del sistema actual 125

Políticas de sostenibilidad y uso de VE 126

Inversión en tecnologías sostenibles 127

Reducción de ruido si se implementan VE. 128

Emisiones de CO_2 de los vehículos actuales. 128

Conclusiones 130

Bibliografía 132

Anexos 141

Ficha técnica del vehículo seleccionado 141

Ficha técnica del cargador Altus II. 142

Lista de tablas

Tabla 1. Incentivos y descuentos para vehículos eléctricos en Colombia 28
Tabla 2. Generación diaria aproximada de residuos en la Central de Abastos año 2019 33
Tabla 3. Generación diaria aproximada de residuos en la Central de Abastos año 2019 34
Tabla 4. Contenedores instalados 36
Tabla 5. Cantidad de Contenedores aproximados necesarios para el almacenamiento de residuos orgánicos e inorgánicos 40
Tabla 6. Horarios y frecuencia de recolección 46
Tabla 7. Personal de recolección de contenedores 47
Tabla 8. Herramientas de recolección de contenedores 47
Tabla 9. Cantidad de equipos de recolección y barrido mecánico 49
Tabla 10. Personal mínimo requerido – CCR 51
Tabla 11. Equipos – CCR 51
Tabla 12. Vehículos requeridos — Transporte de residuos orgánicos 53
Tabla 13. Vehículos requeridos - Transporte de residuos inorgánicos 54
Tabla 14. Cantidad de vehículos necesarios 54
Tabla 15. Personal requerido – Transporte de residuos orgánicos 55
Tabla 16. Consolidado de longitudes de ruta 58
Tabla 17. Generación de CO2 de cada tipo de vehículo 59
Tabla 18. Consumo de combustible de los vehículos compactadores 25yd 59
Tabla 19. Consumo de combustible de los minicargadores 60
Tabla 20. Generación total de CO2 por cada tipo de vehículo 60
Tabla 21. Estudio de mercado 94
Tabla 22. Cantidad de residuos recolectados por ruta 102
Tabla 23. Distancia de cada ruta de recolección de residuos sólidos de la alternativa 104
Tabla 24. Datos de entrada del sistema actual contra el sistema propuesto 105
Tabla 25. Cuadro comparativo entre los sistemas 106
Tabla 26. Capex y Opex vehículo diesel 109
Tabla 27. Capex y Opex vehículo eléctrico 110
Tabla 28. Flujo de caja para la flota de camiones diésel 116
Tabla 29. Flujo de caja para la flota de camiones eléctricos 118

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación de Corabastos 10
Figura 2. Residuos sólidos generados por año 11
Figura 3. Problemática componente ambiental 12
Figura 4. Problemática componente movilidad 12
Figura 5. Transporte de contenedores con vehículo compactador 13
Figura 6. Transporte de contenedores con vehículo tipo planchón 14
Figura 7. Transporte de contenedores con vehículo tipo volqueta 14
Figura 8. División de la central en zonas de recolección 32
Figura 9. Gestión según corriente de residuos 38
Figura 10. Esquema operativo para la GIRS 39
Figura 11. Área demarcada para contendores de 3.200 litros 41
Figura 12. Importancia de las vallas metálicas 42
Figura 13. Ubicación estimada de contenedores para residuos sólidos 42
Figura 14. Esquema de recolección de contenedores de 3.200 litros 45
Figura 15. Esquema de recolección de contenedores de 1, 0,5 y 0,21 m^3 46
Figura 16. Vehículo utilizado en el sistema actual para la recolección de los contenedores. 48
Figura 17. Dimensiones mínimas del minicargador 52
Figura 18. Ruta 1 sistema actual 55
Figura 19. Ruta 2 y 4 sistema actual 56
Figura 20. Ruta 3 sistema actual 56
Figura 21. Longitud de la ruta 1 57
Figura 22. Longitud de la ruta 2 57
Figura 23. Longitud de la ruta 3 58
Figura 24. Longitud de la ruta 4 58
Figura 25. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Phoenix 64
Figura 26. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Sacramento 67
Figura 27. Vehículo recolector de residuos del proyecto Biciclando en Hermosillo 69
Figura 28. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Londres 71
Figura 29. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Hampshire 74
Figura 30. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Torrejón de Ardoz 76
Figura 31. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Berlín 79
Figura 32. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Viena 82
Figura 33. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Curitiba 87
Figura 34. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Rio de Janeiro 89
Figura 35. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Colina 91
Figura 36. Vehículo eléctrico recolector de residuos de Montevideo 93

Figura 37. Vehículo propuesto 96
Figura 38. Altus II: Minicargador compacto 97
Figura 39. Ubicación de las estaciones de carga en Corabastos 98
Figura 40. Dimensiones del remolque de los contenedores 98
Figura 41. Ubicación de los contendores para residuos sólidos de la alternativa 99
Figura 42. Esquema de recolección de contenedores de la alternativa propuesta 100
Figura 43. Rutas elaboradas para la recolección de contenedores 103
Tabla 28. Flujo de caja para la flota de camiones diésel 116
Tabla 29. Flujo de caja para la flota de camiones eléctricos 118
Figura 44. Comparación de los VPC de los sistemas. 119
Figura 45. Ocupación de las personas dentro de la central 121
Figura 46. Familiaridad de los encuestados con la movilidad eléctrica 122
Figura 47. mejora de la calidad del aire producto de la movilidad eléctrica 123
Figura 48. Opinión sobre la implementación de VE en Corabastos 123
Figura 49. Respuestas sobre la frecuencia de interacción de los encuestados 124
Figura 50. Satisfacción con el sistema de recolección 125
Figura 51. Opinión sobre las problemáticas del sistema actual 126
Figura 52. Opinión sobre la adopción de políticas de sostenibilidad y uso de VE 127
Figura 53. Opinión sobre la inversión en tecnologías sostenibles 127
Figura 54. Opinión sobre la reducción de ruido si se implementan VE 128
Figura 55. Opinión sobre las emisiones de los vehículos actuales 129

Introducción

La Corporación de Abastos de Bogotá (CORABASTOS) es reconocida como el principal mercado mayorista de alimentos en Colombia y el segundo más grande de América Latina, generando diariamente un promedio de 120 toneladas de residuos sólidos (Semana, 2023; Ambiente Bogotá, 2018). Sin embargo, este volumen representa un desafío logístico y ambiental significativo, ya que el sistema de recolección actual depende de vehículos de combustión interna, los cuales, generan emisiones de CO_2, contaminación acústica y altos costos operativos (DANE, 2023).

Este proyecto de grado, titulado "Estrategia para el transporte sostenible de los residuos sólidos en La Corporación de Abastos de Bogotá S.A.-CORABASTOS", tuvo como propósito plantear una solución integral que permita optimizar la recolección y transporte de residuos sólidos mediante la implementación de un sistema basado en movilidad eléctrica. La propuesta busca alinearse con los objetivos de sostenibilidad establecidos por la Ley 1964 de 2019 y el CONPES 3934, promoviendo un modelo eficiente y ambientalmente responsable para CORABASTOS.

El estudio, desarrollado en Bogotá durante el año 2024, se basó en una metodología que incluyó la evaluación del sistema actual de recolección, el análisis de casos internacionales de éxito, y la selección de alternativas tecnológicas adaptadas a las necesidades específicas de la Corporación. Entre las principales tecnologías propuestas se encuentra el vehículo eléctrico CHARLATTE T135 EVO, diseñado para operaciones de carga, con una autonomía adecuada para las rutas internas y una configuración modular para el transporte eficiente de residuos.

Los resultados de este proyecto validan la viabilidad técnica y económica de la transición a la movilidad eléctrica, destacando beneficios como:

- Reducción de emisiones de CO_2 en 396 toneladas anuales.
- Ahorros significativos en costos de combustible y mantenimiento.
- Mejora de las condiciones laborales y operativas.
- Alineación con políticas públicas y acceso a incentivos fiscales relacionados con la movilidad eléctrica.

Este proyecto propone no solo una solución para CORABASTOS, sino también, un modelo replicable para otras centrales de abasto en Colombia y América Latina, contribuyendo al avance hacia una gestión sostenible de los residuos sólidos.

Planteamiento del problema

Descripción del problema

Corabastos, fundada en el año 1972, es la segunda central de abastos más grande de Latinoamérica, después de la de Ciudad de México. Ubicada en el suroccidente de Bogotá, cuenta con más de 42 hectáreas y alberga más de 5.000 locales comerciales. (Instituto Distrital de Turismo, s.f.), situado en la Avenida Carrera 80 No. 2-51. En la figura 1 se observa el mapa de ubicación de Corabastos con sus respectivas bodegas.

Figura 1.

Ubicación de Corabastos

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Sus instalaciones comprenden un área total de 420.000 metros cuadrados las cuales constan de 57 bodegas para venta y almacenaje de los productos alimenticios; Red de fríos para conservación y almacenaje de frutas; tres cámaras de congelación y tres de refrigeración, así como un túnel de congelación rápida. Por último, las instalaciones cuentan con un edificio de administración, parqueaderos, área para la circulación de vehicular y peatonal, zonas de bancos, plazoletas sociales y locales de ferretería e insumos agrícolas (Corabastos, 2024).

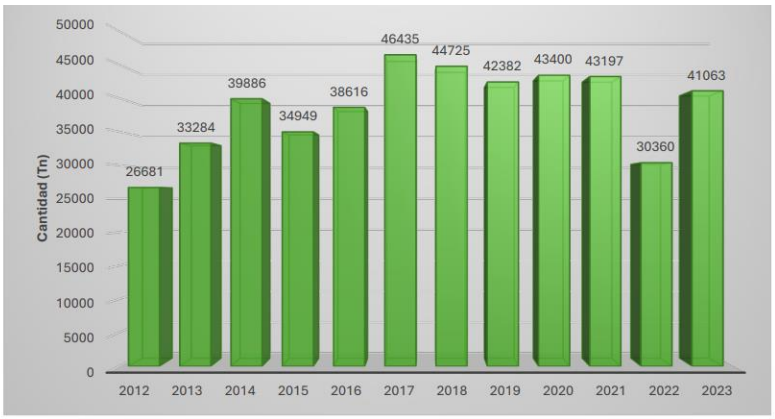
Se estima que diariamente llegan a Corabastos 7.500 toneladas de alimentos provenientes de diferentes departamentos como lo son Cundinamarca, Boyacá, Meta, Tolima, Santander, Huila, Valle del Cauca y Nariño; diariamente al mercado de Corabastos acuden, en promedio, 250.000 personas e ingresan 12.000 vehículos (Corabastos, 2024, p. 10). Corabastos genera aproximadamente 25.000 empleos directos y 250.000 indirectos a lo largo de la cadena agroalimentaria.

La actividad económica que se presenta en la plaza de mercado de Corabastos genera 120 toneladas diarias de residuos sólidos de los cuales el 70% es aprovechable para la

elaboración de compost, material orgánico y alimentación para bovinos, y el 30% restante se deposita en el relleno sanitario de doña Juana. La central en el año 2023 generó alrededor de 41.063 toneladas de excedentes, como se evidencia en la siguiente figura 2 los residuos sólidos generados por año.

Figura 2.

Residuos sólidos generados por año



Fuente: Adaptado de INFORME DE GESTIÓN 2023, p. 116, por Corporación de Abastos de Bogotá, 2023

El desarrollo de la operación logística de Corabastos trajo consigo diferentes problemáticas y retos en todas las áreas tanto en movilidad como en la gestión de residuos sólidos, se evidencian en el componente ambiental residuos sólidos sobre la vía, falta de redes y modernización de servicios públicos, insuficiencia de espacio para acopio de residuos sólidos, espacios de los contenedores invadidos por vehículos, como se evidencia en la figura 3.

Figura 3.

Problemática componente ambiental

Fuente: Elaboración propia

En el componente de movilidad se evidenciaron problemáticas por la acumulación de carros y camiones sobre la vía, estacionamiento en vía, carga y descarga sobre la vía. Estas problemáticas dificultan la operación de recolección y transporte de los residuos sólidos de toda la central hasta el centro de clasificación de residuos como se observa en la figura 4.

Figura 4.

Problemática componente movilidad

Fuente: Elaboración propia

Para la recolección de los residuos sólidos Corabastos dispone de contenedores con el volumen suficiente por bodega y zona que permitan almacenar los residuos generados, se estima un total de 306 contenedores de 1.100 litros, 13 contenedores tipo Barcelona y 29 contenedores metálicos fijos los cuales se recogen y transportan de diferente manera dependiendo el tipo de contenedor.

Para la recolección y transporte de los contenedores de 3.200 litros se usa un vehículo tipo camión compactador de cargue lateral a combustión, el cual vacía los contenedores y los deja en el mismo sitio, como se evidencia en la figura 5.

Figura 5.

Transporte de contenedores con vehículo compactador

Fuente: Elaboración propia.

Para la recolección de los contenedores 1.100 litros se usa un vehículo tipo furgón con plataforma elevadora o un vehículo tipo planchón el cual cargara la cantidad de contenedores para la cual tiene capacidad, posterior los llevara al CCR donde serán vaciados y nuevamente cargados para devolverlos a su punto de recogida, como se muestra en la figura 6.

Figura 6.

Transporte de contenedores con vehículo tipo planchón

Fuente: Elaboración propia

La recolección de los contendores metálicos fijos se transporta por un camión tipo volqueta, el cual, lo lleva al CCR y posterior lo devuelve al punto de recogida, como se evidencia en la figura 7.

Figura 7.

Transporte de contenedores con vehículo tipo volqueta

Fuente: Elaboración propia

El sistema de recolección de los residuos sólidos en la central de Corabastos utiliza vehículos a combustión lo cual genera emisiones afectando así al medio ambiente y no

contribuyendo con los objetivos de desarrollo sostenible; genera contaminación auditiva y por ser vehículos de transporte de carga tipo pesados el volumen del vehículo no es adecuado para el poco espacio de tránsito vehicular que se tiene en la central.

Este proyecto pretende dar una solución a estas problemáticas con la implementación de la Estrategia para el transporte y gestión sostenible de los residuos sólidos en La Corporación de Abastos de Bogotá S.A.- CORABASTOS, cambiando el sistema actual a combustión por un modelo de transporte de residuos sólidos sostenible con el ambiente, eficaz que supla las problemáticas actuales en tema de movilidad y medio ambiente para el desarrollo de esta labor.

Formulación del problema

¿Cómo puede la Corporación de Abastos de Bogotá (CORABASTOS) implementar un sistema de recolección de residuos sólidos basado en vehículos eléctricos que mejore la sostenibilidad ambiental y operativa, reduciendo emisiones y costos a largo plazo?

A partir de la de la investigación y el análisis de la operación del sistema actual para la gestión y transporte de los residuos sólidos de la central de Corabastos, el análisis de los casos de referencia que implementan la movilidad eléctrica para la recolección y transporte de los residuos sólidos en diferentes ciudades del mundo, las encuestas de percepción realizadas a comerciantes, usuarios de la central y operarios de sistema de GRS fue posible identificar las falencias del sistema actual y definir la alternativa propuesta en el proyecto.

Objetivos

Objetivo general

Plantear una estrategia para el transporte sostenible de los residuos sólidos de la Corporación de Abastos de Bogotá S.A.

Objetivos específicos

- Evaluar el funcionamiento del sistema de recolección de residuos sólidos en la Corporación de abastos, identificando sus pros y contras.
- Recopilar información y referencias sobre sistemas de recolección de residuos sólidos que utilicen movilidad eléctrica en sus recorridos al nivel internacional.
- Establecer una alternativa de movilidad eléctrica para la recolección y transporte de los residuos sólidos, así como las estructuras necesarias para su funcionamiento.
- Realizar un análisis detallado de los costos asociados a la implementación del sistema de recolección de residuos sólidos mediante vehículos eléctricos en la Corporación de Abastos de Bogotá S.A.

Justificación

La Corporación de Abastos de Bogotá, como principal centro de distribución, acopio y comercialización de alimentos en Colombia, tiene un impacto significativo en las condiciones laborales y la experiencia de sus visitantes. Con más de cinco décadas de actividad económica, Corabastos recibe diariamente miles de toneladas de alimentos provenientes de todo el país, lo que genera grandes volúmenes de residuos sólidos derivados de productos perecederos, envases y embalajes. Estos residuos se gestionan actualmente con vehículos de combustión interna, representan desafíos operativos y ambientales que afectan directamente a los trabajadores y visitantes.

El uso de vehículos de combustión interna contribuye a la contaminación acústica, lo que afecta negativamente las condiciones laborales de los operarios y la comodidad de los visitantes. Además, las emisiones generadas por estos vehículos agravan la calidad del aire

dentro de la central, aumentando los riesgos para la salud de quienes trabajan o transitan en el lugar. Por lo tanto, la transición hacia un sistema de recolección de residuos basado en vehículos eléctricos busca mitigar estos problemas, creando un entorno más limpio, silencioso y eficiente que mejore tanto las condiciones laborales como la experiencia de los usuarios.

Corabastos desempeña un papel fundamental en la dinámica económica y ambiental de Bogotá. El transporte, como sector estratégico, es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), representando alrededor del 23% de las emisiones globales, según el Banco Interamericano de Desarrollo (2021). La dependencia de vehículos de combustión interna para la recolección y transporte de residuos sólidos en Corabastos contribuye a este problema, aumentando la contaminación atmosférica en la ciudad y dificultando el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La implementación de un sistema de movilidad eléctrica en la gestión de residuos sólidos no solo beneficiaría a Corabastos, sino también a la ciudad en general, al reducir significativamente las emisiones de CO_2. Este proyecto representa una oportunidad para modernizar la infraestructura de transporte de residuos, posicionando a Corabastos como un líder en sostenibilidad. Además, esta transición promueve el cumplimiento de compromisos internacionales como el Acuerdo de París, alineándose con las políticas nacionales e internacionales de sostenibilidad ambiental.

Delimitación

El presente estudio se basa en proponer una alternativa moderna y sostenible para la recolección y transporte de los residuos sólidos generados al interior de la central mayorista de Corabastos Bogotá, situado en la Avenida Carrera 80 No. 2-51., mediante un análisis del

sistema actual y experiencias internacionales que apliquen el modelo sugerido, tales como Estados Unidos, Austria, Reino Unido y España. La valoración es de tipo cualitativo y descriptivo ya que comprende la investigación, análisis, interpretación y comparación de la información contenida en los documentos consultados y datos obtenidos en campo, también se realizan entrevistas tipo encuestas con el fin de conocer la percepción de los usuarios visitantes y comerciantes de Corabastos y operadores que realizan la labor de la gestión de residuos sólidos, para conocer su experiencia. El alcance es el de proponer la alternativa moderna y sostenible para mitigar los impactos ambientales generados por el sistema de recolección de residuos sólidos actual.

Marco referencial

Antecedentes teóricos

El uso de vehículos eléctricos para la recolección de residuos sólidos representa una estrategia cada vez más popular en todo el mundo, impulsada por su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y minimizar el ruido en las zonas urbanas, así como para reducir el consumo de combustibles fósiles.

Este enfoque de movilidad sostenible no sólo cumple con los compromisos ambientales asumidos por ciudades y empresas, sino que también aporta beneficios tangibles en términos de eficiencia operativa y ahorro económico a largo plazo. Este tipo de tecnología está en auge en varias ciudades de Europa, Asia y América, donde se han desarrollado proyectos y programas piloto para probar la viabilidad de estos vehículos en la recolección de residuos.

La experiencia y el éxito de estas implementaciones internacionales nos indican que esta sería una excelente alternativa para la Corporación de Abastos de Bogotá, la cual, es una

entidad que maneja diariamente grandes volúmenes de residuos y que por su actividad necesita soluciones para optimizar su gestión de residuos.

Dentro del contexto internacional se encontró que diversas ciudades alrededor del mundo que han incorporado vehículos eléctricos para la gestión de residuos, algunos ejemplos destacados incluyen a Phoenix, donde el Departamento de Sanidad ha implementado camiones eléctricos Mack LR Electric para mejorar la calidad del aire y reducir las emisiones en un entorno urbano denso, por otro lado, y de manera similar, en Europa, ciudades como Londres y Berlín han apostado por la movilidad eléctrica en sus servicios municipales de recolección, integrando vehículos eléctricos que cumplen con los requisitos de bajas emisiones y reducen significativamente el ruido en zonas residenciales y comerciales, también, en América Latina, ciudades como Colina en Chile y Curitiba, Brasil han realizado avances significativos, introduciendo camiones de basura eléctricos en sus flotas municipales, alineándose con los compromisos de sostenibilidad y las políticas nacionales de reducción de emisiones.

Marco teórico

Sostenibilidad y gestión de residuos sólidos

La sostenibilidad es un concepto fundamental en el desarrollo contemporáneo, que busca equilibrar el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente, asegurando el bienestar de las generaciones presentes y futuras (Brundtland, 1987). En el contexto de la gestión de residuos sólidos, la sostenibilidad se traduce en minimizar el impacto ambiental de la producción y disposición de residuos, priorizando la reducción, reutilización y reciclaje. Este enfoque se encuentra alineado con los principios de la economía circular, un modelo que promueve el cierre del ciclo de vida de los productos a través del

reciclaje y la regeneración de materiales, reduciendo así la dependencia de recursos finitos (Ellen MacArthur Fundación, 2015).

La gestión integral de residuos sólidos se refiere al conjunto de procesos que abarca desde la generación hasta la disposición final de los residuos, con el objetivo de mitigar sus impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud pública. En Colombia, esta gestión está regulada por el Decreto 1713 de 2002, que establece directrices claras sobre la clasificación, recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos, fomentando la minimización y el aprovechamiento de estos a través de estrategias sostenibles (Ministerio de Ambiente, 2002).

Movilidad eléctrica

La movilidad eléctrica se refiere a la utilización de vehículos propulsados por motores eléctricos que obtienen su energía de baterías recargables. A nivel global, se ha posicionado como una de las principales soluciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector del transporte, contribuyendo a la mejora de la calidad del aire en áreas urbanas y a la mitigación del cambio climático (Agencia Internacional de Energía, 2021).

Los vehículos eléctricos ofrecen ventajas significativas en comparación con los de combustión interna, como una mayor eficiencia energética, menores costos de mantenimiento, y la posibilidad de ser alimentados por fuentes de energía renovable (García & Ortiz, 2019). En el contexto de la recolección de residuos sólidos, la movilidad eléctrica no solo reduce las emisiones contaminantes, sino que también minimiza la contaminación acústica en áreas densamente pobladas, mejorando la calidad de vida urbana (Chen, Li & Zhang, 2020).

Transporte de Carga

El transporte de carga se refiere al movimiento de bienes y materiales desde su lugar de origen hasta su destino final, con el objetivo de satisfacer necesidades de distribución en diferentes sectores. Según Ballou (2004), el transporte es uno de los componentes clave de la logística, ya que conecta los puntos de la cadena de suministro y permite la entrega oportuna de mercancías. En el ámbito de los residuos sólidos, el transporte de carga adquiere una relevancia particular, ya que implica el traslado eficiente de grandes volúmenes de materiales desde los puntos de generación hasta los centros de disposición, procesamiento o reciclaje.

El transporte de carga puede clasificarse en diversas modalidades, dependiendo del tipo de vehículo, las características de la carga y las condiciones del entorno. En el caso de la recolección de residuos, los vehículos deben estar adaptados para manejar materiales heterogéneos y cumplir con normativas ambientales, como la reducción de emisiones y el manejo seguro de desechos.

Logística

La logística se define como el conjunto de procesos que integran la planificación, implementación y control del flujo eficiente de bienes, servicios e información entre el punto de origen y el punto de consumo, según el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP, 2021). En el contexto de la gestión de residuos sólidos, la logística abarca actividades como la recolección, transporte, almacenamiento y disposición final, con el objetivo de minimizar los costos y maximizar la sostenibilidad ambiental.

Un sistema logístico eficiente se caracteriza por:

Optimización de rutas: Minimizar los tiempos y costos de transporte mediante la planificación estratégica de recorridos.

Uso de tecnologías avanzadas: Incorporación de sistemas de monitoreo, sensores y software de gestión para mejorar la trazabilidad y el control del proceso.

Sostenibilidad: Integrar prácticas que reduzcan el impacto ambiental, como el uso de vehículos eléctricos y la implementación de sistemas de carga eficientes.

Transporte de Carga y Logística en la Gestión de Residuos

En el ámbito de los residuos sólidos, el transporte de carga y la logística juegan un papel crucial en la eficiencia del sistema de recolección y disposición. Según Ghilardi et al. (2019), un enfoque logístico efectivo no solo mejora la operatividad del sistema, sino que también contribuye a la reducción de emisiones contaminantes y costos operativos. Para ello, es esencial considerar aspectos como la capacidad de carga de los vehículos, la frecuencia de recolección y la adecuación de las rutas a las necesidades del entorno.

La incorporación de vehículos eléctricos en los sistemas logísticos de transporte de residuos representa una innovación significativa. Estos vehículos ofrecen ventajas como la reducción de emisiones de CO_2 y ruido, así como menores costos operativos a largo plazo (Foro Económico Mundial, 2020).

Marco conceptual

Residuos sólidos: un residuo sólido, se considera a cualquier material o sustancia que deja de tener valor para su propietario y, por lo tanto, se desecha. Entre estos materiales, podemos encontrar una amplia gama de objetos, como envases de plástico hasta restos de comida (Galvis González, 2016).

Residuos sólidos orgánicos: son los materiales residuales que, en algún momento, tuvieron vida, formaron parte de un ser vivo o deriven de los procesos de transformación de combustibles fósiles (Galvis González, 2016).

Residuos sólidos inorgánicos: Los inorgánicos son aquellos que no son biodegradables, es decir, no provienen de fuentes naturales. Incluyen objetos como vidrios, plásticos, metales y cerámica. En este caso, estos residuos pueden ser reciclados para su reutilización.

Lixiviados: Son los líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan residuos sólidos y que pueden dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua (Jaramillo y Zapata, 2008).

Gestión integral de los residuos: Es el conjunto articulado e interrelacionado de acciones y normas operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de los residuos sólidos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (Jaramillo y Zapata, 2008).

Aprovechamiento de residuos: Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales… o de energía (Jaramillo y Zapata, 2008).

Movilidad eléctrica: La movilidad eléctrica consiste en la integración de nuevas tecnologías para desplazarse como bicicletas, scooters, motos y autos eléctricos. Esta se ha convertido en uno de los principales objetivos en el mundo para mitigar el daño al medio ambiente y reducir los efectos del cambio climático. (Enel Américas, 2021).

Movilidad: Hace referencia a una nueva forma de abordar los problemas de transporte, el cual busca hacer equitativo el uso de la malla vial por los diferentes actores, puesto que se 56 considera un recurso escaso que no podrá crecer al ritmo que crece el parque automotor, con el fin de facilitar las nuevas necesidades de desplazamiento de las personas y de las mercancías, en una ciudad o región. Cantidad de tránsito que se puede acomodar al sistema (capacidad) y la rapidez con que este puede desplazarse (Flechas A. L., 2006, p. 2)

Movilidad sostenible: Aquella que persigue, dentro de sus objetivos, integrar criterios que minimicen los impactos negativos generados por el transporte y maximicen la movilidad. Así mismo, busca equilibrar el costo pagado por los usuarios, derivado de sus desplazamientos, con el costo real en el que se incluyan las implicaciones de su decisión de emprender un viaje y generar contaminación, accidentes, saturación, dado que estas son cubiertas de manera mínima por los agentes generadores (Flechas A. L., 2006, p. 29).

Central de abastos: La central de abasto es una infraestructura amplia que comparten diferentes propietarios vinculados a la actividad comercial, acopio y al abastecimiento (en su mayoría alimentos) en ciudades, sus instalaciones les permiten manejar grandes volúmenes de mercancías, cuentan con bodegas especializadas y administración centralizada (DANE, 2015).

Vehículo compactador de basura: Un compactador de residuos o una prensa industrial, es una máquina que reduce el volumen de la basura que pasa por ella, a través de una presión ejercida hacia el material para que adopte una forma cúbica. (GTA Ambiental, s. f.).

Centro de Clasificación de Residuos (CCR): Instalación al interior de la Central para el pesaje y clasificación de los residuos sólidos generados en el complejo comercial, mediante procesos manuales, mecánicos o mixtos (CORABASTOS, 2022).

Contenedor de almacenamiento: Es el recipiente apropiado para el depósito temporal de residuos sólidos de uso comunitario, en condiciones de aislamiento que facilite el manejo, transporte y descargue por medios mecánicos o manuales. (CORABASTOS, 2022).

Transporte de residuos: Operación de trasladar los residuos sólidos, desde el CCR hasta los sitios de valorización (CORABASTOS, 2022).

Huella de carbono: La huella de carbono es la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por nuestras actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos) en el medio ambiente. Se refiere a la cantidad en toneladas o kilos de dióxido de carbono equivalente de gases de efecto invernadero, producida en el día a día, generados a partir de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción y transporte entre otros procesos. (Schneider & Samaniego, 2010).

Economía circular: El objetivo de la economía circular es preservar el valor de los materiales y productos durante el mayor tiempo posible, evitando enviar de regreso a la naturaleza la mayor cantidad de desechos que sea posible y logrando que estos se reintegren

al sistema productivo para su reutilización (Deckymn, 2018; Solórzano, 2018; Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Transporte de Carga: Movimiento de bienes o materiales desde un punto de origen a un destino, optimizado para reducir costos y tiempos (Ballou, 2004).

Logística: Gestión integral del flujo de bienes, información y servicios para garantizar eficiencia en la cadena de suministro (CSCMP, 2021).

Optimización de Rutas: Estrategias para minimizar tiempos y costos en el transporte mediante el uso de tecnologías de planificación (Ghilardi et al., 2019).

Marco legal e incentivos para la implementación de vehículos eléctricos en Colombia

El marco normativo colombiano se fundamenta en los siguientes instrumentos legales y políticos para fomentar la movilidad eléctrica y la gestión sostenible de residuos:

Leyes de la república

Ley 1964 de 2019: Ley fundamental que establece esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones. Introduce o refuerza incentivos clave como la reducción del Impuesto sobre Vehículos Automotores (máximo 1% del valor comercial), descuentos en revisión técnico-mecánica (30%) y SOAT (10%), exención de restricciones vehiculares (Pico y Placa) y establece cuotas mínimas de adquisición de vehículos eléctricos para entidades públicas.

Ley 1972 de 2019: Complementa la Ley 1964 al establecer incentivos económicos y fiscales específicos para vehículos eléctricos y de cero emisiones, incluyendo exenciones de IVA y descuentos en impuestos.

Ley 2128 de 2021 (Ley de Transición Energética): Impulsa el uso de energías renovables y establece un marco para reducir la dependencia de combustibles fósiles. Apoya el despliegue de infraestructura de carga y fomenta la adopción de vehículos eléctricos.

Ley 488 de 1998: Estatuto Tributario Nacional. Artículos específicos, como el Artículo 145, son referenciados para establecer la base del Impuesto sobre Vehículos Automotores y las tarifas aplicables a vehículos eléctricos. Artículos como el 255 y 428 establecen beneficios tributarios para inversiones ambientales y exenciones de IVA en ciertos contextos.

Decretos expedidos por el gobierno nacional

Decreto 1116 de 2017 (Ministerio de Transporte): Permite la exención de restricciones vehiculares (Pico y Placa) para vehículos eléctricos y de cero emisiones en ciertas áreas urbanas.

Decreto 2051 de 2019: Establece un gravamen arancelario del 0% para la importación de vehículos eléctricos.

Decreto 191 de 2021: Adiciona la reglamentación relacionada con la identificación de parqueaderos preferenciales para vehículos eléctricos, incluyendo un logotipo y color específicos.

Resoluciones de entidades del nivel nacional

Resolución 40223 de 2021 (Ministerio de Minas y Energía): Establece las condiciones mínimas de estandarización y de mercado para la implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables

Resolución Conjunta 20213040039485 de 2021: Establece lineamientos técnicos y un descuento del 30% en la revisión técnico-mecánica para vehículos eléctricos.

Documentos de política nacional (CONPES)

CONPES 3934 de 2018: Define la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica.

CONPES 3874 de 2016: Establece la política para mejorar la gestión de residuos en Colombia.

Actos administrativos de entidades territoriales

Acuerdos Distritales: el acuerdo 780 de 2020 en Bogotá, establece descuentos adicionales en el Impuesto sobre Vehículos Automotores para vehículos eléctricos nuevos (60-70%).

El marco normativo nos muestra cómo las leyes establecen los principios y beneficios generales, los decretos los reglamentan, y las resoluciones detallan aspectos técnicos y operativos. Los documentos CONPES guían la formulación de políticas, y los actos administrativos territoriales pueden complementar los incentivos a nivel local.

La siguiente tabla resume los principales descuentos e incentivos con valores o porcentajes específicos que pueden aplicar al tipo de vehículo eléctrico considerado en este proyecto:

Tabla 1.

Incentivos y descuentos para vehículos eléctricos en Colombia

Tipo de Incentivo	Valor o Porcentaje del Descuento/Beneficio	Base Legal
IVA (Impuesto sobre las Ventas)	Tarifa del 5% (en lugar del 19% general). Descuento del 14%.	Ley 1964 de 2019, Artículo 468-1 del E.T.

Arancel de Importación	0%	Decreto 2051 de 2019
Impuesto sobre Vehículos	Máximo 1% del valor comercial. Descuentos locales adicionales (Bogotá: 60-70%) por 5 años.	Ley 1964 de 2019, Ley 488 de 1998 (Art. 145), Acuerdos locales (Acuerdo 780 de 2020 en Bogotá).
Revisión Técnico-Mecánica	Descuento del 30%	Ley 1964 de 2019 (Art. 4), Resolución Conjunta 20213040039485 de 2021
SOAT	Descuento del 10%	Ley 1964 de 2019 (Art. 4)
Restricción Vehicular	Exención (ej. Pico y Placa)	Ley 1964 de 2019, Decreto 1116 de 2017
Parqueaderos Preferenciales	Identificación y posible infraestructura de carga en lugares designados.	Ley 1964 de 2019, Decreto 191 de 2021

Metodología

Fase 1: Se recolectaron datos operativos del sistema actual obteniendo información sobre los horarios de recolección, rutas establecidas, frecuencia de recolección, tipos de vehículos, cantidad de contenedores a disposición para el almacenamiento de residuos, volumen promedio de residuos recolectados diariamente y tipos de residuos generados (orgánicos, inorgánicos, peligrosos, entre otros), el proceso de segregación y el destino final de cada tipo de residuo.

Fase 2: Se realizaron entrevistas con el personal operativo y administrativo de CORABASTOS, incluyendo los encargados de logística, transporte de residuos, comerciantes y usuarios de la central, se tomó material visual como fotografías y videos de la operación actual de la gestión de residuos solidos

Fase 3: Se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes generados por los vehículos de recolección actuales mediante la fórmula de

emisiones estándar (gases por kilómetro recorrido), en función del tipo de combustible y el número de vehículos en uso.

Fase 4: Se analizaron las fortalezas y debilidades del sistema actual en términos de eficiencia, impacto ambiental, Identificando áreas críticas donde la transición a vehículos eléctricos podría mejorar la operatividad o reducir los costos y emisiones.

Fase 5: Se realizó una revisión de literatura sobre la aplicación de vehículos eléctricos en la recolección de residuos en diferentes ciudades que han implementado flotas de vehículos eléctricos para la recolección de residuos, como Phoenix, Berlín, Torrejón de Ardoz y Curitiba.

Fase 6 Se estableció la alternativa para el transporte sostenible de los residuos sólidos de la Corporación de Abastos más viable utilizando movilidad eléctrica.

Fase 7: Se conformó el documento del proyecto de grado recopilando las fases mencionadas anteriormente

Corabastos escenario base.

Actualmente, la central de abastos genera aproximadamente 322,3 m^3 diarios de residuos sólidos que equivalen a 102,5 ton/día dentro de estos residuos de encuentran residuos reciclables, orgánicos y no valorizables.

Estos residuos son llevados al nuevo nuevo Centro de Recepción y Clasificación de Residuos el cual cuenta con todas las instalaciones eléctricas, sanitarias, eólicas, banda separadora de residuos y sistema contraincendios; lo que permitirá que se puedan recuperar 34.728 toneladas de residuos orgánicos y 66,22 toneladas de excedentes aprovechables, convirtiéndolo así en uno de los proyectos más importantes del país en economía circular.

El 85% de los residuos orgánicos se transforma en compost, el cual se vende a campesinos a un precio de $12.000 pesos por bulto aproximadamente US$3,0 promoviendo así la agricultura sostenible (Col Global News,2024).

La valorización de residuos es cualquier actividad diferente a la disposición final de estos en rellenos sanitarios, por lo que el contratista podrá definir el fin de estos que puede ser como alimento para animales, compostaje, biodigestores, venta de material reciclable, entre otras actividades de la comercialización o valorización de residuos.

El sistema actual de gestión integral de residuos sólidos (GIRS), divide la central de abastos en dos zonas, dentro de la zona 1 encontramos las bodegas donde se comercializan granos y procesados, comercio minorista, red de fríos y papa; además se encuentra la zona de los bancos, oficinas administrativas y parqueadero, esta zona produce aproximadamente 65,5 m3 de residuos diarios bajo condiciones normales en un área de 290.081 m^2 aproximadamente.

La zona 2 comprende las bodegas dedicadas a la comercialización de frutas, verduras y hortalizas al por mayor y al detal, esta zona produce en promedio 163,7 m^3 diarios en condiciones normales en un área de aproximadamente 144.909 m^2, en la figura 8 se evidencia la división de la central para la recolección de los residuos.

Figura 8.

División de la central en zonas de recolección

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022).

Teniendo en cuenta lo anterior, la central genera aproximadamente 353,79 m^3/día de residuos sólidos en condiciones normales y en condiciones de generación pico se estima que genera 585,90 m^3/día, en la tabla 2 se evidencia la generación de residuos por bodega durante el año 2019.

Tabla 2.

Generación diaria aproximada de residuos en la Central de Abastos año 2019

Bodega	Generación promedio (m^3/día)	Generación promedio (Ton/día)	Generación días pico (m^3/día)	Generación días pico (Ton/día)
		ZONA 1		
1	1,21	0,38	2	0,6
2	0,32	0,1	0,5	0,2
3	0,32	0,1	0,5	0,2
4	3,21	1,02	5,3	1,7
5	0,8	0,25	1,3	0,4
6	0,32	0,1	0,5	0,2
7	0,41	0,13	0,7	0,2
8	0,7	0,22	1,2	0,4
9	1,7	0,54	2,8	0,9
10	0,6	0,19	1	0,3
14	8,1	2,58	13,4	4,3
15	9,3	2,96	15,4	4,9
16	1,21	0,38	2	0,6
17	4,47	1,42	7,4	2,4
18	12,8	4,07	21,2	6,8
19	1,2	0,38	2	0,6
27	2,4	0,76	4	1,3
35	2,2	0,7	3,6	1,2
35N	0,9	0,29	1,5	0,5
35R	3,6	1,14	6	1,9
40	0,21	0,07	0,3	0,1
41	0,55	0,17	0,9	0,3
42	1,15	0,37	1,9	0,6
44	0,14	0,04	0,2	0,1
45B	0,14	0,04	0,7	0,2

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Tabla 3.

Generación diaria aproximada de residuos en la Central de Abastos año 2019

Bodega	Generación promedio (m^3/día)	Generación promedio (Ton/día)	Generación días pico (m^3/día)	Generación días pico (Ton/día)
45ª	0,42	0,13	0,6	0,2
46	0,35	0,11	0,7	0,2
47	0,8	0,25	0,6	0,2
55	3,17	1,01	5,3	1,7
63	1	0,32	1,7	0,5
98	6,55	2,08	10,9	3,5
Parqueadero 2	0,1	0,03	0,2	0,1
		ZONA 2		
11	12,9	4,1	21,4	6,8
12	11	3,5	18,2	5,8
13	4,6	1,46	7,6	2,4
20	1,3	0,41	2,2	0,7
21	17,8	5,66	29,5	9,4
22	13,8	4,39	22,9	7,3
23	14	4,45	23,2	7,4
24	12,9	4,1	21,4	6,8
25	13,4	4,26	22,2	7,1
26	22,4	7,12	37,2	11,8
29	22,6	7,19	37,5	11,9
30	15,7	4,99	26	8,3
34A	4	1,27	6,6	2,1
34B	3,95	1,26	6,6	2,1
39	2,28	0,73	3,8	1,2
76	3,05	0,97	5,1	1,6
81	50,3	16	83,4	26,5
82	26,2	8,33	43,5	13,8

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022).

Las bodegas 26, 81 y 82 se destacan por ser las de mayor generación de residuos, aportando aproximadamente un 44,7% del total. Esto se debe a que en estas bodegas se lleva a cabo el deshoje de productos alimenticios y su alistamiento para la comercialización, lo que incluye la separación y descarte de aquellos productos en mal estado, que luego son recolectados como desechos. (CORABASTOS, 2022, p. 14).

El modelo de contratación utilizado por Corabastos para las labores de aseo y gestión de residuos sólidos es un contrato de concesión adjudicado mediante un proceso de convocatoria pública. Este esquema permite a una empresa de servicios públicos domiciliarios, legalmente habilitada, asumir por un período de 15 años la responsabilidad de ejecutar actividades como recolección, transporte, barrido, lavado de áreas comunes y valorización de residuos. La selección del contratista se realiza siguiendo principios de transparencia y competencia establecidos en el Manual de Buenas Prácticas de la Gestión Contractual, aplicando normas de derecho privado debido a la naturaleza mixta de la central. Este modelo busca garantizar eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental y cumplimiento de estándares de calidad dentro de la central.

Desde la convocatoria pública No 005 de 2022 la empresa INTERASEO es la prestadora del servicio, la cual lleva al cabo sus actividades de la siguiente manera:

- Barrido Manual: La actividad de barrido se realiza manualmente y con una frecuencia diaria en las 14 bodegas que poseen pasillos interiores, así como en las áreas externas de todas las bodegas de la corporación.

- Barrido en Espacios Externos: En áreas externas, como andenes, vías, parqueaderos, y plazas, el barrido se efectúa de manera discontinua en las mañanas debido a la afluencia de tráfico. Sin embargo, en la tarde, cuando el flujo de personas y vehículos disminuye, el barrido se realiza de forma más eficiente.

- Herramientas de Trabajo: Los operarios disponen de cepillos, haraganes, carretillas y/o canecas plásticas de 55 galones, que utilizan para almacenar los residuos

resultantes del barrido. Estos residuos son luego transportados y depositados en contenedores ubicados en las vías internas.

- Apoyo con Minicargadores: En algunas bodegas de la zona 2, donde se genera un mayor volumen de residuos, los operarios utilizan minicargadores tipo “bobcat” para raspar el piso en áreas externas, eliminando así residuos, especialmente los orgánicos que se adhieren al suelo.

- Lavado de Fachadas y Andenes: El operador también se encarga del lavado de las fachadas de las bodegas y de los andenes, utilizando hidro-lavadoras para garantizar la limpieza de estas superficies.

Para la recolección de los residuos Corabastos dispone de 200 contenedores los cuales se clasifican en 4 tipos según su capacidad, estos contenedores se disponen dependiendo de la cantidad de residuos generados por bodega, siendo así que en las bodegas en que más residuos se generan se ubica un mayor número de contendores y con mayor capacidad.

Tabla 4.

Contenedores instalados

Tipo	Capacidad (m^3)	Cantidad instalada
A	1,58	87
B	2,13	47
C	0,21	63
D	0,95	3

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

La recolección de estos contenedores se realiza con dos tipos de transporte, minicargador y vehículo tipo planchón, los cuales, son los encargados de llevar los

contenedores hasta el Centro de Clasificación de Residuos (CCR) y retornarlos a su punto de ubicación.

El vehículo tipo planchón opera acompañado de un minicargador, que cumple la función de cargar los contenedores al planchón el cual tiene una capacidad máxima de transportar seis (6) contenedores, mientras que el minicargador transporta un (1) contenedor a la vez, por lo cual, cuando se tienen dos contendores del mismo material (orgánico o inorgánico), se hace volteo sobre el otro, para disminuir tiempos de traslado. (CORABASTOS, 2022, p. 16)

En el Centro de Clasificación de Residuos (CCR), los residuos se segregan: los orgánicos se envían a composteras y los no aprovechables, a disposición final. Basado en los picos de residuos de 2020, se establece una cantidad mínima de contenedores por bodega, considerando una frecuencia de recolección de dos veces al día. El contratista puede ajustar la cantidad y tipo de contenedores según la capacidad y frecuencia necesarias.

Esquema operativo actual

El esquema operativo diseñado para la Central de Abastos de Bogotá busca mantener la limpieza continua con una operación de 24 horas, los siete días de la semana, incluyendo festivos, adaptándose a los horarios de generación de residuos en cada bodega. Se propone modernizar la gestión de residuos sólidos (GIRS) mediante la implementación de tecnologías avanzadas en vehículos, maquinaria y equipos, optimizando así cada actividad que realice el operador.

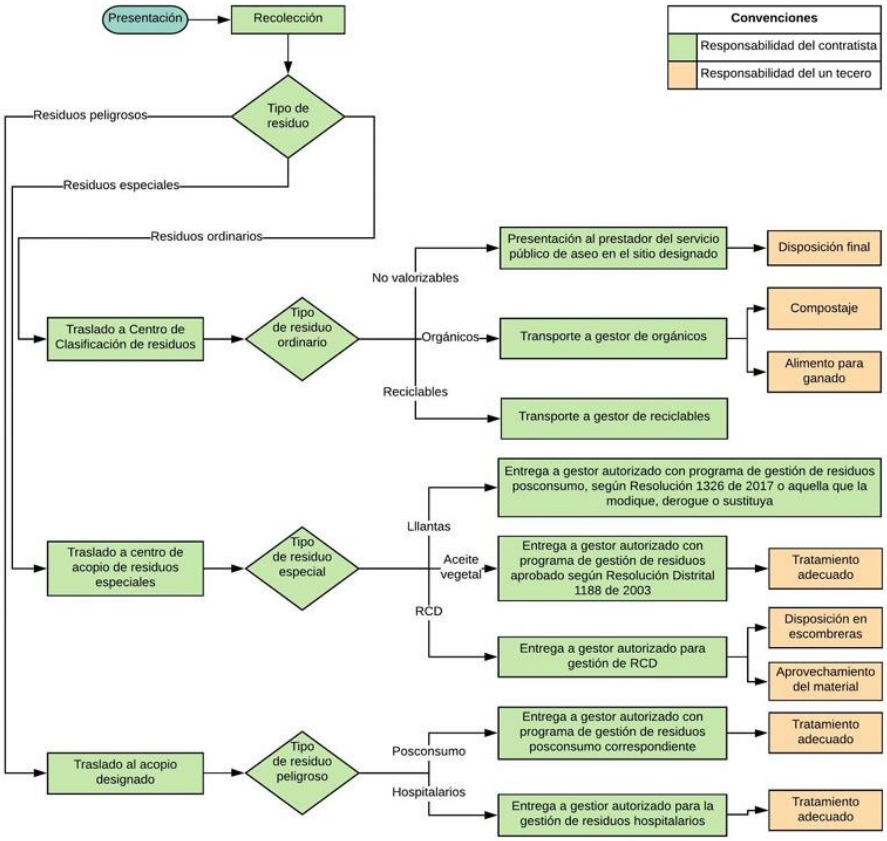
Además, se debe maximizar la valorización de los residuos, minimizando aquellos no aprovechables, e implementar programas permanentes de cultura para la separación en la

fuente, también se debe optimizar los costos de la GIRS, incentivando inversiones que contribuyan al logro de estos objetivos.

En la figura 9 se presenta el esquema de gestión según la corriente de residuos, este describe el proceso de gestión de residuos según su clasificación. Comienza con la "Presentación" y "Recolección" de los residuos. Luego, se clasifican por "Tipo de residuo": peligrosos, especiales y ordinarios.

Figura 9.

Gestión según corriente de residuos

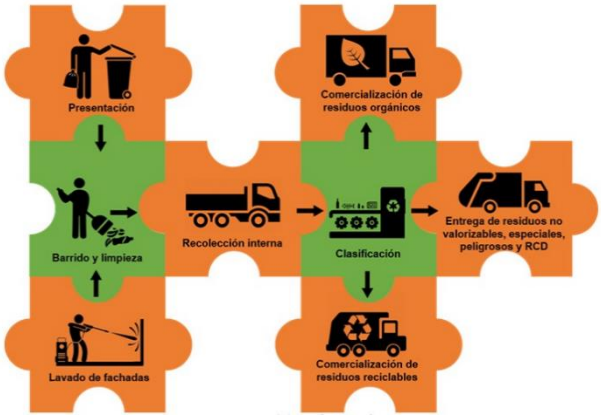


Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Se definió el esquema operativo general que debe ejecutar el contratista, como se presenta a continuación en la figura 10.

Figura 10.

Esquema operativo para la GIRS



Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Uso de los contenedores

En la Central, los residuos se gestionarán mediante contenedores específicos:

- Residuos orgánicos: Se dispondrán en contenedores de 3.200 litros, preferiblemente sin empaques plásticos, para facilitar su valorización. Ejemplos: incluyen cáscaras, restos de comida, vegetales y madera.
- Residuos inorgánicos (reciclables y no aprovechables): Serán colocados en contenedores metálicos ubicados externamente, debidamente señalizados. Incluyen plásticos, vidrio, metal, papel, cartón, entre otros.

Otros residuos como peligrosos, electrónicos, biosanitarios y de construcción no deben colocarse en estos contenedores.

Contenedores para la recolección de residuos orgánicos e inorgánicos

Actualmente el sistema implementa contenedores con el volumen suficiente por bodega y zona que permitan almacenar los residuos generados hasta el momento de la recolección, lo ideal es que los residuos no superen su capacidad máxima de igual manera

los contenedores deberán estar fabricados en materiales resistentes, con sistemas de fácil recolección y para el caso de los residuos orgánicos con sistema de recolección de escurrido de estos de cargue lateral.

Se cuenta con un stock de contenedores de reposición para realizar mantenimientos preventivos y correctivos para los que están en uso, se cuenta con un 10% de stock del total de cada tipo de contenedor, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5.

Cantidad de Contenedores aproximados necesarios para el almacenamiento de residuos orgánicos e inorgánicos

Tipo Contenedor	Cantidad
Contenedor 3.200 litros zona 1	45
Contenedor 3.200 litros zona 2	80
Contenedor 3.200 litros Stock y CCR	13
Subtotal	**138**
Contenedor metálico fijo zona 1	100
Contenedor metálico fijo zona 2	44
Contenedor metálico fijo Stock	16
Subtotal	**160**
Contenedor punto ecológico	6
Subtotal	**6**
TOTAL	**304**

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Ubicación de los contenedores

Los contenedores se ubican equitativamente a lo largo de los costados de las bodegas según las cantidades estimadas. Los contenedores de 3.200 litros se colocan en la vía, junto al andén, sin bloquear las entradas de las bodegas. Cada área de ubicación será demarcada y

señalizada para facilitar su visibilidad y evitar que otros vehículos o carretillas ocupen su espacio.

Demarcación y señalización para contenedores.

La demarcación y señalización para los contenedores de 3.200 litros requiere un área de 4 m² para asegurar el espacio necesario que permita la maniobrabilidad del vehículo de recolección, es decir, descargar un contenedor vacío y recoger el lleno. Para evitar que esta área sea ocupada por vehículos, carretillas o puestos ambulantes, se demarca el área de 4 m² (2 m x 2 m) con pintura vial amarilla, como se evidencia en la figura 11.

Figura 11.

Área demarcada para contendores de 3.200 litros

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

En el área delimitada para el contenedor, no se permite la instalación de barreras distintas a las vallas metálicas, y estas no deben anclarse al concreto, estas vallas se instalan para que el contenedor este en una zona libre, donde el contenedor no sea movido ni el espacio sea ocupado por vehículos o carretas como se evidencia en la figura 12.

Figura 12.

Importancia de las vallas metálicas

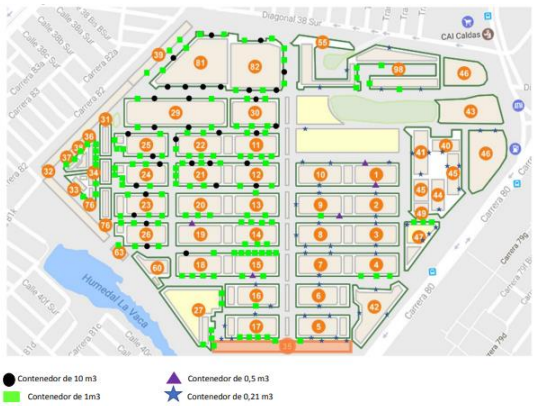
Fuente: elaboración propia

Los contenedores de 3200 litros se ubican sobre los andenes junto a la pared de las bodegas, de manera que no obstruyan la movilidad peatonal ni el acceso a las bodegas. La demarcación del área se realiza con pintura vial amarilla, con una línea de 10 cm de ancho, en la figura 13 se evidencia la ubicación de los contendores dentro de la central.

Ubicación de los contendores para residuos solidos

Figura 12.

Ubicación estimada de contenedores para residuos sólidos



Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Especificaciones técnicas del sistema actual

Contendores de 3.200 litros

Estos contenedores son de sistema de cargue lateral para facilitar la recolección de los mismos con carros de cargue lateral y tienen las siguientes especificaciones:

Datos Técnicos:

- Acero estático galvanizado en caliente
- Resistente en tensiones mecánicas
- Ideal para volúmenes industriales de residuos
- Sistema de carga lateral
- Sistema de drenaje
- Capacidad: 3.200 litros
- Carga nominal: 1.280 kg
- Altura de carga: 1.180 mm
- Peso: 140 kg
- Ancho: 178 cm
- Largo: 188 cm
- Alto: 166,3

Contenedores de 0,5 m^2 y 1m^2

Estos contenedores cuentan con sistema de rodamiento para facilitar la recolección de estos y tienen las siguientes especificaciones:

- Estos contenedores cuentan mínimo con cuatro ruedas para facilitar la recolección y estabilidad del contenedor.
- Son en material poliuretano o en lámina de acero.
- No requieren tapa
- El contenedor de 1 m^3 debe soportar una capacidad de carga de 318 kg.
- El contenedor de 0,5 m^3 debe soportar una capacidad de carga de 160 kg.

Reposición de contendores

Después de 5 y 10 años de operación de los contenedores se tendrá que reponer el 30 % del total de los contenedores de 3.200 litros, para los contadores de 0,5m^3,1 m^3 y 0,21m^3 entre los años 5 y 7 de uso de deberá remplazar la totalidad de estos contenedores.

Prevención en la generación de los residuos solidos

Desde el año 2016, el Centro de Acopio de Alimentos (CAA) se encuentra ubicado dentro de CORABASTOS y realiza la recolección de alimentos donados por los comerciantes de los locales, los cuales son aptos para el consumo humano, pero que debido a su naturaleza perecedera no son comercializados. Estos alimentos son entregados al Banco de Alimentos de Bogotá, quien los distribuye, antes de que pierdan su aptitud, a restaurantes comunitarios para consumo inmediato. Esta labor no solo aporta a nivel social, sino que también contribuye ambientalmente al reducir la generación de residuos.

Por ello, se debe trabajar en conjunto con el Centro de Acopio de Alimentos - CAA para incrementar las toneladas de alimentos destinadas al Banco de Alimentos. Este apoyo se brinda mediante la disposición de cinco (5) personas de nivel operativo encargadas de la recolección de alimentos, siguiendo las frecuencias, horarios y rutas establecidas por el centro de acopio de alimentos.

Recolección de residuos orgánicos e inorgánicos

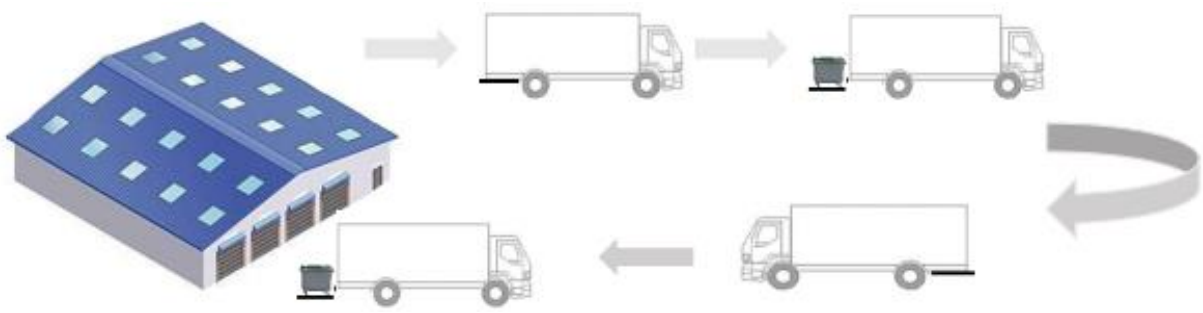
Descripción del esquema

La recolección interna de los contenedores propuestos se realiza antes de que estos presenten desbordamiento, es decir, la recolección deberá ser cuando estén llenos en sus ¾ partes (75%) de capacidad máxima.

La recolección de los contenedores de 3.200 litros se realiza de la siguiente manera: se usa un vehículo compactador de cargue lateral, el vehículo compactador de cargue lateral al realizar el retiro de un contenedor deja un contenedor vacío en el lugar de retiro, con el fin de que este cuente siempre con contenedor para la disposición de residuos y se evite que los usuarios los dispongan en el suelo. Posteriormente, el vehículo recolector se dirige hacia el Centro de Clasificación de Residuos (CCR) donde evacuará el contenedor y nuevamente iniciará la recolección del siguiente hasta completar la recolección de los contenedores establecidos en la jornada de trabajo.

Figura 13.

Esquema de recolección de contenedores de 3.200 litros

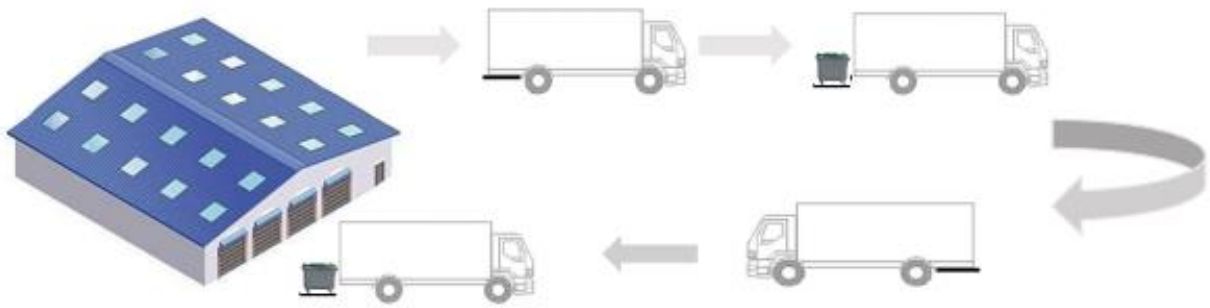


Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Cada vehículo tipo compactador contará con un ayudante para la asistencia de cargue y descargue de contenedores. La recolección de los contenedores de 1, 0,5 y 0,21 m^3, el vehículo recolector tipo furgón con plataforma elevadora, carga la cantidad de contenedores para cual tiene capacidad, posteriormente se dirige hacia el CCR para evacuarlos y nuevamente regresarlos a su punto de ubicación y continuar con la recolección de los demás contenedores hasta cumplir con la totalidad programada en el turno.

Figura 14.

Esquema de recolección de contenedores de 1, 0,5 y 0,21 m³



Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Frecuencia y horarios

La frecuencia de recolección debe ser diaria (lunes a domingo) incluyendo días feriados, durante los 365 días del año, en los siguientes horarios como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6.

Horarios y frecuencia de recolección

Tipo Contenedor	Horario	Frecuencia	Área de Trabajo
Contenedores de 3200 litros marcados para depósito de barrido.	02:00 - 10:00	Lunes a Domingo	Zona 1 y 2
	14:00 - 22:00		Zona 2
	02:00 - 10:00		Zona 1 y 2
	10:00 - 18:00		

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Personal de recolección

Cada vehículo recolector tendrá un conductor por horario establecido, un ayudante para el caso de los vehículos compactadores**,** como se evidencia a continuación en la tabla 7.

Tabla 7.

Personal de recolección de contenedores

Tipo de equipo de recolección	Horario	Área de trabajo	Conductor	Ayudante	Personal descanso	
					Conductor	Ayudante
Compactador 25 yd Cargue lateral	02:00 - 10:00	Zona 1 y 2	1	1	2	3
Compactador 25 yd Cargue trasero			1	1		
Compactador 25 yd Cargue lateral	14:00-22:00	Zona 2	1	1		
Compactador 25 yd Cargue trasero			1	1		
Furgón plataforma Hidráulica (1)	02:00-10:00	Zona 1 y 2	1	1		
Furgón plataforma Hidráulica (2)	10:00-18:00		1			
TOTAL				**16**		

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Herramientas recolección de contenedores

Se cuentan con las siguientes herramientas mínimas para la recolección de los contenedores como se observa en la tabla 8.

Tabla 8.

Herramientas de recolección de contenedores

Tipo de herramienta	Cantidad anual
Pala cuadrada mediana	3
Escoba Fuller 337	3
Rastrillo plástico	4

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Vehículos para la recolección

Los vehículos para la recolección de los contenedores 3.200 litros son tipo compactador de cargue lateral, con sistema de brazo hidráulico para el levantamiento de contenedores.

Especificaciones técnicas:

- Año del vehículo 2022.
- Marca internacional.
- Modelo 7600 SBA 6X4.
- mínimo euro V.
- Alarma de reversa.
- Combustible Diésel.

Figura 15.

Vehículo utilizado en el sistema actual para la recolección de los contenedores.

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de vehículos requeridos

La cantidad de vehículos para la recolección de contenedores al interior de la Central se evidencia en la tabla 9.

Tabla 9.

Cantidad de equipos de recolección y barrido mecánico

Tipo de equipo de recolección	Horario	Área de trabajo	Cantidad requerida	Stock necesario
Vehículo tipo compactador	02:00-10:00 14:00-22:00	Zona 1 y 2 Zona 2	2	1
Barredora mecánica	02:00-10:00 10:00-18:00	Zona 1 y 2	1	N/A

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Se tiene de un vehículo de stock de manera que se puedan atender contingencias por fallas mecánicas, mantenimientos preventivos y/o correctivos. Por otro lado, estos horarios permiten que los vehículos tengan el tiempo necesario para mantenimientos preventivos y correctivos.

Manejo y tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos

Los residuos sólidos generados en la Central se clasifican en dos tipos: orgánicos e inorgánicos que pueden ser reciclables y no aprovechables.

Clasificación de residuos

Actualmente CORABASTOS cuenta con un espacio dedicado para la clasificación de residuos, donde el objetivo principal es reducir el impacto al medio ambiente, disminuyendo el volumen de residuos a disponer en relleno sanitario, aprovechando y valorizando al máximo los residuos generados al interior de la central**.**

Descripción de la clasificación de residuos en el CCR

La operación del Centro de Clasificación de Residuos (CCR) es la siguiente:

Los contenedores para el almacenamiento de residuos se transportan al CCR, donde los residuos se clasifican en orgánicos e inorgánicos y se trasladan a sitos de valorización, los cuales cuentan con los permisos requeridos vigentes (licencias ambientales, permisos de vertimientos, concesión de aguas, certificados ICA, entre otros).

Los residuos no aprovechables resultado de la clasificación en el CCR, se presentan a la recolección por parte del prestador del servicio público de aseo. El punto de presentación y entrega de estos residuos en la Central está actualmente ubicado en el área de descarga para camiones de la bodega 55 y el acceso a este punto es por la puerta No. 9. La limpieza del CCR es diaria y permanente, con el fin de evitar la presencia de vectores y aves carroñeras en los alrededores.

Los líquidos contenidos en los contenedores se disponen con un gestor especializado que cuente con permiso, autorizaciones y licencias a las que haya lugar de acuerdo con la normatividad que regula la materia.

Está totalmente prohibido realizar clasificación de residuos en áreas externas al Centro de Clasificación de Residuos (CCR).

Horarios y Personal requerido en el CCR

El Centro de Clasificación de Residuos (CCR) operará tres turnos diarios cada uno de ocho 8 horas/día de lunes a domingo incluyendo días feriados, por lo tanto, requiere el siguiente personal:

Tabla 10.

Personal mínimo requerido – CCR

Conductor minicargador		Operario CCR		Personal descanso	
Horario	**Cantidad**	**Horario**	**Cantidad**	**Conductor minicargador**	**Operario CCR**
06:00-14:00	1	06:00-14:00	6		
14:00-22:00	1	14:00-22:00	6	1	3
22:00-6:00	1	22:00-6:00	6		
	Total			**25**	

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Equipos requeridos en el CCR.

Para el correcto funcionamiento del CCR se necesitan los siguientes equipos mostrados en la tabla 11.

Tabla 11.

Equipos – CCR

Tipo de equipo	Cantidad
Minicargadores	2
Hidro lavadora	1
Compactadora de residuos	1
Banda transportadora para clasificación de residuos	Opcional

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022).

Especificaciones técnicas.

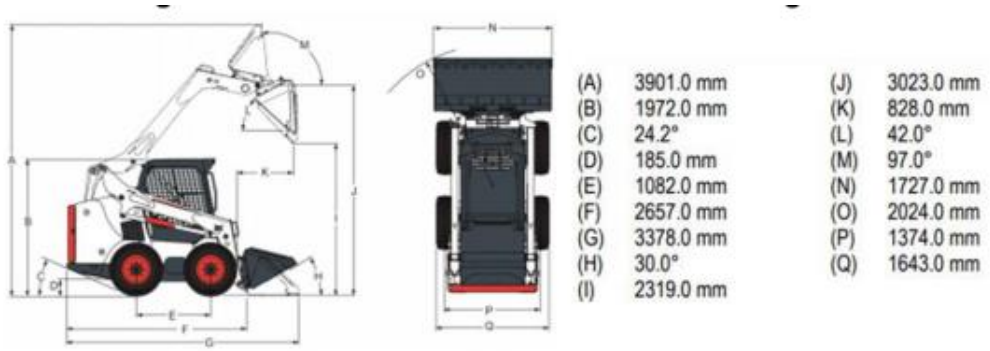
Los minicargadores deberán tienen las siguientes características:

- Neumáticos 10 x 16,5.
- Capacidad nominal estipulada 942 kg.
- Carga de vuelco 1.885 kg.

- Dimensiones mínimas.

Figura 16.

Dimensiones mínimas del minicargador



Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Transporte de residuos a sitio de valorización

Son dos alternativas diferentes para el trasporte de estos residuos una para el transporte de los residuos orgánicos y otra para el transporte de los residuos inorgánicos.

Transporte de residuos orgánicos

Esta alternativa incluye el transporte de los residuos orgánicos en vehículos de tres ejes con volcó volquetas doble troque con una capacidad mínima de 14 m^3, donde los residuos son cargados a estos vehículos con el minicargador dentro del CCR.

Cantidad de vehículos requeridos

La cantidad de vehículos necesarios para el transporte de residuos orgánicos se estableció considerando la capacidad de las volquetas de tres ejes y el número de viajes que estas pueden realizar al sitio de aprovechamiento en una jornada laboral de 8 horas.

Así, se estima que la cantidad diaria de residuos orgánicos es de aproximadamente 331,57 m^3 para el primer año de operación. Una volqueta de tres ejes con una capacidad de 14 m^3, realizando tres viajes en una jornada, transporta un total de 42 m^3 de residuos

orgánicos al sitio de aprovechamiento. Esto significa que tres volquetas en un solo turno logran transportar alrededor de 126 m³. En una segunda jornada laboral, se transportan otros 126 m³ aproximadamente, y en una jornada final solo se requieren dos volquetas para mover 84 m³. Al finalizar 24 horas de operación, se han transportado aproximadamente 336 m³, para el transporte de residuos orgánicos se requiere de los siguientes vehículos:

Tabla 12.

Vehículos requeridos — Transporte de residuos orgánicos

Tipo Equipo Rec.	Horario	Capacidad Vehículo yd	No. De Viajes por jornada de 8 horas	Total, de viajes por jornada
Vehículo Compactador 25yd	06:00 - 14:00	25	2 2 2	6
Vehículo Compactador 25yd	14:00 - 22:00	25	2 2 2	6
Vehículo Compactador 25yd	22:00-06:00	25	2 2	4

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Transporte de residuos inorgánicos

La cantidad de vehículos tipo compactador necesarios para el transporte de residuos inorgánicos se determinó considerando la capacidad de las cajas auto compactadoras y el número de viajes que estos vehículos pueden realizar al sitio de valorización durante una jornada laboral de ocho (8) horas.

Se estima que la cantidad de residuos inorgánicos a transportar al sitio de valorización es, en promedio, de 253 m³ durante el primer año de operación. Si una caja auto compactadora tiene una capacidad de 10 toneladas y se proyecta que en una jornada de 8 horas se realicen

dos viajes al sitio de valorización, el sistema permite el transporte de 20 toneladas diarias. En una segunda jornada laboral, se transportan otras 20 toneladas, y en una jornada final con un solo viaje se transportan 10 toneladas. Así, al cabo de 24 horas laborales, se mueven aproximadamente 90 toneladas.

Tabla 13.

Vehículos requeridos - Transporte de residuos inorgánicos

Tipo Equipo Rec.	Horario	Capacidad de caja auto compactadora (yd)	No. De Viajes por jornada de 8 horas	Total, de viajes por jornada
Vehículo Compactador 25yd Cargue lateral	06:00 - 14:00	25	2	
Vehículo Compactador 25yd Cargue lateral	14:00 - 22:00	25	2	6
Vehículo Compactador 25yd Cargue lateral	22:00-06:00	25	2	

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Tabla 14.

Cantidad de vehículos necesarios

Tipo de vehículo	Cantidad
Vehículo Compactador 25yd Cargue lateral	1
Contenedor desmontable	3
Total	4

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Personal requerido, frecuencia y horarios

Para realizar el transporte de residuos inorgánicos hasta el sitio de valorización se requiere el siguiente personal.

Tabla 15.

Personal requerido – Transporte de residuos orgánicos

Tipo Equipo Rec.	Horario	Frecuencia	Área de trabajo	Conductores	Personal descanso
Vehículo Compactador 25yd Cargue lateral	06:00 - 14:00	Lunes a Domingo	CCA-Sitio valorización	1	2
Vehículo Compactador 25yd Cargue lateral			CCA-Sitio valorización	1	
Vehículo Compactador 25yd Cargue lateral	14:00 - 22:00		CCA-Sitio valorización	1	

Fuente: Anexo Técnico Convocatoria Pública No. 005 de 2022, Corabastos (2022)

Rutas de recolección interna de residuos solidos

Se han establecido tres rutas internas para la recolección de residuos, operadas con dos vehículos compactadores, cada uno con una capacidad de 25 yardas. La dinámica de trabajo asigna a uno de los vehículos la recolección interna de los residuos, mientras que el otro se encarga de transportar el material hacia los centros de valorización y aprovechamiento. Las rutas se siguen en orden secuencial (1, 2, 4 y 3) con una frecuencia diaria, de lunes a domingo. El compactador inicia su labor en la ruta asignada y detiene su recorrido cada vez que alcanza su capacidad máxima, momento en el que se dirige al CCR para vaciar su carga y luego retoma la ruta.

Las delimitaciones de las rutas se evidencian en los siguientes mapas.

Figura 17.

Ruta 1 sistema actual

Fuente: Adaptado de *INFORME DE GESTIÓN 2023*, p. 61, por Corporación de Abastos de Bogotá, 2023.

Figura 18.

Ruta 2 y 4 sistema actual

Fuente: Adaptado de *INFORME DE GESTIÓN 2023*, p. 61, por Corporación de Abastos de Bogotá, 2023

Figura 19.

Ruta 3 sistema actual

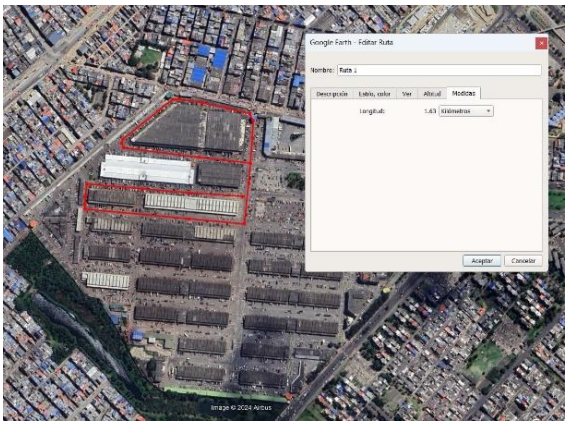
Fuente: Adaptado de *INFORME DE GESTIÓN 2023*, p. 61, por Corporación de Abastos de Bogotá, 2023

Distancia de las rutas.

Con las rutas dadas por la corporación se determinaron las longitudes de las rutas, para esto se utilizó la herramienta Google Earth Pro, como se observa en la figura 21

Figura 20.

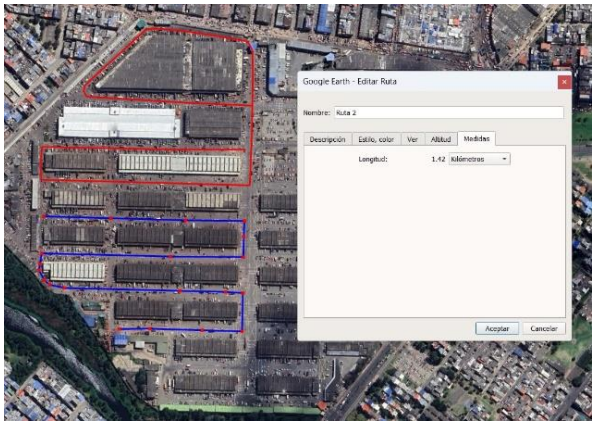
Longitud de la ruta 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 21.

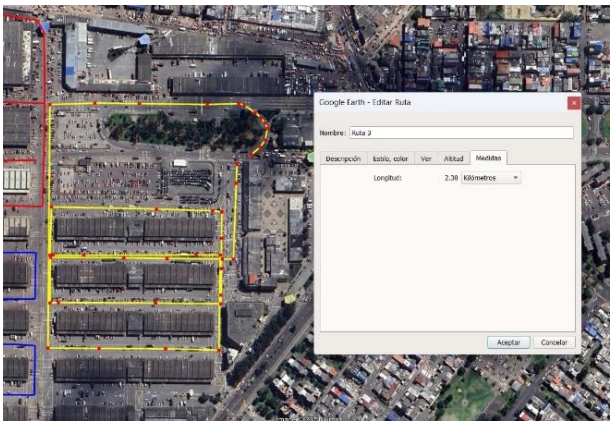
Longitud de la ruta 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 22.

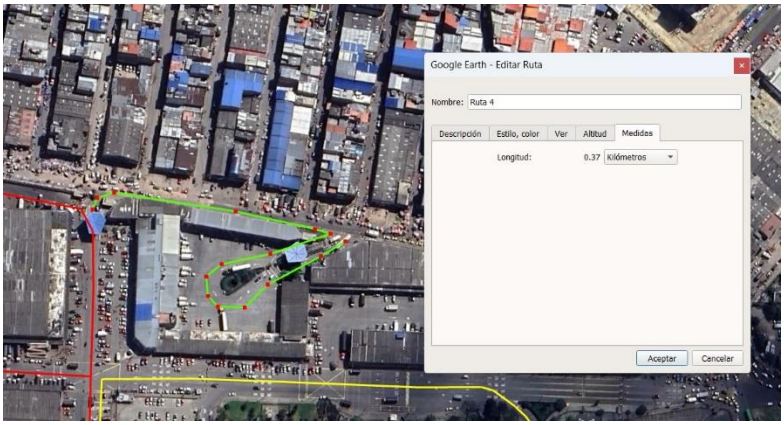
Longitud de la ruta 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 23.

Longitud de la ruta 4



Fuente: Elaboración propia

Una vez se determinaron las distancias de cada ruta se resumieron en la tabla 16 y se totalizaron obteniendo una longitud total de 4,87 km.

Tabla 16.

Consolidado de longitudes de ruta

Ruta	Longitud (km)

1	1,58
2	2,13
3	0,21
4	0,95
Total	**4,87**

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en consideración dichos recorridos, se estimó la huella de carbono de los vehículos utilizados. Se empleó el factor de emisiones de 2,67 kg CO_2 por cada litro de combustible. (Michelin Connected Fleet, s.f.). En tabla 17 se presenta los vehículos empelados a combustión para la recolección interna de los residuos sólidos con si factor de emisiones de CO_2.

Tabla 17.

Generación de CO2 de cada tipo de vehículo

Vehículo	Combustible	Generación de CO_2 ($kgCO_2/L$)
Vehículo Compactador 25yd	Diesel	2,67
Minicargador	Diesel	2,67
Vehículo tipo planchón	Diesel	2,67

Fuente: Elaboración propia

Teniendo la distancia total recorrida por estos vehículos entre todas las rutas definidas por la corporación y la cantidad de recorridos que realizan por día, y empleando la ficha técnica de los vehículos utilizados se cuantifica la cantidad de combustible que consume cada vehículo en el recorrido.

Tabla 18.

Consumo de combustible de los vehículos compactadores 25yd

Vehículo	Distancia recorrida (km)	Cantidad de recorridos	Distância total recorrida por Jornada(km)	Rendimiento (L/km)	Consumo por Jornada (L)
Vehículo Compactador 25yd	4,87	22	214,28	0,5	107,14
Vehículo tipo planchón	4,87	12	116,88	0,5	58,44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19.

Consumo de combustible de los minicargadores

Vehículo	Horas de trabajo (h)	Rendimiento (L/h)	Consumo por recorrido (L)
Minicargador CCR	12	6	72
Minicargador CCR	12	6	72
Minicargador de recolección	16	6	96
Total			**240**

Fuente: Elaboración propia

Una vez se determinó el consumo total se definió la huella de carbono para cada tipo de vehículo y se totalizó como se observa en la tabla 20.

Tabla 20.

Generación total de CO2 por cada tipo de vehículo

Vehículo	Generación de CO_2 ($kgCO_2/L$)	Consumo total (L)	CO_2 Generado ($kgCO_2$)

Vehículo Compactador 25yd	2,67	107,14	286,1
Minicargador	2,67	240	640,8
Vehículo tipo planchón	2,67	58,44	156,0
	Total		**1.082,9**

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se determinó entonces que diariamente (24h) los vehículos utilizados para la recolección, transporte y clasificación de los residuos sólidos en la central de Corabastos generan 1.082,9 kg de CO_2, con un consumo diario de combustible Diesel de 405,58 litros, En el mes se generan 32.487 kg de emisiones de CO_2, con un consumo mensual de combustible de 12.167,4 litros de Diesel l, Al año se estima 395.258,5 kg de emisiones a la atmosfera de CO_2, con un consumo anual de combustible Diesel de 148.036,7 litros,

Referencias internacionales de operaciones en centros logísticos y zonas urbanas

Se presentan casos internacionales relevantes donde se han implementado vehículos eléctricos en la recolección de residuos sólidos, destacando aspectos como el tiempo de implementación, características de los vehículos, métodos de carga eléctrica, operaciones, resultados obtenidos y proyecciones a futuro, Estos casos sirven como referencia clave para entender las oportunidades, desafíos y beneficios de la electrificación en este sector, proporcionando una base sólida para el análisis y posible replicación en el contexto de CORABASTOS.

Phoenix, Arizona, Estados Unidos

La implementación de vehículos eléctricos (VEs) en la flota de recolección de residuos de la ciudad de Phoenix, Arizona, desde el año 2020, representa un caso ejemplar de cómo las grandes metrópolis en los Estados Unidos están abordando los desafíos de la sostenibilidad y la reducción de emisiones en sus servicios públicos esenciales. Phoenix,

capital de Arizona y una de las ciudades más pobladas del suroeste estadounidense, ha debido enfrentar históricamente problemas de calidad del aire exacerbados por su clima árido y su creciente densidad poblacional (Maricopa Association of Governments, s.f.). En este contexto, la adopción de una flota de recolección de residuos eléctricos no solo responde a una visión de modernización, sino también a una necesidad apremiante de mitigar el impacto ambiental de sus operaciones municipales.

Incentivos Gubernamentales y Financiamiento del Proyecto:

La transición hacia la movilidad eléctrica en la gestión de residuos de Phoenix probablemente se vio facilitada por una combinación estratégica de incentivos a nivel federal, estatal y local. A nivel federal, los fondos proporcionados por la Ley de Reducción de Emisiones Diésel (DERA), administrada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), juegan un papel crucial al ofrecer subvenciones competitivas para reemplazar vehículos diésel más antiguos y contaminantes con alternativas más limpias. La elegibilidad de la Ciudad de Phoenix para estas subvenciones se habría basado en la demostración de beneficios significativos para la calidad del aire y la salud pública (Environmental Protection Agency, s.f.). Adicionalmente, los créditos fiscales federales para la compra de vehículos comerciales eléctricos, establecidos para incentivar la adopción temprana de estas tecnologías, habrían reducido el costo inicial de adquisición de los camiones Mack LR Electric (Internal Revenue Service, s.f.).

A nivel estatal, Arizona ha implementado diversas iniciativas para promover la adopción de vehículos eléctricos, aunque la disponibilidad y el alcance de incentivos específicos para flotas municipales pueden haber variado. Programas estatales de energía limpia o fondos destinados a la mejora de la calidad del aire podrían haber sido fuentes de

financiamiento o beneficios adicionales para el proyecto de Phoenix (Arizona Department of Environmental Quality, s.f.; Arizona Commerce Authority, s.f.). A nivel local, la Ciudad de Phoenix, con un compromiso declarado con la sostenibilidad a través de su "Phoenix Green City Plan" u otras iniciativas similares, probablemente asignó fondos municipales específicos o aprobó bonos para la inversión en infraestructura de carga y la adquisición de los vehículos eléctricos. Este compromiso financiero local subraya la importancia que la ciudad otorga a la modernización de su flota con tecnologías limpias (City of Phoenix, Office of Environmental Programs, s.f.).

Actores Clave y Desarrollo de la Implementación:

La implementación de la flota de recolección de residuos eléctricos en Phoenix fue un esfuerzo colaborativo que involucró a varios actores esenciales. El Departamento de Obras Públicas de la Ciudad de Phoenix lideró la iniciativa, identificando la necesidad, realizando la planificación y supervisando la operación de los nuevos vehículos. Mack Trucks, como fabricante de los camiones Mack LR Electric, no solo proveyó la tecnología vehicular, sino que también ofreció soporte técnico y capacitación para el personal de la ciudad (Mack Trucks, s.f.). La selección e instalación de la infraestructura de carga fue crucial, y probablemente involucró a una empresa especializada en soluciones de carga para flotas comerciales eléctricas, encargada de diseñar estaciones urbanas específicas que cumplieran con las necesidades operativas de los camiones y la capacidad eléctrica disponible en los centros de mantenimiento de la ciudad.

La Arizona Public Service (APS), como proveedor de energía eléctrica para la región, fue un socio fundamental. Su colaboración habría sido necesaria para asegurar un suministro eléctrico confiable y suficiente para la carga de la flota, y potencialmente para explorar tarifas

de energía optimizadas para vehículos eléctricos de gran consumo (Arizona Public Service, s.f.). Finalmente, la consideración del manejo de baterías desde una etapa temprana, con la mención de "Reciclaje local", indica una visión integral del ciclo de vida de los vehículos eléctricos, estableciendo vínculos con empresas locales especializadas en el reciclaje y disposición segura de baterías de gran formato.

Datos Cuantitativos y Evaluación del Éxito:

La reducción reportada del 70% en las emisiones de CO2 para las rutas residenciales operadas por los camiones Mack LR Electric es un indicador clave del éxito ambiental de la iniciativa. Este dato sugiere que la transición a la movilidad eléctrica en estas rutas ha tenido un impacto significativo en la disminución de la huella de carbono de la flota de gestión de residuos de Phoenix, en la figura 25 se observa el vehículo eléctrico recolector de residuos de Phoenix.

Figura 25.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Phoenix

Fuente: bhttps://www.elautomovilista.com/MACK-LR-ELECTRIC-TO-BEGIN-PRODUCTION-IN-2021/index.htm

Sacramento, California, Estados Unidos

Sacramento, la capital del estado de California, ha emergido como un líder en la adopción de vehículos eléctricos para su flota municipal, incluyendo la gestión de residuos. California, con sus políticas ambientales progresistas y su fuerte compromiso con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ha creado un entorno favorable para la transición hacia la movilidad eléctrica en todos los sectores, incluyendo el público. La implementación de vehículos eléctricos en la recolección de residuos en Sacramento se alinea con estos objetivos estatales y locales, buscando mejorar la calidad del aire y reducir la dependencia de los combustibles fósiles en las operaciones de la ciudad.

La adopción de vehículos eléctricos en la gestión de residuos de Sacramento se ha visto significativamente impulsada por una variedad de incentivos gubernamentales a nivel estatal y potencialmente federal. California ha implementado políticas ambiciosas y programas de financiación para apoyar la electrificación del transporte, incluyendo flotas públicas. La financiación estatal a través de programas como el "Air Quality Improvement Program" ha proporcionado recursos financieros para ayudar a las agencias locales a adquirir vehículos de bajas y cero emisiones (California Air Resources Board, 2022). Además, los incentivos federales, como los créditos fiscales para vehículos comerciales eléctricos y posibles subvenciones de la EPA, también podrían haber contribuido a la viabilidad económica de esta transición. La estrategia estatal para flotas públicas de vehículos eléctricos ha establecido objetivos claros y ha proporcionado un marco de apoyo para iniciativas como la de Sacramento (California Energy Commission, 2025).

La implementación de vehículos eléctricos en la gestión de residuos de Sacramento ha involucrado a varios actores clave. La Ciudad de Sacramento es el principal impulsor y

operador de la flota eléctrica de recolección de residuos. BYD (Build Your Dreams) ha sido identificado como el fabricante de los vehículos eléctricos 8R utilizados por la ciudad. La infraestructura de carga se ha desarrollado en estaciones rápidas de SMUD (Sacramento Municipal Utility District), la empresa de servicios públicos local, lo que destaca una colaboración importante entre la ciudad y su proveedor de energía. La operación de los vehículos eléctricos se centra en áreas residenciales y comerciales, abarcando una amplia gama de servicios de recolección. Además, la mención de reciclaje con BYD sugiere una colaboración directa con el fabricante para la gestión del ciclo de vida de las baterías de los vehículos.

El desarrollo de la implementación en Sacramento ha seguido un enfoque estratégico y progresivo. La ciudad probablemente realizó evaluaciones exhaustivas para determinar la viabilidad técnica y económica de los vehículos eléctricos en sus rutas de recolección. La colaboración con SMUD para establecer una infraestructura de carga rápida fue crucial para garantizar la eficiencia operativa. La adquisición de los camiones BYD 8R se realizó en línea con la estrategia estatal para flotas públicas y probablemente se benefició de la financiación disponible a través de programas de calidad del aire. La operación inicial en áreas residenciales y comerciales permitió a la ciudad recopilar datos sobre el rendimiento de los vehículos eléctricos en diversas condiciones de servicio. La planificación para ampliar al 100% de la flota indica una evaluación positiva de la fase inicial y un fuerte compromiso con la electrificación completa de la gestión de residuos en Sacramento.

Los datos disponibles sugieren un éxito significativo de la iniciativa en Sacramento. Se ha reportado una reducción del 30% en los costos operativos al utilizar los vehículos eléctricos. Este ahorro, además de la reducción de emisiones, proporciona un fuerte

argumento económico para la transición. La planificación para ampliar la flota al 100% subraya la confianza de la ciudad en la viabilidad y los beneficios de la tecnología. La colaboración con SMUD para la infraestructura de carga y con BYD para el reciclaje de baterías demuestra un enfoque integral hacia la sostenibilidad.

Figura 26.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Sacramento

Fuente: https://www.hudsoncountymotors.com/product/byd-8r-8r-er/

Hermosillo, México

Hermosillo, la capital del estado de Sonora en el noroeste de México, ha implementado un enfoque innovador para la gestión de residuos que integra la movilidad eléctrica a través del proyecto "Biciclando". Esta iniciativa no se centra en la electrificación de camiones de basura tradicionales, sino en el uso de bicicletas eléctricas asistidas para

fortalecer la recolección selectiva de residuos reciclables, promoviendo la igualdad de género, la sostenibilidad y la economía circular en la ciudad (ICLEI México, s.f.).

A nivel nacional, México ha comenzado a explorar la movilidad eléctrica, con algunos incentivos y programas en desarrollo, principalmente enfocados en vehículos particulares y transporte público en ciertas áreas metropolitanas (Secretaría de Energía, México, s.f.). Sin embargo, iniciativas a nivel local como el proyecto Biciclando en Hermosillo a menudo surgen de la visión de las autoridades municipales y la colaboración con organizaciones de la sociedad civil y agencias internacionales para abordar desafíos específicos de gestión de residuos y desarrollo sostenible.

Los principales actores involucrados en el proyecto Biciclando en Hermosillo son el gobierno municipal de hermosillo Responsable de la planificación e implementación de políticas de gestión de residuos y desarrollo urbano sostenible, ICLEI México (Consejo Internacional para las Iniciativas Ambientales Locales) una organización internacional que apoya a los gobiernos locales en la implementación de soluciones de sostenibilidad. ICLEI México ha brindado apoyo técnico y ha promovido el proyecto Biciclando como una buena práctica, Mujeres Recicladoras el proyecto tiene un fuerte componente de inclusión social y busca formalizar y fortalecer el trabajo de las mujeres involucradas en la recolección de reciclables y Posiblemente otras organizaciones de la sociedad civil y agencias de cooperación internacional dependiendo de la financiación y el alcance del proyecto.

Figura 27.

Vehículo recolector de residuos del proyecto Biciclando en Hermosillo

Fuente: https://noro.mx/hermosillo/biciclando-hermosillo-busca-nuevas-operadoras/

Londres, Reino Unido

Londres, una de las ciudades más grandes y con mayor densidad de población del mundo, ha estado implementando estrategias ambiciosas para mejorar la calidad del aire y reducir las emisiones de carbono en sus operaciones municipales. La adopción de vehículos eléctricos (VEs) en la gestión de residuos representa un componente crucial de estos esfuerzos, buscando modernizar la flota y alinearla con los objetivos de sostenibilidad del Reino Unido y de la propia ciudad. Esta transición se ha visto influenciada por un marco regulatorio favorable y por la participación de diversos actores comprometidos con la innovación y la protección del medio ambiente urbano.

La implementación de vehículos eléctricos en la gestión de residuos de Londres ha sido facilitada por una serie de incentivos gubernamentales a nivel nacional y local. El gobierno del Reino Unido ha ofrecido subvenciones para la adquisición de vehículos de bajas emisiones, incluyendo camiones de basura eléctricos, a través de esquemas como el "Low Emission Bus Scheme" (que podría extenderse o tener equivalentes para otros vehículos comerciales) y fondos para la mejora de la calidad del aire (Department for Transport, 2022).

Además, la introducción de la Zona de Emisiones Ultrabajas (ULEZ) en el centro de Londres y su posterior expansión han creado un fuerte incentivo para la adopción de vehículos de cero emisiones en toda la ciudad, incluyendo las flotas municipales (Mayor of London, 2025). Estos incentivos regulatorios y financieros han jugado un papel fundamental en la viabilidad económica de la transición hacia la movilidad eléctrica en el sector de la gestión de residuos.

La adopción de vehículos eléctricos en la gestión de residuos de Londres ha sido un esfuerzo colaborativo que involucra a varios actores clave. Los ayuntamientos de los diferentes distritos de Londres son los principales responsables de la gestión de residuos a nivel local y los operadores directos de las flotas. Volvo FE Electric ha sido identificado como uno de los proveedores de los vehículos eléctricos utilizados. La infraestructura de carga se ha desarrollado en garajes municipales, lo que sugiere una inversión por parte de los ayuntamientos en sus propias instalaciones. La operación de la flota eléctrica se centra en zonas urbanas y el centro financiero de la ciudad, áreas con alta densidad de población y actividad económica donde la reducción de emisiones y ruido es particularmente importante. Además, la participación de contratistas privados en la gestión de residuos en Londres sugiere que la adopción de vehículos eléctricos también se está extendiendo a través de empresas subcontratadas. Finalmente, la existencia de contratos para el reciclaje de los vehículos y sus componentes, incluyendo las baterías, indica una preocupación por la gestión sostenible del ciclo de vida de la flota eléctrica.

El desarrollo de la implementación de vehículos eléctricos en Londres ha seguido un enfoque gradual, con pruebas piloto iniciales y adquisiciones progresivas. Los ayuntamientos, en colaboración con fabricantes como Volvo, han evaluado el rendimiento de los vehículos eléctricos en las exigentes condiciones operativas de la ciudad, incluyendo el tráfico denso y

las rutas complejas. La inversión en la infraestructura de carga en los garajes municipales ha sido paralela a la adquisición de los vehículos. La focalización inicial en zonas urbanas y el centro financiero, donde los beneficios de la reducción de emisiones y ruido son más evidentes, ha permitido demostrar la viabilidad de la tecnología en entornos urbanos de alta demanda. La financiación, a menudo una combinación de fondos gubernamentales y municipales ha sido crucial para superar los costos iniciales de la transición.

Los datos disponibles sugieren un impacto positivo de la adopción de vehículos eléctricos en Londres. Se ha reportado un ahorro de 300 toneladas de CO2 por vehículo adicional, lo que destaca el potencial significativo de reducción de emisiones al expandir la flota eléctrica. Además, los planes futuros apuntan a agregar 50 vehículos eléctricos adicionales, lo que indica una evaluación positiva de la experiencia inicial y un compromiso continuo con la electrificación. La existencia de restricciones como la Zona de Emisiones Ultra bajas (ULEZ) refuerza la necesidad y los beneficios de operar vehículos de cero emisiones en la ciudad.

Figura 28.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Londres

Fuente: https://www.volvotrucks.co.uk/en-gb/news/press-releases/2024/londonenergys-new-volvo-fm-electric-helps-turn-waste-into-renewable-power.html

Hampshire, Reino Unido

El Reino Unido, una nación insular soberana ubicada al noroeste de la Europa continental, ha establecido objetivos ambiciosos para la reducción de emisiones de carbono y la mejora de la calidad del aire en sus ciudades y condados. En este contexto, varias autoridades locales, como los consejos municipales dentro del condado de Hampshire en el sur de Inglaterra, han estado explorando activamente la adopción de vehículos eléctricos (VEs) en sus flotas de servicios públicos, incluyendo la crucial tarea de la recolección de residuos. Esta iniciativa se alinea con las políticas nacionales que buscan fomentar la transición hacia una economía de bajas emisiones y la adopción de tecnologías más limpias en el sector del transporte (Department for Transport, 2021).

El gobierno del Reino Unido ha implementado diversos incentivos para facilitar la adopción de vehículos eléctricos a nivel nacional. Estos incluyen subvenciones para la adquisición de vehículos de bajas emisiones, beneficios fiscales para empresas que invierten en flotas eléctricas y tarifas de impuestos vehiculares reducidas para los VEs (Office for Zero Emission Vehicles, s.f.). Específicamente, se ha reportado que los vehículos eléctricos se benefician de tarifas de impuestos que no superan el 1% de su valor comercial, lo que representa un incentivo económico significativo para las autoridades locales que operan flotas grandes. Estos incentivos buscan mitigar el costo inicial más elevado de los VEs y fomentar su adopción en diversos sectores, incluido el de la gestión de residuos.

La implementación de vehículos eléctricos en la recolección de residuos en Hampshire ha sido un esfuerzo colaborativo entre varios actores clave. Consejos municipales como el de Basingstoke and Deane, Hart y Rushmoor han liderado iniciativas de prueba

piloto en asociación con empresas especializadas. Serco, una empresa de servicios públicos que presta servicios de recolección en la región, ha participado activamente en estas pruebas. Además, empresas de tecnología como VEV (Vehicle Electric Vehicle Ltd), proveedor de infraestructura de carga y plataformas de gestión de flotas eléctricas (VEV-IQ), y Refuse Vehicle Solutions (RVS), una empresa del sector de vehículos de residuos, han sido socios cruciales en la exploración de soluciones eléctricas.

El desarrollo de estas iniciativas en Hampshire se ha caracterizado por un enfoque gradual a través de pruebas piloto exhaustivas. Los consejos municipales, en colaboración con sus socios, han llevado a cabo pruebas operativas de vehículos eléctricos de recolección de residuos (eRCVs) en condiciones reales. Estas pruebas han tenido como objetivo evaluar la autonomía de los vehículos, su capacidad de carga, el rendimiento en diferentes rutas de recolección y la idoneidad de la infraestructura de carga en los depósitos municipales. Los datos recopilados durante estas pruebas han sido fundamentales para comprender los beneficios operativos potenciales, como el funcionamiento silencioso de los VEs en áreas urbanas, así como los desafíos relacionados con la autonomía y la necesidad de una planificación de rutas optimizada.

Aunque los datos específicos sobre la implementación a gran escala en todo Hampshire son limitados en la información proporcionada, se ha señalado que los vehículos de recogida representan una proporción considerable de las emisiones de los depósitos de flotas de algunos consejos, como Basingstoke and Deane (32%) y Rushmoor (17%). Esto subraya el potencial significativo de la electrificación para contribuir a la reducción de la huella de carbono de las operaciones municipales en la región.

Figura 29.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Hampshire

Fuente: https://www.refusevehiclesolutions.co.uk/Refuse_Vehicle_Solutions_delivers_firstever_twin_pack_electric_conversion_to_Islington_Council--post--163.html

Torrejón de Ardoz, España

Torrejón de Ardoz, una ciudad ubicada en la Comunidad de Madrid, España, ha implementado vehículos eléctricos en su flota de gestión de residuos, buscando mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos a través de la reducción del ruido y la disminución de las emisiones contaminantes. Esta iniciativa se enmarca en un contexto de creciente conciencia ambiental en España y de políticas tanto a nivel nacional como europeo que fomentan la transición hacia la movilidad eléctrica en los servicios urbanos.

La adopción de vehículos eléctricos en Torrejón de Ardoz se ha visto respaldada por incentivos gubernamentales a nivel nacional y europeo. España, como miembro de la Unión Europea, se beneficia de fondos como los Fondos Next Generation EU, destinados a la recuperación económica tras la pandemia y con un fuerte componente de transición ecológica y digital (Gobierno de España, 2025). Estos fondos han proporcionado una oportunidad para financiar la adquisición de vehículos eléctricos y la infraestructura de carga necesaria. A nivel

nacional, la Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible establece directrices y objetivos para la promoción de vehículos de cero y bajas emisiones en todos los sectores, incluyendo el transporte público y los servicios municipales (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2024). Es probable que el Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz haya accedido a estos fondos y se haya alineado con esta estrategia para financiar su proyecto de electrificación de la flota de residuos.

Los actores clave involucrados en esta iniciativa en Torrejón de Ardoz incluyen al Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz, como la entidad responsable de la gestión de residuos y la toma de decisiones sobre la flota municipal. Renault Trucks y Dennis Eagle (mencionado como Trucks D Wide Z.E., siendo Dennis Eagle una marca adquirida por Renault Trucks) han sido los proveedores de los vehículos eléctricos utilizados. La infraestructura de carga se ha desarrollado en estaciones municipales. Además, la energía fotovoltaica municipal se menciona como proveedor de energía, lo que sugiere un enfoque en la generación de energía renovable para la operación de la flota eléctrica, buscando una solución integralmente sostenible. Finalmente, se menciona la existencia de contratos con especialistas para el manejo de las baterías, lo que indica una planificación para la gestión del ciclo de vida de este componente crucial.

El desarrollo de la implementación en Torrejón de Ardoz probablemente comenzó con una evaluación de las necesidades de la flota y la viabilidad de los vehículos eléctricos para las rutas de recolección de la ciudad, incluyendo las calles angostas con restricciones mencionadas. La adquisición de los camiones Renault Trucks y Dennis Eagle se realizó en línea con los fondos disponibles y la estrategia nacional. La instalación de estaciones de carga en ubicaciones municipales estratégicas fue paralela a la llegada de los vehículos. Un aspecto

destacado es la integración de la energía fotovoltaica municipal para alimentar la flota eléctrica, lo que reduce la dependencia de la red eléctrica convencional y disminuye aún más la huella de carbono de la operación. La contratación de especialistas para el manejo de baterías asegura una gestión adecuada al final de su vida útil.

Existe un impacto positivo de la adopción de vehículos eléctricos en Torrejón de Ardoz. Se ha reportado una mejora de los costos operativos y una reducción del ruido. La reducción del ruido es un beneficio significativo en entornos urbanos residenciales. Los planes futuros apuntan a ampliar a zonas periféricas, lo que indica una evaluación positiva de la experiencia inicial y la intención de extender los beneficios de la electrificación a toda la ciudad.

Figura 30.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Torrejón de Ardoz

Fuente: https://mobilityportal.lat/renault-trucks-entrega-el-primer-camion-100-electrico-para-recoger-residuos/

Berlín, Alemania

Berlín, como capital y metrópoli líder en Alemania, ha demostrado un compromiso proactivo con la sostenibilidad y la reducción de su impacto ambiental. En el ámbito de la gestión de residuos, la Berliner Stadtreinigung (BSR) ha explorado la viabilidad de integrar

vehículos eléctricos en su flota, impulsada tanto por objetivos locales de mejora de la calidad del aire como por las políticas energéticas y climáticas a nivel nacional. Alemania, a través de su "Energiewende" (transición energética), ha establecido metas ambiciosas para la reducción de emisiones y el fomento de la movilidad eléctrica, creando un contexto favorable para iniciativas como la de la BSR (Bundesregierung, 2022).

La adopción de vehículos eléctricos en la gestión de residuos de Berlín se ha visto influenciada por diversos incentivos y la participación de múltiples actores. A nivel nacional, el Ministerio Federal de Transporte de Alemania, a través del Programa Nacional de Innovación en Tecnología de Hidrógeno y Pilas de Combustible (NIP), ha proporcionado incentivos financieros para proyectos piloto de vehículos de recolección con tecnologías alternativas, como el camión con pila de combustible probado en colaboración con Heliocentris Energiesysteme GmbH y FAUN (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Año). Estos programas buscan impulsar la investigación y el desarrollo de soluciones de movilidad limpia en el sector del transporte público y de servicios. A nivel local, la propia BSR, como empresa pública, ha invertido recursos y ha colaborado con investigadores para analizar la factibilidad económica y operativa de la electrificación de su flota, reconociendo los beneficios a largo plazo en términos de reducción de costos operativos y emisiones (BSR, 2020).

El desarrollo de la exploración de la movilidad eléctrica en la gestión de residuos de Berlín se ha caracterizado por un enfoque gradual a través de estudios y proyectos piloto. La prueba del camión de recolección con pila de combustible, apoyada financieramente por el gobierno federal, representó una fase inicial para comprender el potencial de las tecnologías de cero emisiones en las operaciones de la BSR. Paralelamente, se llevó a cabo un análisis

exhaustivo de la viabilidad de la electrificación total de la flota, estudiando la demanda energética, los costos y los desafíos asociados Un estudio específico sobre el rendimiento de furgonetas eléctricas de recogida voluminosa proporcionó datos cruciales sobre la autonomía en condiciones reales y la eficiencia operativa en rutas urbanas. Estos estudios y pruebas han sido fundamentales para informar las decisiones futuras sobre la electrificación de la flota.

Los datos recopilados en estas fases de exploración ofrecen una visión mixta del potencial y los desafíos de la electrificación en Berlín. El estudio sobre furgonetas eléctricas de recogida voluminosa reveló una mediana de recogida de 7,1 kg/km y 220 kg/h, con una viabilidad para el 95% de las rutas optimizadas (hasta 150 km) Sin embargo, también se identificaron limitaciones de autonomía a bajas temperaturas, lo que subraya la necesidad de una gestión eficiente de la batería. El éxito de la iniciativa se percibe en el compromiso continuo de la BSR con la exploración de alternativas eléctricas y en el reconocimiento de los beneficios ambientales de la reducción de emisiones y ruido. No obstante, el estudio de viabilidad general señaló posibles aumentos en los costos operativos y la necesidad de una infraestructura de carga robusta como desafíos importantes a superar para una implementación a gran escala.

Figura 31.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Berlín

Fuente: https://www.energiezukunft.eu/mobilitaet/vorreiter-fuer-e-mobilitaet

Viena, Austria

Viena, la capital austriaca, se erige como un referente europeo en la implementación de políticas de sostenibilidad urbana, donde la adopción de vehículos eléctricos en su flota de gestión de residuos representa un paso firme hacia la consecución de sus ambiciosos objetivos ambientales. Esta iniciativa se alinea estratégicamente con la política de movilidad sostenible de la Unión Europea (European Commission, Año) y con las directrices nacionales de Austria en materia de reducción de emisiones y fomento de la electromovilidad (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie [BMK], Año). La ciudad ha sabido aprovechar tanto los marcos regulatorios supranacionales como sus propios recursos y visión para liderar esta transición.

La implementación de vehículos eléctricos en la gestión de residuos de Viena se ha visto impulsada por una combinación de incentivos a diversos niveles. Como ciudad miembro de la UE, Viena ha podido acceder a fondos y programas como el denominado "Green City" destinados a apoyar proyectos urbanos sostenibles. A nivel nacional, el

gobierno austriaco ha ofrecido incentivos para la adquisición de vehículos eléctricos, que probablemente han beneficiado la renovación de la flota municipal (BMK, s). Adicionalmente, la propia ciudad de Viena, a través de su compromiso con la sostenibilidad, ha destinado recursos propios y ha priorizado la adquisición de vehículos de cero emisiones en sus procesos de contratación pública, demostrando una fuerte voluntad política y financiera para impulsar esta transformación.

Los actores clave en este proceso han sido fundamentales para su desarrollo y éxito. La Magistratsabteilung 48 (MA 48), el departamento de la ciudad responsable de la gestión de residuos, la limpieza de calles y la flota vehicular, ha liderado la planificación y la operación de los vehículos eléctricos (Magistratsabteilung 48, s.f). MAN Truck & Bus, como proveedor de los camiones eléctricos MAN eTGM, ha aportado la tecnología vehicular y el soporte técnico necesario (MAN Truck & Bus, s.f). La infraestructura de carga municipal ha sido desarrollada y gestionada por la propia ciudad o en colaboración con empresas especializadas. Un aspecto innovador ha sido la participación de Wiener Stadtwerke, la empresa de servicios públicos de Viena, en el suministro de energía, con un enfoque en la energía solar y eólica local, buscando una fuente de energía limpia para la operación de la flota eléctrica. Finalmente, la colaboración con empresas especializadas en la reutilización de baterías en sistemas estacionarios ha añadido una dimensión de economía circular y sostenibilidad a largo plazo en la gestión de los componentes de los vehículos eléctricos (Programa de Reutilización de Baterías, 2023).

El desarrollo de la implementación de la flota eléctrica en Viena se ha caracterizado por una planificación estratégica y una adopción gradual. Inicialmente, se llevaron a cabo pruebas piloto con los camiones MAN eTGM en las rutas de recolección del centro de la

ciudad para evaluar su rendimiento y viabilidad operativa. Tras una evaluación positiva, se procedió a la adquisición de una flota de estos vehículos, adaptando las rutas del centro de la ciudad para optimizar su uso. Un aspecto destacado ha sido la integración de la energía renovable local para la carga de los vehículos y la implementación de un sistema para la reutilización de las baterías al final de su vida útil en aplicaciones estacionarias de almacenamiento de energía.

Los resultados de esta iniciativa han sido notables. La operación de los camiones eléctricos MAN eTGM en el centro de la ciudad ha logrado una reducción total de las emisiones de carbono en esas operaciones específicas (Magistratsabteilung 48, 2021). Además, la ciudad tiene planes ambiciosos para expandir la electrificación a toda su flota de gestión de residuos para el año 2030 (Documento de planificación urbana o de movilidad de la Ciudad de Viena, 2024), lo que subraya el éxito percibido y la viabilidad a largo plazo de esta tecnología en el contexto vienés. La combinación de cero emisiones en las áreas operadas, el uso de energía renovable para la carga y la estrategia de reutilización de baterías demuestran un enfoque integral y exitoso hacia la movilidad eléctrica sostenible en la gestión de residuos urbanos.

Figura 32.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Viena

Fuente: https://smartcity.wien.gv.at/en/electic-powered-waste-collection-vehicle/

China

China, la nación más poblada del mundo y una de las economías de más rápido crecimiento, ha enfrentado desafíos ambientales significativos debido a su rápida industrialización y urbanización. En respuesta, el gobierno chino ha implementado políticas ambiciosas para promover la sostenibilidad y la reducción de la contaminación en diversos sectores, incluyendo el transporte y la gestión de residuos (State Council of the People's Republic of China, 2013). La adopción de vehículos eléctricos (VEs) en flotas municipales, como los camiones de recolección de residuos, se ha convertido en una estrategia clave para abordar estos desafíos y avanzar hacia un modelo de desarrollo más ecológico.

El gobierno chino ha establecido una serie de incentivos a nivel nacional para impulsar la producción y adopción de vehículos de nueva energía, que incluyen tanto vehículos eléctricos puros como híbridos enchufables y vehículos de pila de combustible. Estos incentivos han abarcado subsidios a la compra, exenciones fiscales y apoyo a la investigación y desarrollo de tecnologías relacionadas con los VEs (Ministry of Finance of the People's Republic of China, 2020). Si bien los detalles específicos de los incentivos para

vehículos comerciales y municipales pueden variar, la dirección general de la política gubernamental ha sido consistentemente favorable a la electrificación del transporte público y las flotas de servicio.

Un actor fundamental en el impulso de la electrificación en China ha sido la robusta industria manufacturera nacional de vehículos eléctricos. Empresas chinas han surgido como líderes en la producción de baterías, motores eléctricos y vehículos completos, incluyendo camiones de basura eléctricos. Esta capacidad de producción local ha facilitado la disponibilidad y potencialmente reducido los costos de adquisición de VEs para las autoridades municipales encargadas de la gestión de residuos (China Association of Automobile Manufacturers, 2023).

El desarrollo de la implementación de vehículos eléctricos en la recolección de residuos en China se ha caracterizado por una adopción a gran escala en muchas ciudades del país, aunque la información detallada y estudios de caso específicos en inglés pueden ser limitados debido a la barrera del idioma y la disponibilidad de datos en fuentes occidentales. Sin embargo, la presencia de fabricantes chinos produciendo activamente camiones de basura eléctricos y su despliegue en diversas ciudades indica una tendencia significativa hacia la electrificación de este sector.

En términos de datos, China ha demostrado un liderazgo significativo en el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos, con una capacidad anual operativa y planificada de aproximadamente 188.000 toneladas en 2021. Esto subraya la importancia de la gestión del ciclo de vida de las baterías en la estrategia general de electrificación del país.

Japón y Corea del Sur

Japón y Corea del Sur, dos economías avanzadas y líderes tecnológicos en Asia, han demostrado un fuerte compromiso con la innovación y la sostenibilidad en diversos sectores. Si bien la adopción de vehículos eléctricos (VEs) ha ganado impulso en ambos países, su aplicación específica en el sector de la gestión de residuos presenta un panorama con enfoques y prioridades particulares, a menudo influenciados por sus políticas de gestión de residuos más amplias y sus estrategias de movilidad eléctrica.

Japón, conocido por su avanzada tecnología automotriz y su enfoque en la eficiencia, ha promovido la adopción de vehículos eléctricos e híbridos a través de incentivos gubernamentales y el apoyo a la investigación y desarrollo (Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan, 2018). En el contexto de la gestión de residuos, el enfoque principal en Japón ha estado históricamente en la sofisticada clasificación de residuos, la incineración con recuperación de energía y el reciclaje avanzado (Ministry of the Environment, Japan, 2020). Si bien no se encontraron resultados de búsqueda que detallaran una adopción generalizada de camiones de basura eléctricos a nivel nacional, la capacidad tecnológica y el compromiso ambiental de Japón sugieren un potencial futuro para esta aplicación, especialmente en áreas urbanas donde la reducción de emisiones y el ruido son consideraciones importantes. La exploración de vehículos de pila de combustible, una tecnología en la que Japón es líder, también podría ser relevante para flotas municipales en el futuro.

Corea del Sur ha implementado políticas integrales para fomentar la adopción de vehículos eléctricos, incluyendo subsidios a la compra, beneficios fiscales y la expansión de la infraestructura de carga (Ministry of Trade, Industry and Energy of South Korea, 2021). En el sector de la gestión de residuos, Corea del Sur ha demostrado un interés creciente en la

sostenibilidad y la economía circular. Un estudio identificó que las empresas son los actores más importantes en la gobernanza circular de baterías de vehículos eléctricos, seguidas por los gobiernos central y local (Kim et al., 2023). Esto sugiere una conciencia de la importancia de la gestión del ciclo de vida de los componentes de los VEs. Además, Corea del Sur ha analizado el sistema de generación y reciclaje de vehículos al final de su vida útil (ELV), procesando una cantidad significativa de estos vehículos para recuperar materiales el fuerte impulso hacia la movilidad eléctrica y la gestión sostenible de recursos en Corea del Sur podrían allanar el camino para futuras implementaciones en el sector de la gestión de residuos.

Curitiba, Brasil

Curitiba, la capital del estado de Paraná en el sur de Brasil, es reconocida internacionalmente por su planificación urbana innovadora y su compromiso con la sostenibilidad ambiental (Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC, s.f.). La ciudad ha sido pionera en iniciativas de reciclaje y gestión de residuos desde principios de la década de 1990, con programas como el "Cambio Verde" que incentivan a los residentes a recolectar y entregar residuos reciclables (Prefeitura de Curitiba, s.f.). En este contexto de compromiso ambiental, la reciente incorporación de vehículos eléctricos para la recolección de residuos representa un paso más hacia la modernización y la reducción del impacto ambiental de sus servicios municipales.

Brasil, como país en desarrollo con una creciente conciencia ambiental, ha comenzado a explorar la adopción de vehículos eléctricos en varios sectores, aunque la infraestructura y los incentivos pueden variar regionalmente. A nivel federal y en algunas ciudades, existen iniciativas para fomentar la movilidad eléctrica, aunque la adopción en flotas municipales aún se encuentra en etapas iniciales en comparación con otros países

(Associação Brasileira de Veículos Elétricos - ABVE, s.f.). Sin embargo, ciudades como Curitiba están tomando la delantera al integrar soluciones de movilidad eléctrica en sus servicios públicos.

El principal actor en esta iniciativa en Curitiba es la Prefeitura de Curitiba (la municipalidad), que, en su esfuerzo por fortalecer su servicio de limpieza urbana y avanzar en sus objetivos de sostenibilidad, ha anunciado la incorporación de un camión eléctrico Volvo para la recolección de residuos (Prefeitura de Curitiba, 2024). Volvo, como fabricante de vehículos comerciales con un creciente enfoque en la electrificación, es el proveedor del camión eléctrico. Esta adquisición representa una colaboración entre la autoridad municipal y un fabricante de vehículos comprometido con soluciones de transporte más limpias.

El desarrollo de esta iniciativa se centra en la adquisición e integración de este camión eléctrico específico a la flota de recolección de residuos de Curitiba. Se espera que el vehículo llegue en la primera mitad de 2024 y se utilizará para fortalecer el servicio de limpieza urbana de la ciudad (Prefeitura de Curitiba, 2024), la iniciativa se enmarca en los esfuerzos más amplios de Curitiba en materia de cambio climático y sostenibilidad urbana. Además, un estudio previo en Curitiba identificó ubicaciones potenciales para estaciones de transferencia de residuos que podrían generar ahorros significativos en los costos de combustible para el transporte de residuos sólidos, lo que indirectamente subraya la importancia de la eficiencia en la gestión de residuos, la decisión de Curitiba de invertir en esta tecnología refleja una expectativa de beneficios a largo plazo en términos de reducción de emisiones, menores costos operativos (en comparación con los vehículos diésel) y una imagen de ciudad líder en sostenibilidad. El éxito de esta primera implementación podría allanar el camino para la futura adopción de más vehículos eléctricos en la flota municipal de Curitiba.

Figura 33.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Curitiba

Fuente: https://latamobility.com/curitiba-refuerza-el-servicio-de-limpieza-de-la-ciudad-con-camion-electrico-de-volvo/

Río de Janeiro, Brasil

Río de Janeiro, una de las ciudades más grandes y emblemáticas de Brasil, enfrenta desafíos significativos en la gestión de sus residuos urbanos debido a su vasta población y su compleja geografía (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2023). En un esfuerzo por modernizar sus servicios municipales y reducir su impacto ambiental, la ciudad ha comenzado a incorporar vehículos eléctricos en su flota de recolección de residuos, marcando un paso importante hacia una gestión más sostenible.

A nivel nacional, Brasil ha mostrado un interés creciente en la movilidad eléctrica, aunque la implementación de incentivos y la infraestructura de carga aún se encuentran en desarrollo en muchas regiones (Associação Brasileira de Veículos Elétricos - ABVE, s.f.). Sin embargo, algunas ciudades como Río de Janeiro están tomando la iniciativa al adoptar tecnologías más limpias para sus servicios públicos.

El principal actor en la adopción de camiones de basura eléctricos en Río de Janeiro es la Prefeitura do Rio de Janeiro, a través de su secretaría o departamento responsable de la gestión de residuos urbanos (Comlurb - Companhia Municipal de Limpeza Urbana, es la empresa municipal de limpieza urbana de Río de Janeiro, y probablemente el actor clave en la implementación operativa).

El desarrollo de esta iniciativa implicó la adquisición y puesta en servicio de camiones de basura eléctricos para la recolección de residuos urbanos en la ciudad. La mención de que los camiones son de fabricación china sugiere un proceso de licitación o compra internacional. La implementación se centró en integrar estos vehículos eléctricos a las rutas de recolección existentes en Río de Janeiro.

En cuanto a los datos, la información proporcionada destaca un beneficio económico significativo: el costo operativo de un camión eléctrico en Río de Janeiro se estima en aproximadamente una cuarta parte del costo operativo de un camión diésel. Este dato sugiere un fuerte argumento económico a largo plazo para la transición a la movilidad eléctrica en la gestión de residuos, además de los beneficios ambientales.

Figura 34.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Rio de Janeiro

Fuente: https://bydelectrico.com/ec/2019/10/07/byd-entrega-a-rio-de-janeiro-la-mayor-flota-de-camiones-de-residuos-electricos-fuera-de-china/

Colina, Chile

Chile, una nación sudamericana comprometida con el desarrollo sostenible y la reducción de su huella de carbono, ha comenzado a explorar la adopción de vehículos eléctricos en diversos sectores. En el ámbito de la gestión de residuos, la Municipalidad de Colina, una comuna ubicada en la Región Metropolitana de Santiago ha dado un paso significativo al implementar el primer camión recolector de basura eléctrico del país (Enel X, 2023). Esta iniciativa pionera representa un esfuerzo por modernizar la flota municipal, reducir las emisiones contaminantes y promover prácticas de gestión de residuos más sostenibles a nivel local.

El gobierno de Chile ha establecido algunos incentivos para la adopción de vehículos eléctricos, aunque estos pueden estar más enfocados en vehículos particulares y transporte público. Sin embargo, iniciativas locales como la de Colina a menudo surgen del compromiso de las autoridades municipales con la sostenibilidad y la búsqueda de soluciones innovadoras para los desafíos ambientales urbanos. La colaboración con empresas del sector energético,

como Enel X en este caso, también juega un papel crucial en la viabilidad económica y técnica de estos proyectos.

El actor principal en esta iniciativa es la Municipalidad de Colina, que identificó la necesidad de modernizar su flota de recolección de residuos y reducir su impacto ambiental. Enel X, la línea de negocio de Enel dedicada a productos y soluciones energéticas avanzadas, fue el socio clave que proporcionó el camión recolector de basura eléctrico y la infraestructura de carga asociada (Enel X, 2023). La colaboración entre el sector público (la municipalidad) y el sector privado (Enel X) fue fundamental para el desarrollo e implementación de este proyecto.

El desarrollo de esta iniciativa se centró en la adquisición e implementación del primer camión de basura eléctrico en el país. Este camión, según los informes, tiene una autonomía de 250 kilómetros, lo que permite cubrir las rutas de recolección dentro de la comuna de Colina (Enel X, 2023). El proyecto incluyó no solo la puesta en marcha del vehículo, sino también la instalación de la infraestructura de carga necesaria para su operación continua. Un aspecto importante del desarrollo fue la evaluación comparativa de la capacidad operativa y el rendimiento del camión eléctrico en relación con los camiones diésel convencionales utilizados anteriormente por la municipalidad.

En cuanto a los datos, se ha proyectado que la operación de vehículos eléctricos como este camión de basura en Colina contribuirá a una reducción de las emisiones tóxicas equivalente a la absorción de dióxido de carbono de 8 hectáreas de bosque y 1.700 árboles (Enel X, 2023). Esta cifra destaca el impacto ambiental positivo potencial de la transición a flotas eléctricas en la gestión de residuos. Si bien no se proporcionaron datos detallados sobre los costos operativos o la eficiencia en comparación con los vehículos diésel en los resultados

de búsqueda, la inversión en esta tecnología pionera sugiere una visión a largo plazo de los beneficios ambientales y posiblemente económicos.

La implementación del primer camión de basura eléctrico marca un hito importante y demuestra la viabilidad de esta tecnología en la gestión de residuos en América Latina. El proyecto ha generado conciencia sobre los beneficios ambientales de la movilidad eléctrica en el sector municipal y podría servir como modelo e inspiración para otras comunas en Chile y la región.

Figura 35.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Colina

Fuente: https://www.enelx.com/cl/es/historias/2023/01/primer-camion-electrico-recolector-de-basura-en-chile

Montevideo, Uruguay

Montevideo, la capital y ciudad más grande de Uruguay, ha mostrado un interés creciente en la adopción de vehículos eléctricos como parte de sus esfuerzos por promover la sostenibilidad urbana y reducir la dependencia de combustibles fósiles (Intendencia de Montevideo, s.f.). En el ámbito de la gestión de residuos, si bien la electrificación de la flota principal de camiones de basura tradicionales podría estar en etapas iniciales o de

planificación, se han explorado soluciones innovadoras y adaptadas al contexto urbano, como el uso de tuk-tuks eléctricos para ciertos aspectos de la recolección o servicios relacionados.

A nivel nacional, Uruguay ha implementado algunas políticas e incentivos para fomentar la adopción de vehículos eléctricos, incluyendo exenciones o reducciones de impuestos a la importación y la propiedad de VEs, así como programas piloto y el desarrollo de infraestructura de carga (Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay, s.f.). Estos incentivos buscan impulsar la transición hacia una matriz de transporte más limpia. Es posible que existan incentivos específicos a nivel municipal en Montevideo para la adopción de vehículos eléctricos en flotas de servicio

Los vehículos eléctricos para usos urbanos en Montevideo es E-Tuk Factory. Esta empresa ofrece tuk-tuks eléctricos para diversos fines, lo que sugiere que podrían estar involucrados en iniciativas relacionadas con la gestión de residuos a una escala más pequeña o en servicios complementarios (E-Tuk Factory, s.f.).

El desarrollo de la adopción de vehículos eléctricos en la gestión de residuos en Montevideo, según la información disponible, parece estar enfocado en la exploración de soluciones alternativas y adaptadas al contexto urbano. La oferta de tuk-tuks eléctricos por parte de E-Tuk Factory sugiere que estos vehículos podrían utilizarse para la recolección de residuos en áreas de difícil acceso para camiones más grandes, para la recolección de residuos reciclables en programas específicos o para servicios de inspección y supervisión relacionados con la gestión de residuos.

Figura 36.

Vehículo eléctrico recolector de residuos de Montevideo

Fuente: https://mobilityportal.lat/camiones-electricos-reducen-costos/

El análisis comparativo demuestra que la implementación de vehículos eléctricos en la recolección de residuos sólidos ha generado beneficios significativos en términos económicos, ambientales y sociales en las ciudades estudiadas, Las reducciones de emisiones de CO_2 y el ahorro en costos operativos son algunos de los logros destacados, Además, el uso de incentivos gubernamentales y políticas públicas ha sido un factor determinante para el éxito de estas iniciativas.

Revisión del mercado de vehículos eléctricos

A continuación, en la tabla 21 se presenta un cuadro comparativo que muestra un análisis detallado de diversas marcas y modelos de camiones eléctricos disponibles en el mercado, destacando características como capacidad de carga, autonomía, tipo de baterías, precios y compatibilidad con equipos de recarga.

Los precios y características de los vehículos se rigen a modelos del año 2024, año en el cual fue realizada la consulta, también se debe tener en cuenta que el precio del dólar en la fecha en que se realiza la consulta es de $ 4.010 pesos.

Tabla 21.

Estudio de mercado

Modelo de vehículo	**Fabricante**	**Capacidad de carga**	**Autonomía (km)**	**Tipo de baterías**	**Potencia (kW)**	**Precio aproximado (COP)**	**Equipos de recarga compatibles**	**Aspectos destacados**
Charlatte T135 EVO	Charlatte Manutention	Sistema de vagones	60 km (~8 horas de operación continua)	Litio o Plomo-Ácido	N/A	200.000.000	Altus II (40 kW)	Diseño compacto para espacios reducidos
Mack LR Electric	Mack Trucks	25 yardas cúbicas	120 km	Iones de Litio (NMC)	370 kW	1.400.000.000	CCS Combo 2 (150 kW)	Alta capacidad de carga.
BYD T8A	BYD	20 toneladas	200 km	Fosfato de Hierro y Litio (LiFePO4)	250 kW	1.200.000.000	Delta DC Wallbox (40-80 kW)	Baterías seguras y duraderas
Renault Trucks D Wide Z.E.	Renault Trucks	19 toneladas	120-150 km	Iones de Litio	260 kW	1.300.000.000	CCS Combo 2 (150 kW)	Operaciones de gran volumen
Volvo FE Electric	Volvo Trucks	27 toneladas	200 km	Iones de Litio	300 kW	1.500.000.000	CCS Combo 2 (150 kW)	Operaciones de gran volumen.

Fuente: Elaboración propia.

En este análisis comparativo se evidencia que los vehículos eléctricos para la recolección de residuos ofrecen soluciones diversificadas para satisfacer necesidades operativas específicas, Modelos como el Charlatte T135 EVO destacan por su diseño compacto y versatilidad, mientras que opciones como el Mack LR Electric y el Volvo FE

Electric ofrecen capacidades mayores para operaciones intensivas en áreas urbanas, Además, la variabilidad en las autonomías y tipos de baterías permite seleccionar modelos adecuados según las rutas y frecuencias de recolección.

Diseño de la Alternativa de Movilidad Eléctrica para CORABASTOS

Para el diseño de la alternativa vamos a tener en cuenta que CORABASTOS divide la central en dos zonas para la recolección de residuos, esto se mantendrá para la alternativa propuesta ya que se hace optimo dividir la central en dos zonas, con el fin de concentrar las áreas que generan mayores residuos en una sola zona y generar un plan un poco más intenso para esta parte de la central y poder definir un plan menos intenso para la zona que produce menos residuos; dicho esto, también se tendrá en cuenta que la central opera las 24 horas del día los 7 días de la semana por lo que el plan generado para cada zona debe cubrir las 24 horas del día y por ende se deben tener en cuenta vehículos que puedan operar de manera continua.

Selección del tipo de vehículo

Dentro de la recopilación de casos internacionales realizados se pudo observar que en la mayoría de países del mundo se usan camiones de gran tamaño como los que incorpora el sistema actual dentro de la central, sin embargo, es este factor del tamaño el que hace que sean poco viables para implementarlos dentro de la central, ya que aunque Corabastos cuenta con una extensión de terreno amplia, este factor no evita que los camiones de gran tamaño generen embotellamientos al interior de la central, mientras que realizan su labor de recolección, por lo que se va a tener en cuenta un vehículo eléctrico que cuente con unas dimensiones menores, sacrificando la capacidad del mismo, planteando unos contenedores de mayor capacidad y una frecuencia de recolección mayor.

El vehículo que se seleccionó para cumplir la labor de recolección de residuos es el CHARLATTE T135 EVO teniendo en cuenta que este tipo de vehículo se usa principalmente en aeropuertos para el transporte de equipaje, sin embargo, ofrece unas prestaciones más que aceptables y permite implementar un sistema de “vagones” como se observa en la figura 37.

Figura 37.

Vehículo propuesto

Fuente: Imagen recuperada de Navya Tech (2024) en https://www,navya,tech/en/new-charlatte-autonom-autonomous-baggage-tractor-trials-on-the-most-important-airport-in-germany/

Este vehículo cuenta con varios puntos a su favor como su tiro de arrastre de hasta 25 toneladas según su ficha técnica, así como su amplio radio de giro lo que le permite maniobrar de manera efectiva en espacios reducidos y que, para la central de Corabastos, teniendo en cuenta su alto flujo vehicular representa una muy buena opción.

Por otro lado, este vehículo se vende con dos opciones de batería, por un lado, baterías de litio y por el otro batería de plomo-ácido, para este caso se plantea que el vehículo cuente con baterías de litio las cuales tienen una recarga más rápida que las de plomo-ácido y cuentan con una autonomía un poco mayor, entregando con una carga completa de estas

baterías entre 60 y 80 kilómetros de autonomía y un tiempo de recarga de entre 4 a 6 horas dependiendo del tipo de cargador utilizado.

Ahora, para el tipo de estación de carga se seleccionó la referencia Altus II de la marca MINIT CHARGER figura 38, el cual gracias a su gran desempeño puede cargar el vehículo en aproximadamente 2 a 4 horas.

Figura 38.

Altus II: Minicargador compacto

Fuente: Imagen recuperada de Mini Charger (2024)
https://www,minitcharger,com/product/altus-ii/

Se usan 2 estaciones de carga de este tipo las cuales estarían ubicadas frente al CCR, de tal manera que los vehículos puedan cargar y posteriormente enganchar los contenedores vacíos sin tener que desplazarse, esta distribución se puede observar en la figura 39.

Figura 39.

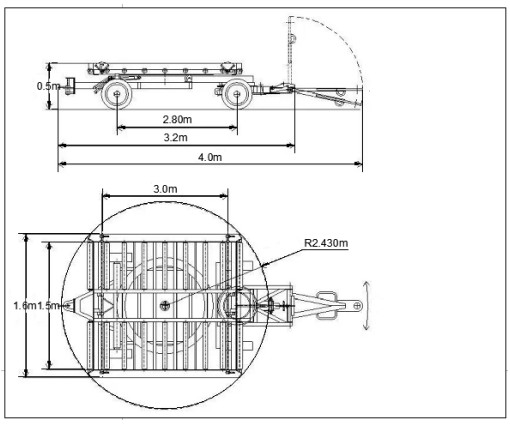
Ubicación de las estaciones de carga en Corabastos

Fuente: Figura de elaboración propia con ayuda de la IA

Por otro lado, se propone el diseño de las plataformas para transportar los contenedores como se observa en la figura 40, estás plataformas cuentan con unas dimensiones de 1,6 metros de ancho por 3 metros de largo y el enganche tanto frontal como trasero aumentan su largo hasta 4 metros.

Figura 40.

***Dimensiones del remolque* de los contenedores**



Fuente: Imagen adaptada de Las-1 Company Ltd (2024), recuperada de https://www,aeroexpo,online/es/prod/las-1-company-ltd/product-168787-15890,html

Contenedores

Para la recolección de los residuos sólidos se propone un contenedor resistente de acero galvanizado en caliente según la norma ISO 1461, con dimensiones de 1 metro de alto, 1,5 m de ancho con 3 metros de fondo el cual almacena un volumen de 4,275 m^3 de residuos sólidos, se diferenciarán con colores para la deposición de los diferentes tipos de residuos como lo sugiere la Resolución 2184 de 2019,se estiman un total de 80 contenedores para la recolección de los residuos sólidos al interior de la central

Estos contenedores se ubicarán en la posición del sistema actual en la avenida junto al andén, con la demarcación y señalización, como se observa en la figura 41.

Figura 41.

Ubicación de los contendores para residuos sólidos de la alternativa

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que en comparación con la disposición de contenedores del sistema actual se cuenta con un número menor de contenedores, ya que como se mencionó anteriormente se proponen contenedores de mayor capacidad.

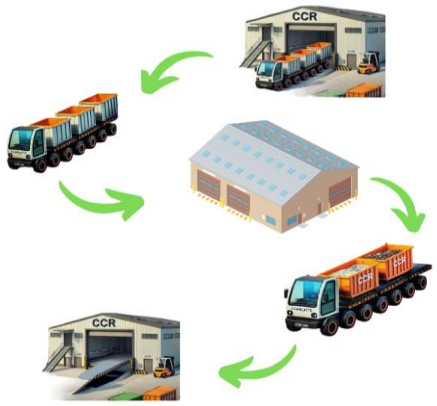
Recolección de residuos orgánicos e inorgánicos

Se realiza la recolección interna de los contenedores propuestos antes de que estos presenten desbordamiento, la recolección deberá ser cuando estén llenos en sus ¾ partes (75%) de capacidad máxima.

La recolección de los contenedores se realiza de la siguiente manera: se usara el vehículo tipo tractor de arrastre propuesto el cual es el CHARLATTE T135 EVO, saldrá del CCR con tres contenedores vacíos, al llegar al sitio de recogida retira un contenedor lleno y deja uno vacío, esto lo realiza hasta enganchar los tres contenedores llenos, Posteriormente, el vehículo recolector se dirige hacia el Centro de Clasificación de Residuos (CCR) donde evacuará los tres contenedores y nuevamente iniciará la recolección de los otros siguientes hasta completar la recolección de los contenedores establecidos en la jornada de trabajo como se observa en la figura 42.

Figura 42.

Esquema de recolección de contenedores de la alternativa propuesta



Fuente: Elaboración propia usando IA

Cada vehículo T135 EVO contará con un ayudante para la asistencia de anclaje y des anclaje de los contenedores al vehículo.

Cantidad de vehículos requeridos

La cantidad de vehículos T135 EVO necesarios para el transporte de residuos sólidos se estableció considerando la capacidad de los contenedores, se estima que la cantidad de residuos sólidos diaria aproximadamente es de 585,9 m^3/día lo que equivale a 185,91 toneladas de residuos diarios.

En este orden de ideas un vehículo T135 EVO tiene la capacidad de llevar 3 contendores de 4,275 m^3 los cuales se recogerán una vez alcancen el 75% de su capacidad, donde el contenedor tendrá almacenado un total de 3,2 m^3 al momento de su recolección, se usan dos vehículos en cada jornada de 8 horas que transportan 19,2 m^3 de residuos sólidos en cada ruta, al multiplicar los viajes por ruta por la cantidad de contenedores que se recogerán en esa ruta y por la capacidad de cada contenedor, teniendo en cuenta que solo se llenan hasta el 75% de su capacidad máxima, obtendremos el volumen de residuos recolectados por ruta por una jornada diaria de 24 horas, al sumar el total de residuos sólidos recolectados en dicha jornada obtendremos un total de 777,6 m3 de residuos sólidos recolectados, ya que diariamente se estiman que se producen 585,9 m^3 y el sistema propuesto tiene la capacidad de recolectar en 24 horas un total de 777,6 m^3 se puede decir que este sistema tiene la capacidad de recolección necesaria y cuenta con una holgura de 191,7m^3, esto para que en caso de que ocurran eventos que aumenten la capacidad estimada de producción de residuos sólidos, el sistema pueda suplir la demanda sin problemas.

Por otro lado, en la tabla 22 se presenta la distancia recorrida por cada ruta, junto con la cantidad y el número de contenedores recolectados en cada una. Además, se detalla el total de viajes realizados por ruta en un periodo de 24 horas, la distancia total acumulada en este

tiempo y el volumen total de residuos sólidos recolectados por ruta, como se muestra a continuación.

Tabla 22.

Cantidad de residuos recolectados por ruta

Ruta	Distancia (km)	Contendores			Viajes por ruta	Distancia total por ruta en 24 horas	Cantidad de contendores recolectados	Volumen de residuos recolectados por ruta (m^3)
		C1	C2	C3				
Ruta 0	0,39	47	46	-	2	0,78	2	12,8
Ruta 1	0,36	49	48	45	2	0,72	3	19,2
Ruta 2	0,53	67	52	51	1	0,53	3	9,6
Ruta 3	0,18	44	43	42	4	0,72	3	38,4
Ruta 4	0,51	39	40	41	3	1,53	3	28,8
Ruta 5	0,37	38	37	36	6	2,22	3	57,6
Ruta 6	0,48	54	53	55	1	0,48	3	9,6
Ruta 7	0,36	34	33	30	6	2,16	3	57,6
Ruta 8	0,35	35	32	31	2	0,7	3	19,2
Ruta 9	0,62	68	58	57	1	0,62	3	9,6
Ruta 10	0,67	69	60	59	1	0,67	3	9,6
Ruta 11	0,61	62	61	63	1	0,61	3	9,6
Ruta 12	0,87	64	70	66	1	0,87	3	9,6
Ruta 13	1,66	65	71	72	3	4,98	3	28,8
Ruta 14	0,48	74	77	75	3	1,44	3	28,8
Ruta 15	0,5	76	73	27	3	1,5	3	28,8
Ruta 16	0,71	24	25	26	4	2,84	3	38,4
Ruta 17	0,76	18	21	22	4	3,04	3	38,4
Ruta 18	0,61	14	29	28	4	2,44	3	38,4
Ruta 19	0,65	19	20	23	3	1,95	3	28,8
Ruta 20	0,81	15	16	17	4	3,24	3	38,4
Ruta 21	0,84	11	12	13	3	2,52	3	28,8
Ruta 22	0,9	7	8	9	2	1,8	3	19,2
Ruta 23	1	1	2	3	6	6	3	57,6
Ruta 24	0,8	4	5	-	8	6,4	2	51,2
Ruta 25	0,77	10	6	-	7	5,39	2	44,8
Ruta 26	0,56	56	50	-	1	0,56	2	6,4
Ruta 27	0,55	80	79	78	1	0,55	3	9,6
Total, de kilómetros recorridos en 24 horas						**57,26**	**Total, de residuos recolectados en 24 horas (m^3)**	**777,6**

Fuente: Elaboración propia.

Rutas de recolección interna de residuos sólidos de la alternativa

Se definieron en total 27 rutas para esta estrategia de recolección, las rutas se diseñaron de tal manera que cada vehículo transporte 3 contenedores a excepción de la ruta 24 y la ruta 25 la cual solo se recogerán 2 contenedores cada uno, En la figura 43 se evidencian las 27 rutas del sistema propuesto.

Figura 43.

Rutas elaboradas para la recolección de contenedores

Fuente: Elaboración propia

Cada ruta se tomó desde el punto de partida de recolección hasta el centro de clasificación de residuos CCR, dando distancias diferentes para cada ruta como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23.

Distancia de cada ruta de recolección de residuos sólidos de la alternativa

Ruta	Distancia (km)
Ruta 0	0,39
Ruta 1	0,36
Ruta 2	0,53
Ruta 3	0,18
Ruta 4	0,51
Ruta 5	0,37
Ruta 6	0,48
Ruta 7	0,36
Ruta 8	0,35
Ruta 9	0,62
Ruta 10	0,67
Ruta 11	0,61
Ruta 12	0,87
Ruta 13	1,66
Ruta 14	0,48
Ruta 15	0,5
Ruta 16	0,71
Ruta 17	0,76
Ruta 18	0,61
Ruta 19	0,65
Ruta 20	0,81
Ruta 21	0,84
Ruta 22	0,9
Ruta 23	1
Ruta 24	0,8
Ruta 25	0,77
Total	**16,79**

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de costos.

El análisis de costos de la alternativa propuesta, se da evidenciando los pro y contra del sistema de gestión de residuos sólidos actual de la central de Corabastos como se evidencia en la tabla 24 y en la tabla 25 la cual expone los casos más relevantes para comparar los dos sistemas.

Tabla 24.

Datos de entrada del sistema actual contra el sistema propuesto

Sistema actual	Alternativa propuesta
Huella de carbono kg de CO_2	
1.082,9	0
Precio de los vehículos utilizados	
Carro Compactador de 25 yardas cubicas	Tractor de remolque T135 EVO
$ 596.671.165	$200.000.000
Cantidad de contenedores a usar	
304	100
Combustible	
Diesel	Alimentado por baterías de litio,
Precio del combustible	
$ 9.856/gal	$ 867,8 Kwh

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25.

Cuadro comparativo entre los sistemas

Aspecto	Vehículos de Combustión (Actuales)	Vehículos Eléctricos (Propuesta)
Impacto Ambiental	Emisiones altas de CO_2 y partículas; contribuyen a la contaminación atmosférica y acústica,	Cero emisiones directas, reducción significativa de gases contaminantes y ruido,
Costo de Energía	Alto costo de combustible (diésel o gasolina), con precios variables y tendencia al alza,	Menor costo de energía, la electricidad es más económica que los combustibles fósiles,
Mantenimiento	Costoso y frecuente debido al desgaste de piezas como filtros, sistemas de escape y motor,	Menor frecuencia y costo de mantenimiento, con menos piezas móviles y sin sistemas de escape,
Infraestructura de Carga	Estaciones de servicio de combustible, ya establecidas y accesibles,	Necesidad de instalar estaciones de carga dentro de CORABASTOS para optimizar la operación,
Autonomía	400-600 km aproximadamente por tanque lleno, dependiendo del modelo y tipo de uso,	Aproximadamente 60-80 km por carga completa en vehículos como el CHARLATTE T135 EVO, adecuada para rutas de corto alcance,
Tecnología e Innovación	Tecnología establecida, menos innovadora, no alineada con objetivos de sostenibilidad actuales,	Tecnología avanzada y sostenible, compatible con innovaciones de monitoreo, optimización de rutas y gestión energética,
Costo Inicial	Menor costo inicial por vehículo, dependiendo del modelo de combustión y capacidad,	Mayor costo inicial debido a la tecnología de baterías, pero con ahorros operativos a largo plazo,
Incentivos Gubernamentales en Colombia	Sin incentivos específicos; regulaciones ambientales pueden incrementar el costo de operación a largo plazo,	Acceso a incentivos fiscales, reducción de impuestos por adopción de tecnologías limpias (Ley 1964 de 2019),

Fuente: Elaboración propia

En el sistema actual las jornadas de trabajo de recolección y transporte de residuos sólidos, los vehículos hacen 215 km diarios los cuales gastan 107,14 litros de Diesel que equivalen a 28,3 galones/diarios esto costando solo en combustible $278.924 que al mes suman $8.646.644 y al año $103.759.728 , a comparación de los vehículos eléctricos los cuales cargan dos horas cada vehículo esto da que el valor diario de alimentación energética de los cuatro vehículos es de $6.942,4 el cual se estima de la siguiente manera si el Kwh cuesta $ 867,8 y el vehículo dura 2 horas cargado lo que da $1.735,6 la carga de un vehículo por 4 cuatro vehículos obtenemos un total de $6.942,4 lo que cuesta la alimentación eléctrica diaria de los vehículos, esto por mes será de $215.208 , por año la alimentación eléctrica de los cuatro vehículos costara un total de $2.534.560 donde a diferencia de los vehículos a combustión existe una diferencia de $101.177.230 por esta razón económica y por las razones ambientales es que esta propuesta es viable para Corabastos.

Capex y Opex

La adopción de estrategias de transporte sostenible en la gestión de residuos sólidos urbanos no es solo una imperativa ambiental, sino también una decisión que conlleva profundas implicaciones económicas para las entidades operadoras. La Corporación de Abastos de Bogotá S.A. (Corabastos), como un epicentro comercial de gran envergadura, genera volúmenes significativos de residuos que requieren una operación logística de recolección eficiente y, crecientemente, sostenible. En este contexto, la viabilidad de implementar tecnologías de cero emisiones, como los vehículos eléctricos, depende crucialmente de un análisis financiero riguroso que trascienda la mera inversión inicial.

El presente capítulo tiene como objetivo principal realizar una evaluación comparativa de los costos asociados a la operación de la flota de recolección de residuos

sólidos en Corabastos. Se establecerá un contraste detallado entre el modelo operativo actual, basado en camiones diésel International WorkStar 7600 SBA 6x4, y un escenario proyectado de electrificación de la flota. Para ello, se empleará un marco de análisis de costos que distingue entre los Gastos de Capital (CAPEX) y los Gastos Operativos (OPEX). Esta diferenciación permitirá una comprensión granular de los desembolsos iniciales necesarios (CAPEX) y los costos recurrentes de operación y mantenimiento (OPEX) para ambos modelos.

La importancia de esta comparativa radica en la necesidad de determinar la conveniencia económica a largo plazo de la transición hacia la movilidad eléctrica, considerando factores como el incremento sostenido del precio del diésel en Colombia y los potenciales ahorros en mantenimiento y consumo de energía eléctrica. Se analizará cómo la inversión en infraestructura de carga y la adquisición de vehículos eléctricos, a pesar de un CAPEX inicial potencialmente mayor, pueden traducirse en una reducción significativa del OPEX, optimizando el Costo Total de Propiedad (TCO) y contribuyendo a la sostenibilidad financiera de la operación de gestión de residuos en Corabastos.

El CAPEX se refiere a las inversiones realizadas por una empresa para adquirir o mejorar activos fijos con una vida útil superior a un año. Estos gastos son de naturaleza no recurrente y se destinan a la compra de infraestructura, maquinaria o equipos que contribuyen a la capacidad de producción o prestación de servicios a largo plazo (Gitman & Zutter, Año). En el contexto de flotas vehiculares, el CAPEX representa el desembolso inicial requerido para la adquisición de los vehículos y la infraestructura necesaria para su operación.

El OPEX comprende los gastos diarios y recurrentes incurridos para mantener un negocio funcionando y generar ingresos. Son costos asociados directamente con la operación

y el mantenimiento de los activos existentes, y se consumen en el corto plazo (Investopedia, s.f.). Para una flota de transporte, el OPEX incluye todos los gastos necesarios para que los vehículos operen día a día.

Tabla 26.

Capex y Opex vehículo diesel

CAPEX		
Vehículo	Diésel	
Camión	$	1.193.342.330,00
Matrícula	$	1.081.800,00
OPEX		
Vehículo	Diésel	
Combustible	$	103.759.728,00
Mantenimiento preventivo (15.000km)	$	9.000.000,00
Mantenimiento correctivo (120.000km)	$	60.000.000,00
Seguro todo riesgo	$	22.000.000,00
SOAT	$	3.231.000,00
Revisión tecnomecánica	$	909.000,00
Impuesto	$	41.766.981,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27.

Capex y Opex vehículo eléctrico

CAPEX		
Vehículo		Eléctrico
Camión	$	800.000.000,00
IVA (19%)	$	152.000.000,00
Matrícula	$	10.366.800,00
Cargadores	$	128.000.000,00
Instalación eléctrica	$	133.000.000,00
OPEX		
Vehículo	Eléctrico	
Consumo de energía	$	2.534.560,00
Mantenimiento preventivo (15.000km)	$	8.000.000,00
Cambio de baterías (Año 12)	$	293.201.032,82
Seguro todo riesgo	$	28.000.000,00
SOAT	$	6.462.000,00
Revisión tecnomecánica	$	1.818.000,00
Impuesto	$	2.400.000,00

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar un análisis de Costo Total de Propiedad (TCO) efectivo entre la flota diésel actual y la propuesta de flota eléctrica, es fundamental concentrarse en los costos diferenciales que realmente impactan la decisión de inversión. Existen ciertos gastos operativos (OPEX) que, si bien son inherentes a la operación de cualquier flota de recolección de residuos, se pueden considerar similares o con variaciones no sustanciales entre la alternativa diésel y la eléctrica para el propósito de esta comparativa. Específicamente, los costos asociados a los neumáticos, frenos, el mantenimiento de la carrocería, los salarios y

beneficios de los operadores, y el lavado de los vehículos, se asumen como equiparables en ambos escenarios. Aunque el peso adicional de las baterías en los vehículos eléctricos podría generar un desgaste marginalmente mayor en los neumáticos, para un análisis de alto nivel, esta diferencia se considera despreciable frente a otros componentes del OPEX. De manera similar, los costos de reparación y mantenimiento de la carrocería, así como las necesidades de limpieza, no están directamente influenciados por el tipo de propulsión del vehículo. Los gastos de personal, como los salarios de los operadores, se mantienen constantes ya que el número de conductores y el tipo de labor de recolección no varían con la tecnología del motor.

Incremento del combustible diésel

La gestión eficiente de los residuos sólidos en centros logísticos de la magnitud de Corabastos implica una dependencia crítica del transporte, donde el costo del combustible diésel (ACPM) emerge como el componente más volátil y significativo dentro de los Gastos Operativos (OPEX) de las flotas convencionales. En Colombia, el precio de los combustibles, incluido el ACPM, ha estado históricamente influenciado por el Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles (FEPC), una herramienta fiscal diseñada para mitigar las fluctuaciones de los precios internacionales y mantener una relativa estabilidad para los consumidores nacionales. Sin embargo, esta política ha generado un déficit considerable en las finanzas públicas, lo que ha impulsado al Gobierno Nacional a emprender un proceso gradual de desmonte de los subsidios.

A partir de finales 2024, se ha observado una tendencia sostenida al alza en el precio del ACPM, inicialmente gradual, pero con la expectativa de acelerarse para converger con los precios del mercado internacional. Esta decisión gubernamental, orientada a sanear las cuentas del FEPC y reducir la presión fiscal, tiene un impacto directo y negativo sobre los

costos operativos del sector transporte y, por ende, de las flotas de recolección de residuos. Para el presente estudio, se proyecta un incremento anual del 5% en el costo del ACPM a lo largo de todo el horizonte de 20 años de análisis. Este porcentaje, si bien puede parecer moderado en comparación con las volatilidades puntuales, refleja una expectativa conservadora que internaliza no solo la presión inflacionaria inherente a la economía, sino también la política de desmonte gradual de subsidios y la fluctuación de los precios internacionales del petróleo.

La inclusión del Índice de Precios al Consumidor (IPC) en esta proyección es fundamental para contextualizar el incremento real de los costos. Aunque el IPC mide la inflación general de la economía y afecta todos los componentes del OPEX, el precio del ACPM exhibe una dinámica particular, influenciada directamente por decisiones políticas y fluctuaciones del mercado global, que pueden superar significativamente la inflación promedio. De este modo, el incremento proyectado del 5% para el ACPM no es meramente una estimación de la inflación, sino una previsión sobre el costo real del combustible que, en el largo plazo, representa un desafío económico creciente para la sostenibilidad de las operaciones de transporte diésel. Este escenario de alza sostenida en el precio del ACPM, junto con el control de la inflación en otros costos, refuerza la necesidad de explorar alternativas energéticas más estables y económicamente ventajosas, como la movilidad eléctrica, para garantizar la eficiencia y la viabilidad financiera de la gestión de residuos en Corabastos.

Incremento del kwh

La transición hacia una flota de vehículos eléctricos en la gestión de residuos sólidos implica una migración del consumo de combustible fósil a la energía eléctrica, lo que

transforma la estructura de los Gastos Operativos (OPEX). Si bien se espera que la electricidad ofrezca una mayor estabilidad de precios en comparación con el diésel, su costo no es inmune a las fluctuaciones y a las tendencias de mercado a largo plazo. En Colombia, el precio de la energía eléctrica al consumidor final se rige por un marco regulatorio complejo establecido principalmente por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

El precio del kWh se compone de varios elementos que reflejan la cadena de valor del sector eléctrico: generación, transmisión, distribución y comercialización, además de componentes adicionales como las pérdidas y las restricciones. Estos componentes están sujetos a diversos factores que influyen en su valor:

Condiciones Hidrológicas y Climáticas: Colombia depende en gran medida de la generación hidroeléctrica. Periodos de sequía o fenómenos climáticos como El Niño pueden reducir la oferta de energía hidráulica, obligando a un mayor despacho de plantas térmicas, cuyas operaciones son más costosas (por el uso de combustibles fósiles o gas), lo que se traduce en un incremento en el componente de generación de la tarifa.

Costos de Combustibles para Generación Térmica: Los precios internacionales del gas o carbón utilizados por las centrales térmicas impactan directamente el costo de la generación no hidráulica.

Inversiones en Infraestructura: Las necesidades de inversión en expansión y modernización de las redes de transmisión y distribución para mejorar la calidad del servicio y la confiabilidad del sistema, se trasladan progresivamente a la tarifa final a través de los cargos regulados.

Marco Regulatorio: Las metodologías tarifarias definidas por la CREG se revisan periódicamente y pueden introducir ajustes que afecten los precios. Además, existen cargos específicos para financiar fondos (ej., Fondo de Solidaridad y Redistribución de Ingresos, subsidios) que también influyen en la tarifa final.

Inflación (IPC): El Índice de Precios al Consumidor (IPC) general de la economía es un factor subyacente que impacta todos los costos operativos de las empresas de energía, y por ende, se refleja en el ajuste de las tarifas.

Considerando esta dinámica multifactorial, y aunque la energía eléctrica ha mostrado una mayor estabilidad relativa frente al diésel, no es razonable asumir un precio constante a lo largo de un horizonte de 20 años. Para este análisis, se ha proyectado un incremento anual del 5% en el costo del kWh. Este porcentaje busca incorporar de manera conservadora las tendencias históricas de ajuste de tarifas en Colombia, la influencia de factores como la volatilidad hidrológica y los costos de los insumos para la generación térmica, así como el efecto general de la inflación (IPC) sobre los costos regulados. Esta proyección permite reflejar de forma más realista los costos operativos futuros de la flota eléctrica, garantizando la solidez financiera de la evaluación comparativa.

Evaluación de costos.

Con el fin de evaluar los costos operativos de implementar un sistema de movilidad eléctrica para la recolección y transporte de residuos sólidos en la Corporación de Abastos de Bogotá S.A. – CORABASTOS, se desarrolló una evaluación de costos basado en un modelo de flujo de caja a 20 años. Este análisis compara dos escenarios: la continuidad del sistema actual de transporte con camiones diésel frente a la propuesta de transición hacia vehículos eléctricos, considerando las particularidades técnicas y operativas del proyecto.

En lugar de analizar ingresos generados por la operación (dado que la actividad de recolección no está orientada a la generación directa de ingresos), el análisis se centra en los costos y los ahorros potenciales que implica cada tecnología, en este sentido, se utiliza el concepto de flujo neto acumulado con el fin de determinar cuál de los dos sistemas es más costoso de mantener en el tiempo.

El modelo contempla los costos iniciales de adquisición de vehículos, mantenimiento, consumo energético (combustible y electricidad), infraestructura de carga, así como el reemplazo de componentes críticos como las baterías. Para evaluar el desempeño financiero de cada alternativa, se emplea el indicador Valor Presente de costos (VPC), adicional a esto, dentro del flujo de caja se utilizó incrementos del 5% por año para cada uno de los costos, esto teniendo en cuenta que el IPC para el año 2025 es de 5,16% según el DANE.

Este enfoque permite establecer si la inversión en movilidad eléctrica representa una decisión económicamente viable en el mediano y largo plazo.

Cómo primera medida se estableció el flujo de caja para la flota de camiones diésel, el cual se presenta a continuación en la tabla 28.

Tabla *28*.

Flujo de caja para la flota de camiones diésel

Vehículo	**Diésel**																				
AÑO	**Inversión (0)**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
CAPEX																					
Camión	$ 1.193.342.330	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Matrícula	$ 1.081.800	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
OPEX																					
Combustible	$ -	$ 108.947.714	$ 114.395.100	$ 120.114.855	$ 126.120.598	$ 132.426.628	$ 139.047.959	$ 146.000.357	$ 153.300.375	$ 160.965.394	$ 169.013.663	$ 177.464.347	$ 186.337.564	$ 195.654.442	$ 205.437.164	$ 215.709.022	$ 226.494.474	$ 237.819.197	$ 249.710.157	$ 262.195.665	$ 275.305.448
Mantenimiento preventivo (15.000km)	$ -	$ 9.450.000	$ 9.922.500	$ 10.418.625	$ 10.939.556	$ 11.486.534	$ 12.060.861	$ 12.663.904	$ 13.297.099	$ 13.961.954	$ 14.660.052	$ 15.393.054	$ 16.162.707	$ 16.970.842	$ 17.819.384	$ 18.710.354	$ 19.645.871	$ 20.628.165	$ 21.659.573	$ 22.742.552	$ 23.879.679
Mantenimiento correctivo (120.000km)	$ -	$ -	$ -	$ 69.457.500	$ -	$ -	$ 80.405.738	$ -	$ -	$ 93.079.693	$ -	$ -	$ 107.751.380	$ -	$ -	$ 124.735.691	$ -	$ -	$ 144.397.154	$ -	$ -
Seguro todo riesgo	$ -	$ 23.100.000	$ 24.255.000	$ 25.467.750	$ 26.741.138	$ 28.078.194	$ 29.482.104	$ 30.956.209	$ 32.504.020	$ 34.129.221	$ 35.835.682	$ 37.627.466	$ 39.508.839	$ 41.484.281	$ 43.558.495	$ 45.736.420	$ 48.023.241	$ 50.424.403	$ 52.945.623	$ 55.592.904	$ 58.372.550
SOAT	$ 3.231.000	$ 3.392.550	$ 3.562.178	$ 3.740.286	$ 3.927.301	$ 4.123.666	$ 4.329.849	$ 4.546.341	$ 4.773.659	$ 5.012.341	$ 5.262.959	$ 5.526.106	$ 5.802.412	$ 6.092.532	$ 6.397.159	$ 6.717.017	$ 7.052.868	$ 7.405.511	$ 7.775.787	$ 8.164.576	$ 8.572.805
Revisión tecnomecánica	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 1.160.140	$ 1.218.147	$ 1.279.054	$ 1.343.007	$ 1.410.157	$ 1.480.665	$ 1.554.698	$ 1.632.433	$ 1.714.055	$ 1.799.758	$ 1.889.746	$ 1.984.233	$ 2.083.445	$ 2.187.617	$ 2.296.998	$ 2.411.848
Impuesto	$ -	$ 43.855.330	$ 46.048.097	$ 48.350.501	$ 50.768.026	$ 53.306.428	$ 55.971.749	$ 58.770.337	$ 61.708.853	$ 64.794.296	$ 68.034.011	$ 71.435.711	$ 75.007.497	$ 78.757.872	$ 82.695.765	$ 86.830.554	$ 91.172.081	$ 95.730.686	$ 100.517.220	$ 105.543.081	$ 110.820.235
Flujo de caja neto anual	-$ 1.197.655.130	-$ 188.745.594	-$ 198.182.874	-$ 277.549.518	-$ 218.496.619	-$ 230.581.590	-$ 322.516.408	-$ 254.216.203	-$ 266.927.013	-$ 373.353.056	-$ 294.287.032	-$ 309.001.383	-$ 432.202.832	-$ 340.674.025	-$ 357.707.726	-$ 500.328.803	-$ 394.372.768	-$ 414.091.406	-$ 579.193.131	-$ 456.535.776	-$ 479.362.564

Fuente: Elaboración propia

Este flujo de caja nos permite observar los costos actuales y futuros que puede llegar a generar la flota de vehículos diésel, dentro de estos costos se encuentran incluido la revisión tecno-mecánica anual, el seguro obligatorio de accidentes de tránsito (SOAT) y el impuesto sobre vehículos automotores anual, así como los mantenimientos preventivos y correctivos que se le han de realizar a los vehículos, dicho esto, se puede observar que a lo largo del periodo de evaluación de 20 años, al tratarse de una tecnología convencional, basada en combustibles fósiles, sus costos operativos se mantienen elevados y constantes en el tiempo, especialmente en lo relacionado con el consumo de diésel y el mantenimiento mecánico.

Por otro lado, se presenta a continuación el flujo de caja para la alternativa de movilidad eléctrica:

Tabla 29.

Flujo de caja para la flota de camiones eléctricos

Vehículo	Eléctrico																				
AÑO	**Inversión (0)**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
CAPEX																					
Camión	$ 800.000.000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Matrícula	$ 10.366.800	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Cargadores	$ 128.000.000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Instalación eléctrica	$ 133.000.000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
OPEX																					
Consumo de energía	$ -	$ 2.661.288	$ 2.794.352	$ 2.934.070	$ 3.080.774	$ 3.234.812	$ 3.396.553	$ 3.566.380	$ 3.744.699	$ 3.931.934	$ 4.128.531	$ 4.334.958	$ 4.551.706	$ 4.779.291	$ 5.018.255	$ 5.269.168	$ 5.532.627	$ 5.809.258	$ 6.099.721	$ 6.404.707	$ 6.724.942
Mantenimiento preventivo (15.000km)	$ -	$ 8.400.000	$ 8.820.000	$ 9.261.000	$ 9.724.050	$ 10.210.253	$ 10.720.765	$ 11.256.803	$ 11.819.644	$ 12.410.626	$ 13.031.157	$ 13.682.715	$ 14.366.851	$ 15.085.193	$ 15.839.453	$ 16.631.425	$ 17.462.997	$ 18.336.147	$ 19.252.954	$ 20.215.602	$ 21.226.382
Cambio de baterías (año 12)	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 323.254.139	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Venta de baterías	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	-$ 71.639.038
Seguro todo riesgo	$ 28.000.000	$ 29.400.000	$ 30.870.000	$ 32.413.500	$ 34.034.175	$ 35.735.884	$ 37.522.678	$ 39.398.812	$ 41.368.752	$ 43.437.190	$ 45.609.050	$ 47.889.502	$ 50.283.977	$ 52.798.176	$ 55.438.085	$ 58.209.989	$ 61.120.488	$ 64.176.513	$ 67.385.339	$ 70.754.605	$ 74.292.336
SOAT	$ 6.462.000	$ 6.785.100	$ 7.124.355	$ 7.480.573	$ 7.854.601	$ 8.247.331	$ 8.659.698	$ 9.092.683	$ 9.547.317	$ 10.024.683	$ 10.525.917	$ 11.052.213	$ 11.604.824	$ 12.185.065	$ 12.794.318	$ 13.434.034	$ 14.105.736	$ 14.811.022	$ 15.551.573	$ 16.329.152	$ 17.145.610
Descuento SOAT	-$ 646.200	-$ 678.510	-$ 712.436	-$ 748.057	-$ 785.460	-$ 824.733	-$ 865.970	-$ 909.268	-$ 954.732	-$ 1.002.468	-$ 1.052.592	-$ 1.105.221	-$ 1.160.482	-$ 1.218.506	-$ 1.279.432	-$ 1.343.403	-$ 1.410.574	-$ 1.481.102	-$ 1.555.157	-$ 1.632.915	-$ 1.714.561
Revisión tecnomecánica	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 2.320.280	$ 2.436.294	$ 2.558.109	$ 2.686.014	$ 2.820.315	$ 2.961.330	$ 3.109.397	$ 3.264.867	$ 3.428.110	$ 3.599.516	$ 3.779.491	$ 3.968.466	$ 4.166.889	$ 4.375.234	$ 4.593.995	$ 4.823.695
Descuento revisión tecnomecánica	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	-$ 696.084	-$ 730.888	-$ 767.433	-$ 805.804	-$ 846.094	-$ 888.399	-$ 932.819	-$ 979.460	-$ 1.028.433	-$ 1.079.855	-$ 1.133.847	-$ 1.190.540	-$ 1.250.067	-$ 1.312.570	-$ 1.378.199	-$ 1.447.109
Impuesto	$ 2.400.000	$ 2.520.000	$ 2.646.000	$ 2.778.300	$ 2.917.215	$ 3.063.076	$ 3.216.230	$ 3.377.041	$ 3.545.893	$ 3.723.188	$ 3.909.347	$ 4.104.814	$ 4.310.055	$ 4.525.558	$ 4.751.836	$ 4.989.428	$ 5.238.899	$ 5.500.844	$ 5.775.886	$ 6.064.680	$ 6.367.914
Descuento impuesto	-$ 1.680.000	-$ 1.764.000	-$ 1.852.200	-$ 1.944.810	-$ 2.042.051	-$ 2.144.153	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Flujo de caja neto anual	-$ 1.105.902.600	-$ 47.323.878	-$ 49.690.072	-$ 52.174.575	-$ 54.783.304	-$ 59.146.665	-$ 64.355.359	-$ 67.573.127	-$ 70.951.784	-$ 74.499.373	-$ 78.224.342	-$ 82.135.559	-$ 409.496.475	-$ 90.554.453	-$ 95.082.176	-$ 99.836.285	-$ 104.828.099	-$ 110.069.504	-$ 115.572.979	-$ 121.351.628	-$ 55.780.172

Fuente: Elaboración propia.

El flujo de caja del sistema eléctrico refleja valores netos significativamente menores en comparación con el sistema diésel. Esta diferencia se debe, en gran parte, a los menores costos de mantenimiento asociados a los vehículos eléctricos, los cuales cuentan con menos componentes mecánicos susceptibles al desgaste. Además, el sistema eléctrico se beneficia de ciertos incentivos y descuentos gubernamentales.

A pesar de incluir en el análisis el reemplazo de las baterías en el año 12 proyectado con un incremento del 5 % anual, la rentabilidad del sistema se mantiene sólida. Es importante destacar que también se contempla la venta de las baterías usadas, así como costos energéticos considerablemente más bajos frente al consumo de combustible del sistema diésel. Para comparar estos dos sistemas se determinó el VPC para cada uno, esta información puede visualizarse con mayor claridad en la figura 44.

Figura 44.

Comparación de los VPC de los sistemas.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior el eje vertical representa el VPC en pesos colombianos (COP), mientras que el eje horizontal muestra cada sistema evaluado. Los valores negativos del VPC reflejan que ambos sistemas representan una inversión que no genera retornos financieros directos, ya que se trata de un proyecto con enfoque ambiental y operativo más que comercial. Sin embargo, la magnitud de estas pérdidas proyectadas es significativamente distinta entre ambas opciones.

El sistema diésel presenta un VPC de aproximadamente 3,38 mil millones de COP, mientras que el sistema eléctrico muestra un VPC mucho menor, de alrededor de 1,63 mil millones de COP. Esto representa una mejora superior al 50 % en términos de eficiencia económica del sistema eléctrico frente al diésel, destacando su viabilidad como una alternativa más sostenible y económicamente favorable a largo plazo.

Encuestas a operadores del servicio de gestión de residuos sólidos y usuarios de la central de Corabastos

Se realizaron encuestas dentro de la central, el día 24 del mes de marzo del 2025, se usó la aplicación Google Forms para realizarlas, la encuesta consta de once módulos que permiten capturar información de percepción, conocimiento, y aceptación de la movilidad eléctrica en Corabastos, además de evaluar el sistema actual de gestión de residuos e identificación de problemáticas.

El sondeo tiene como propósito explorar la percepción de usuarios y operadores sobre la movilidad eléctrica y su impacto en la sostenibilidad dentro de Corabastos. Además, busca identificar falencias en el sistema actual de gestión de residuos sólidos, evaluar el nivel de aceptación de tecnologías limpias y proponer recomendaciones para facilitar la transición hacia un modelo más sostenible.

El sondeo se dirigió a 100 personas, las cuales son:

Usuarios (85%): Compradores, comerciantes y trabajadores no vinculados directamente con el sistema de recolección de residuos.

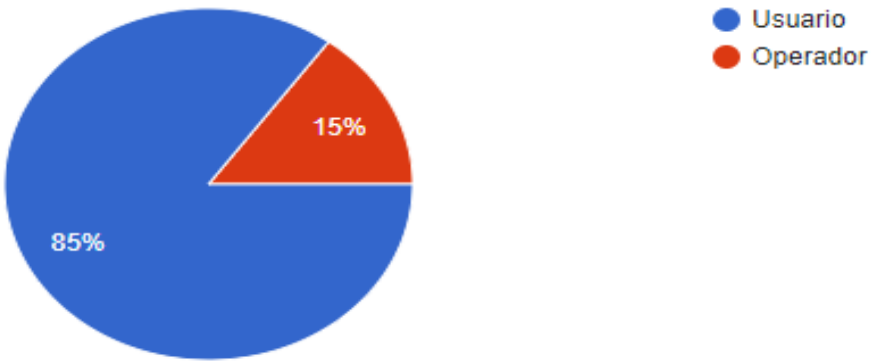
Operadores (15%): Trabajadores encargados de la gestión y recolección de residuos sólidos en la central.

Este grupo permite una perspectiva equilibrada entre quienes interactúan con el sistema de recolección desde el punto de vista operacional y quienes experimentan sus efectos como usuarios.

La encuesta se aplicó a 100 ciudadanos los cuales visitan la central de Corabastos a diario o en días intermedios en condiciones de operadores de la gestión de residuos sólidos y usuarios siendo comerciantes, trabajadores de la central o compradores, como se observa en la figura 45 donde el 15% son trabajadores y el 85% usuarios.

Figura 45.

Ocupación de las personas dentro de la central



Fuente: Elaboración propia

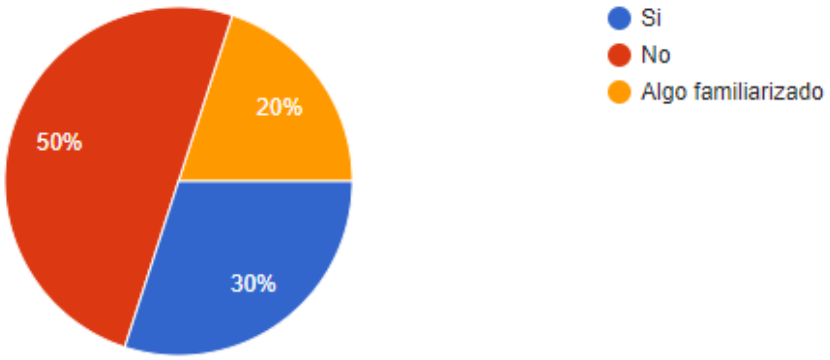
Familiaridad con el concepto de movilidad eléctrica

Solo el 30% de los encuestados afirmó estar familiarizado con la movilidad eléctrica, 50% indicó que no está familiarizado y el 20% tiene una familiarización parcial.

Existe un nivel bajo de familiarización con el concepto, lo cual podría requerir campañas de educación o sensibilización para mejorar la comprensión sobre movilidad eléctrica, Ver figura 46.

Figura 46.

Familiaridad de los encuestados con la movilidad eléctrica



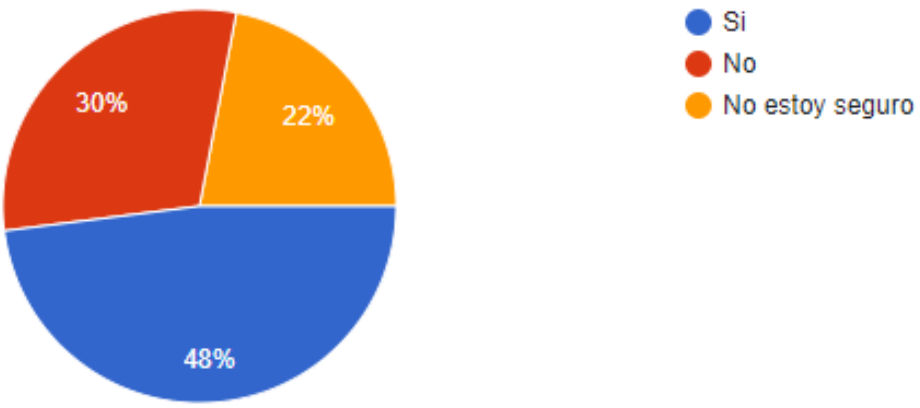
Fuente: Elaboración propia.

Mejora de la calidad del aire producto de la movilidad eléctrica

La mayoría cree que la movilidad eléctrica puede mejorar la calidad del aire, Esto refleja una aceptación favorable que puede facilitar la implementación de políticas de sostenibilidad, Sin embargo, un porcentaje significativo tiene dudas, lo que sugiere que un enfoque en la demostración de los beneficios ambientales podría ser valioso ver figura 47.

Figura 47.

mejora de la calidad del aire producto de la movilidad eléctrica



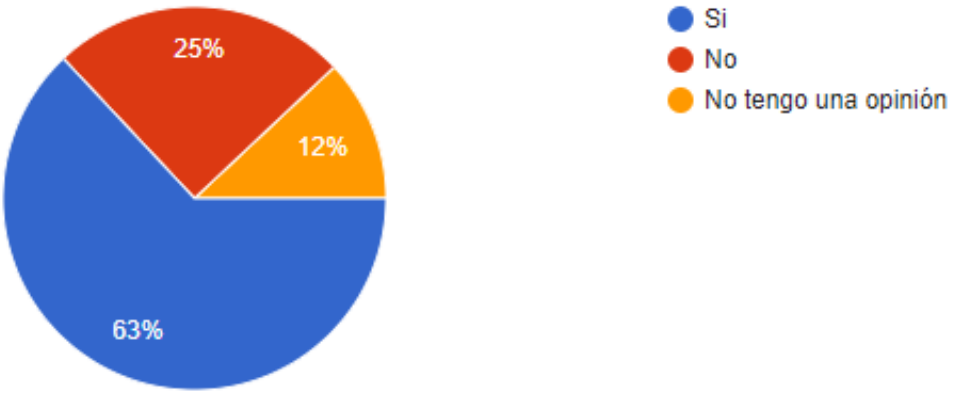
Fuente: Elaboración propia.

Opinión sobre la implementación de VE en Corabastos

63% considera que la implementación de vehículos eléctricos en CORABASTOS sería beneficiosa, 25% piensa que no sería beneficiosa, mientras que el 12% no tiene una opinión, La mayoría ve un beneficio potencial en esta implementación, pero un 25% está en contra, lo cual sugiere que algunos usuarios pueden percibir obstáculos o dudas sobre la efectividad, como se observa en la figura 48.

Figura 48.

Opinión sobre la implementación de VE en Corabastos



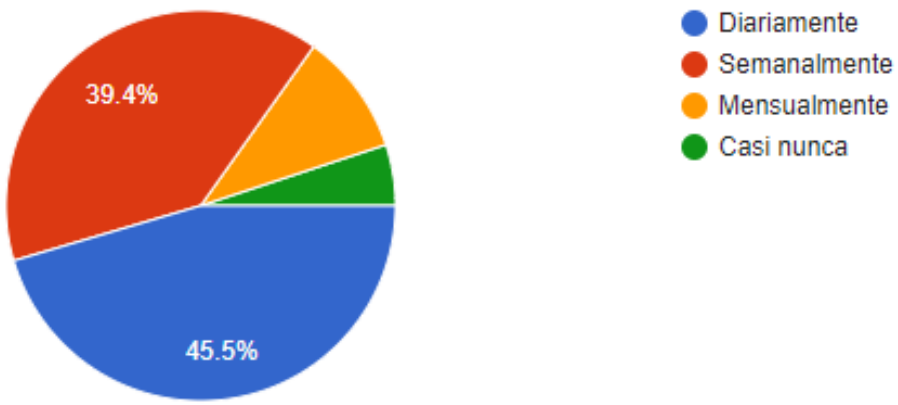
Fuente: Elaboración propia.

Interacción con el sistema de recolección de residuos solidos

Diariamente (45,5%), Semanalmente (39,4%), Mensualmente (10%), Casi nunca (5,1%) Un número importante interactúa mensualmente con el sistema, mientras que una minoría lo hace a diario, Esto sugiere que las percepciones y quejas sobre el sistema actual pueden variar en función de la frecuencia de uso, lo cual debe tenerse en cuenta al interpretar los niveles de satisfacción y las demandas de mejora. Ver figura 49.

Figura 49.

Respuestas sobre la frecuencia de interacción de los encuestados



Fuente: Elaboración propia.

Satisfacción con el sistema de recolección

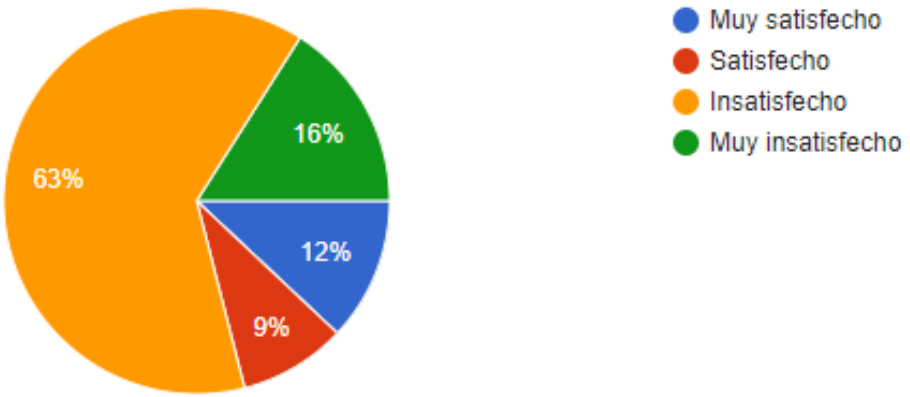
La mayoría de los encuestados (63%) están insatisfechos con el sistema de recolección de residuos en términos de eficiencia y puntualidad. Un 16% se encuentra muy insatisfecho, lo que indica un porcentaje significativo de descontento. Solo un 12% está muy satisfecho y un 9% está satisfecho, lo que representa una minoría que considera que el sistema funciona bien.

La percepción negativa (insatisfechos y muy insatisfechos combinados, 79%) sugiere que el sistema actual tiene deficiencias notorias. Las principales preocupaciones pueden estar

relacionadas con fallas en la puntualidad, falta de cobertura eficiente o una logística inadecuada en la recolección. La baja satisfacción (21% en total) podría deberse a que solo ciertos sectores reciben un servicio adecuado, o a que hay diferencias en la calidad del servicio según la ubicación en la central. Como se observa en la figura 50.

Figura 50.

Satisfacción con el sistema de recolección



Fuente: Elaboración propia.

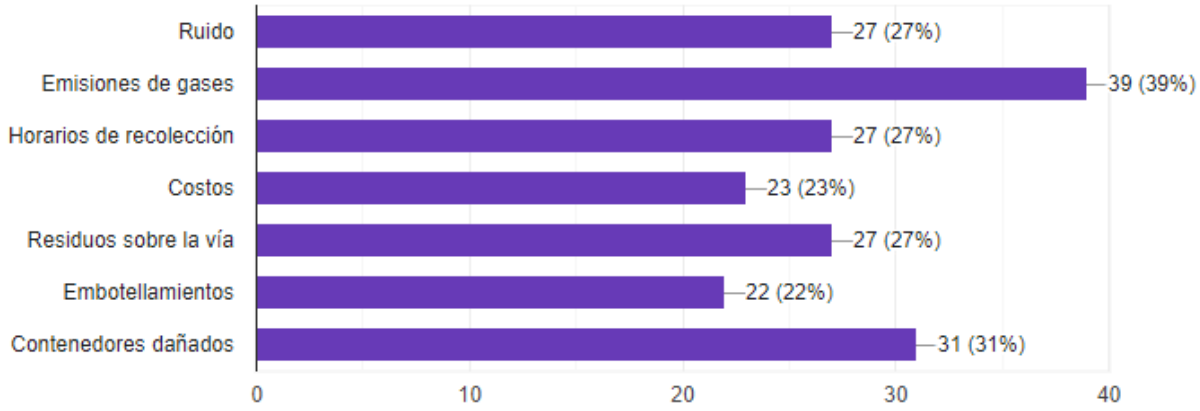
Problemáticas del sistema actual

El principal problema percibido en el sistema de recolección de residuos son las emisiones de gases (39%), lo que indica una preocupación ambiental por la contaminación generada por los vehículos de recolección. los contenedores dañados (31%), lo que sugiere deficiencias en la infraestructura de almacenamiento de residuos. Otros problemas significativos incluyen el ruido (27%), los horarios de recolección (27%) y la presencia de residuos sobre la vía (27%), lo que refleja molestias tanto en la planificación del servicio como en su ejecución. Además, un 23% de los encuestados señala los costos como un inconveniente, mientras que el 22% menciona los embotellamientos causados por los camiones recolectores. Estos resultados evidencian la necesidad de mejoras en la eficiencia

del servicio, la reducción de su impacto ambiental y la optimización de la infraestructura y logística., ver figura 51.

Figura 51.

Opinión sobre las problemáticas del sistema actual



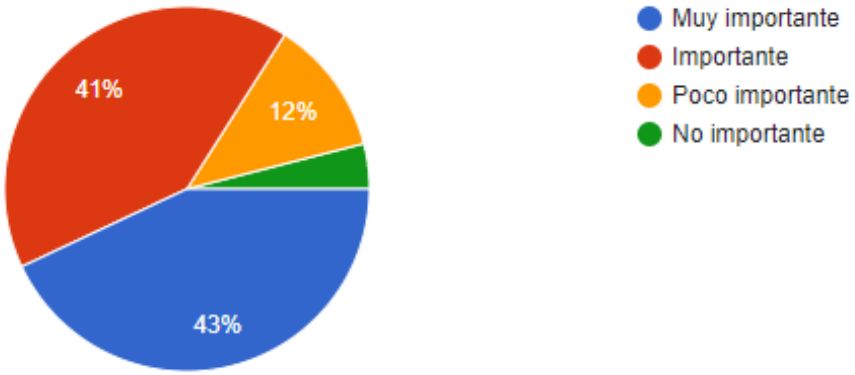
Fuente: Elaboración propia

Políticas de sostenibilidad y uso de VE

Una percepción general de que es muy importante que CORABASTOS adopte políticas de sostenibilidad muestra apoyo al proyecto de movilidad eléctrica, Un 43% lo califica como muy importante, mientras que un 41% lo considera importante, lo que en conjunto representa un 84% de apoyo a la implementación de estrategias sostenibles. Solo un 12% cree que es poco importante, y un pequeño 4% opina que no es importante. Estos datos reflejan una clara tendencia hacia la necesidad de modernizar los sistemas de transporte y recolección de residuos con alternativas más ecológicas y sostenibles. La alta valoración de la sostenibilidad sugiere que la comunidad espera acciones concretas en esta dirección, lo que podría traducirse en mejoras en la calidad del aire, reducción de ruido y optimización del servicio de recolección. Este respaldo público puede ser clave para justificar la inversión inicial necesaria y facilitar la aceptación de nuevas prácticas.

Figura 52.

Opinión sobre la adopción de políticas de sostenibilidad y uso de VE



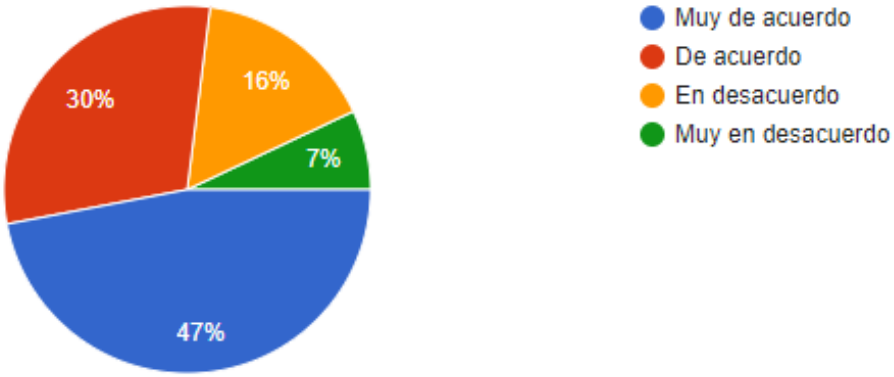
Fuente: Elaboración propia

Inversión en tecnologías sostenibles

La mayoría está Muy de acuerdo o De acuerdo con que CORABASTOS invierta en sostenibilidad, Este respaldo positivo puede fortalecer la argumentación para la implementación de tecnologías como los vehículos eléctricos, facilitando el proceso de toma de decisiones a nivel institucional, Este apoyo general para la inversión en sostenibilidad, lo que podría facilitar la implementación de nuevas tecnologías en el futuro. Ver figura 53.

Figura 53.

Opinión sobre la inversión en tecnologías sostenibles



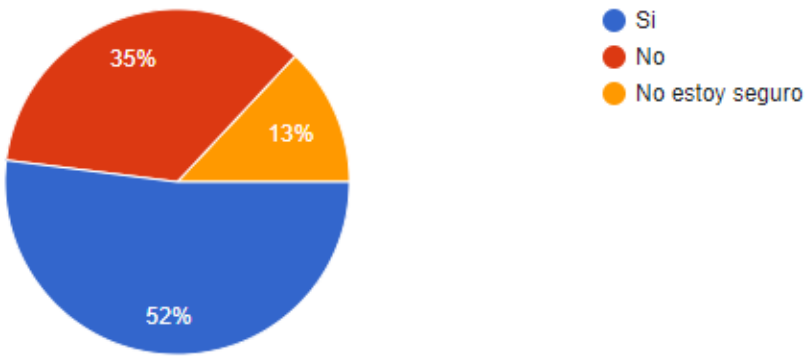
Fuente: Elaboración propia

Reducción de ruido si se implementan VE.

La mayoría de los encuestados (52%) considera que la implementación de vehículos eléctricos en CORABASTOS reduciría la contaminación acústica, reflejando una alta confianza en los beneficios de esta alternativa con VE. Sin embargo, un 35% opina que no habría una disminución del ruido, lo que sugiere que perciben otras fuentes de contaminación sonora, como el tráfico general o la actividad comercial. Además, un 13% no está seguro, lo que podría indicar falta de información sobre el impacto real de los vehículos eléctricos en el ruido ambiental. Estos resultados muestran un respaldo mayoritario a la idea, ver figura 54.

Figura 54.

Opinión sobre la reducción de ruido si se implementan VE



Fuente: Elaboración propia

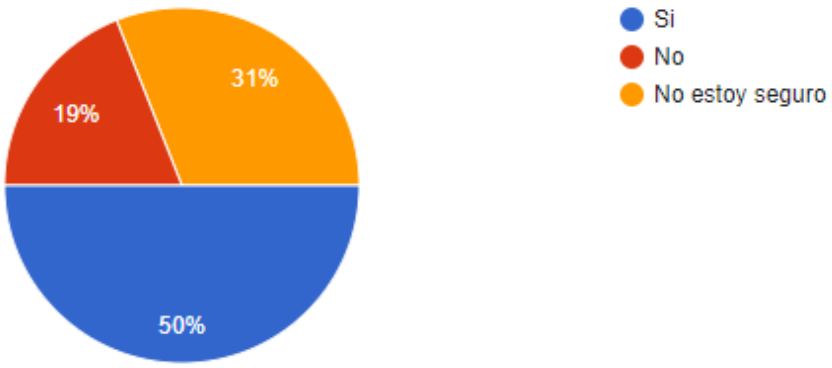
Emisiones de CO_2 de los vehículos actuales**.**

Un 50% de los encuestados considera que los vehículos actuales contribuyen significativamente a la contaminación del aire, un 19% no está de acuerdo y un 31% no está seguro, Aunque no hay una mayoría contundente, muchos perciben que los vehículos

actuales tienen un impacto ambiental negativo, lo que podría respaldar la adopción de vehículos eléctricos, ver figura 55.

Figura 55.

Opinión sobre las emisiones de los vehículos actuales



Fuente: Elaboración propia

El análisis de los datos muestra una inclinación positiva hacia la implementación de vehículos eléctricos en CORABASTOS, impulsada por preocupaciones sobre la sostenibilidad, las emisiones y la contaminación acústica, No obstante, la falta de familiaridad y algunas opiniones divididas destacan la necesidad de campañas informativas y de transparencia en los beneficios y costos de la transición para garantizar la aceptación y el éxito del proyecto.

Conclusiones

El proyecto "Estrategia para el transporte sostenible de los residuos sólidos en La Corporación de Abastos de Bogotá S.A.-CORABASTOS" alcanzó su objetivo general al desarrollar una propuesta técnica y económica viable para optimizar la recolección y transporte de residuos sólidos mediante un modelo basado en movilidad eléctrica. Este sistema demostró ser eficiente, sostenible y alineado con las necesidades operativas de CORABASTOS. Los resultados evidenciaron que la implementación de vehículos eléctricos puede reducir 396 toneladas de CO_2 al año, también, puede generar ahorros bastante significativos en costos operativos y mejorar significativamente las condiciones laborales de los trabajadores. La estrategia planteada no solo responde a las necesidades actuales de la Corporación, sino que también establece un modelo replicable en otras entidades, reforzando su compromiso con la sostenibilidad y la innovación.

El análisis del sistema actual reveló múltiples deficiencias. Los vehículos de combustión interna utilizados (dos camiones compactadores de 25 yardas cúbicas) generan un gasto anual de $103.759.728COP en combustible y $16.000.000COP en mantenimiento. Además, contribuyen significativamente a la emisión de gases contaminantes, el ruido y la vibración, afectando tanto a los operarios como al entorno general de CORABASTOS. Estas ineficiencias resaltaron la necesidad de una transición hacia tecnologías más sostenibles.

Los estudios internacionales en ciudades como Londres, Viena y Sacramento evidenciaron los beneficios tangibles de la movilidad eléctrica, incluyendo ahorros en costos operativos, reducción de emisiones y aceptación social. Por ejemplo, el uso del modelo Volvo FE Electric en Londres logró un ahorro de 300 toneladas de CO_2 por vehículo al año, mientras que Viena ha implementado con éxito sistemas eléctricos apoyados por energía renovable.

Estos casos proporcionaron datos valiosos que guiaron la selección de la tecnología adecuada para CORABASTOS.

Se seleccionó el vehículo CHARLATTE T135 EVO como la mejor alternativa debido a su diseño compacto, su capacidad de transporte mediante un sistema de vagones y su compatibilidad con baterías de litio que ofrecen una autonomía aproximada de 60 km por carga. Además, se propuso la instalación de dos estaciones de carga Altus II con una capacidad de 40 kW, suficientes para satisfacer las necesidades operativas del sistema.

El análisis de costos comparado entre el sistema de recolección de residuos sólidos mediante vehículos diésel y eléctricos evidencia una ventaja sustancial del sistema eléctrico en términos de eficiencia financiera y sostenibilidad operativa. A pesar de que ambos sistemas presentan un Valor Presente de Costos (VPC) elevado, característico de proyectos que no buscan rentabilidad directa sino impacto ambiental y funcional, el sistema eléctrico reduce significativamente el déficit proyectado, pasando de un VPC de $3.381 millones en el sistema diésel a $1.633 millones en el eléctrico.

Los incentivos fiscales contemplados en la Ley 1964 de 2019, el acuerdo 780 de 2020 en Bogotá y el decreto 2051 del 2019 refuerzan la viabilidad del proyecto, facilitando la adquisición de vehículos eléctricos y la instalación de infraestructura de carga.

Bibliografía

Alcaldía de Bogotá. (2021). Decreto 191 de 2021. Alcaldía Mayor. Bogotá.

Ambiente Bogotá. (2018). Gestión de los residuos orgánicos en las plazas de mercado de Bogotá. Recuperado de https://www.ambientebogota.gov.co

Associação Brasileira de Veículos Elétricos - ABVE. (s.f.). Electric Vehicle Market in Brazil. Recuperado de https://abve.org.br/abve-data/

Associação Brasileira de Veículos Elétricos - ABVE. (s.f.). Electric Vehicle Market in Brazil. Recuperado de https://abve.org.br/mercado-de-veiculos-eletricos-plug-in-cresce-200-nos-ultimos-12-meses/

Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz. (2022). Iniciativas de sostenibilidad y movilidad. Recuperado de https://www.ayto-torrejon.es

Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz. (2025). Informe sobre la Implementación de Vehículos Eléctricos en la Flota de Residuos. Recuperado de https://www.ayto-torrejon.es/noticia/nota-de-prensa/el-ayuntamiento-de-torrejon-de-ardoz-cuenta-con-una-flota-de-82-vehiculos

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Study on Waste Transfer Stations in Curitiba.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2021). Hacia una integración sostenible: El potencial de la electromovilidad en América Latina y el Caribe. Recuperado de https://doi.org/10.18235/0003410

(Basingstoke and Deane Borough Council), (Hart District Council), & (Rushmoor Borough Council). (s.f.). Electric Refuse Vehicle Pilot Projects. Recuperado de https://democracy.rushmoor.gov.uk/documents/s11433/Rushmoor%20Borough%20Council%20and%20Hart%20District%20Council%20working%20together%20-%20Appendix%201.pdf

(Basingstoke and Deane Borough Council) & (Rushmoor Borough Council). (Años de los informes de emisiones). Fleet Emission Reports. Recuperado de https://www.rushmoor.gov.uk/recycling-rubbish-and-environment/climate-change-and-biodiversity/climate-change-in-rushmoor/our-climate-change-commitments/

Berliner Stadtreinigung (BSR). (2020). Sustainability Report. Recuperado de https://www.bsr.de/assets/downloads/BSRNachhaltigkeitsbericht2018.pdf

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). (2025). National Strategy for Electric Mobility in Austria. Recuperado de https://www.bmimi.gv.at/en/topics/mobility/alternative_transport/electromobility.html

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (s.f.). Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP). Recuperado de https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderprogramme/wasserstoff-und-brennstoffzelle/

Bundesregierung. (2022). Energiewende: The Energy Transition in Germany. Recuperado de https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/amendment-of-the-renewables-act-2060448

BYD (Build Your Dreams). (2018). BYD Electric Trucks in Sacramento. Recuperado de https://en.byd.com/news/press-release-byd-delivers-first-battery-electric-truck-to-the-port-of-oakland/

BYD Company. (2022). Electric refuse trucks. Recuperado de https://www.byd.com

California Air Resources Board. (2022). Air Quality Improvement Program. Recuperado de https://smartcity.wien.gv.at/wp-content/uploads/sites/3/2022/05/scwr_klima_2022_web-EN.pdf

California Energy Commission. (2025). Statewide Electric Vehicle Fleet Strategy. Recuperado de https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/clean-transportation-program/clean-transportation-funding-areas-0

Castro, R. (2017). Análisis costo-beneficio. Universidad de los Andes. Recuperado de https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/meca/pracademicos/201720/AnalisisCostoBeneficio-RaulCastro-MECA2017-20.pdf

Charlatte Manutention. (2023). Charlatte T135 EVO specifications. Recuperado de https://www.charlatte.com

China Association of Automobile Manufacturers. (2023). China Automotive Industry Yearbook. Recuperado de http://en.caam.org.cn/Index/show/catid/38/id/1717.html

(BYD entrega a Río de Janeiro la mayor flota de camiones de residuos eléctricos fuera de China). (2019). Electric Waste Trucks in Rio de Janeiro: Operational Costs. Recuperado de https://bydelectrico.com/ec/2019/10/07/byd-entrega-a-rio-de-janeiro-la-mayor-flota-de-camiones-de-residuos-electricos-fuera-de-china/*)*

City of Phoenix, Office of Environmental Programs. (s.f.). Phoenix Green City Plan. Recuperado de https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/phoenix_gi_evaluation.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Recuperado de https://www.cepal.org

Comlurb - Companhia Municipal de Limpeza Urbana. (s.f.). About Comlurb. Recuperado de https://comlurb.prefeitura.rio/

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. Recuperado de https://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/Ley_0099_1993.html

Congreso de la República de Colombia. (2019). Ley 1964 de 2019. Diario Oficial. Bogotá.

Congreso de la República de Colombia. (2019). Ley 1972 de 2019. Recuperado de https://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/Ley_0099_1993.html

Congreso de la República de Colombia. (2021). Ley 2128 de 2021. Recuperado de https://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/Ley_0099_1993.html

CORABASTOS. (2022). Anexo Técnico Convocatória Pública N° 005 de 2022. Corporación de Abastos de Bogotá S.A. Bogotá.

CORABASTOS. (s.f.). Nosotros. Recuperado de https://www.corabastos.com.co/nosotros/

DANE. (2015). Metodología General Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario Componente Abastecimiento de Alimentos – SIPSA_A. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá.

DANE. (2023). Estadísticas sobre residuos sólidos en Colombia. Recuperado de https://www.dane.gov.co

Deckymn, S. (2018). Circular Flanders: adaptive policy for a circular economy. En H. Lehmann (ed.), *Factor X: Challenges, Implementation Strategies and Examples for a Sustainable Use of Natural Resources* (pp.). Springer. Cham.*)*

Departamento Nacional de Planeación. (2018). CONPES 3934: Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica. DNP. Bogotá.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). CONPES 3934: Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica. DNP. Bogotá. Recuperado de https://www.dnp.gov.co

Department for Transport. (2021). Transport decarbonisation plan: A fairer, greener transport system.

Department for Transport. (2022). Low Emission Bus Scheme and Air Quality Grants. Recuperado de https://assets.publishing.service.gov.uk/media/646f304c24315700136f4228/lebs-monitoring-report.pdf

E-Tuk Factory. (s.f.). E-Tuk Factory Uruguay. Recuperado de https://mobilityportal.lat/camiones-electricos-reducen-costos/

Enel Américas. (2021, octubre). La movilidad eléctrica y sus ventajas. Recuperado de https://www.enelamericas.com

Enel X. (2023). Colina presenta el primer camión de basura eléctrico del país. Recuperado de https://www.enelx.com/cl/es/historias/2023/01/primer-camion-electrico-recolector-de-basura-en-chile

European Commission. (2025). Strategy for Sustainable and Smart Mobility. Recuperado de https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en

Flechas, A. L. (2006, agosto). Movilidad y transporte: un enfoque territorial. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Fuel Economist. (s.f.). El consumo de combustible para International WorkStar 7600. Recuperado de https://fueleconomist.com/es/international/workstar-7600/

Función Pública. (2021). Decreto 191 de 2021. Recuperado de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=159195

Galvis González, J. A. (2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. *Revista Gestión & Región*, *22*(Julio-diciembre), 7-28.

Gobernación de Boyacá. (2024). Secretaría de Hacienda otorga el 50% de descuento en impuestos a vehículos híbridos y eléctricos. Recuperado de https://www.boyaca.gov.co/secretaria-de-hacienda-otoroga-el-50-de-descuento-en-impuestos-a-vehiculos-hibridos-y-electricos/

Gobierno de España. (2025). Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia - Next Generation EU. Recuperado de https://planderecuperacion.gob.es/

Gotoyard. (s.f.). Tablas de consumo de combustible minicargadores Caterpillar. Recuperado de https://gotoyard.com

Green City Initiative. (2019). Vienna Green City Program. Recuperado de https://www.wien.gv.at/english/environment/green-city.html

GTA Ambiental. (s.f.). Compactación de residuos. Recuperado de https://gtaambiental.com

Heavy-Duty Electric Refuse Truck. (2024). Sacramento Electric Refuse Vehicle Program Report. Recuperado de https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2024-03/CEC-600-2024-010.pdf

HM Revenue & Customs. (s.f.). Vehicle tax rates. Recuperado de https://www.gov.uk/vehicle-tax-rate-tables

ICLEI México. (s.f.). Proyecto Biciclando: Hermosillo, México. Recuperado de https://procurement-notices.undp.org/view_negotiation.cfm?nego_id=29106

Impuestos Verdes - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Impuesto sobre Vehículos Automotores. Recuperado de https://beneficios-tributarios.minambiente.gov.co/impuesto-sobre-vehiculos-automotores/

Impuestos Verdes - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Reducción en el Arancel para Vehículos Eléctricos o con Funcionamiento Exclusivo a Gas Natural. Recuperado de https://beneficios-tributarios.minambiente.gov.co/reduccion-en-el-arancel-para-vehiculos-electricos-o-con-funcionamiento-exclusivo-a-gas-natural/

Incentivos para Vehículos Eléctricos en Chile Agencia de Sostenibilidad Energética (Chile). (2020). Incentives for Electric Vehicles in Chile. Recuperado de https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/Estudio%20Electromovilidad%20Capital%20Humano.pdf

Incentivos para Vehículos Eléctricos en China: Ministry of Finance of the People's Republic of China. (2020). Notice on the Financial Subsidy Policy for the Promotion and Application of New Energy Vehicles.

Incentivos para Vehículos Eléctricos en Uruguay: Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay. (s.f.). Políticas de Movilidad Eléctrica en Uruguay. Recuperado de https://www.olade.org/wp-content/uploads/2023/03/MOVILIDAD-URUGUAY-V21.pdf

Incentivos para Vehículos Eléctricos en el Reino Unido Office for Zero Emission Vehicles. (s.f.). Government grants for low-emission vehicles.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2023). Censo Demográfico 2022: Rio de Janeiro. Recuperado de https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama

Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC. (s.f.). Curitiba Urban Planning. Recuperado de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/SMART%20CITIES/2018/4_Linha%20Verde%20Curitiba_GMEDEIROS.pdf

Intendencia de Montevideo. (s.f.). Planificación Urbana de Montevideo. Recuperado de https://montevideo.gub.uy/montevideo-mas-verde

Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). Monografía Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia. Medellín.

Kim, H., Park, J., & Lee, S. (2023). Stakeholder analysis for circular governance of electric vehicle batteries in South Korea. *Journal of Cleaner Production*, *400*, 136701.

(La Alianza Mundial por el Clima/Programa de la UE). (2020). Green City Initiative Report: Viena. Recuperado de https://environment.ec.europa.eu/news/42-signatories-green-city-accord-report-steady-ambition-2030-2025-02-20_en

(London electric vehicle infrastructure delivery plan). (2019). London's Electric Vehicle Fleet Expansion Plan. Recuperado de https://lruc.content.tfl.gov.uk/tfl-london-electric-vehicle-infrastructure-delivery-plan.pdf

LONDON-WIDE ULTRA LOW EMISSION ZONE – ONE YEAR REPORT. (2025). London's Municipal Fleet Emission Reduction Report. Recuperado de https://content.tfl.gov.uk/london-wide-ulez-one-year-report.pdf

Mack Trucks. (2022). Mack LR Electric. Recuperado de https://www.macktrucks.com

Magistratsabteilung 48 - Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark. (2021). Sustainability Report of MA 48. Recuperado de https://www.iswa.org/blog/platinum-members/platinum-city-of-vienna/?v=42983b05e2f2

MAN Truck & Bus. (s.f.). MAN eTGM in Urban Waste Management: The Case of Vienna. Recuperado de https://smartcity.wien.gv.at/en/electic-powered-waste-collection-vehicle/

Maricopa Association of Governments. (s.f.). Air Quality in the Maricopa Region. Recuperado de https://www.tucsonsentinel.com/local/report/100223_az_air_quality_esp/calidad-del-aire-en-maricopa-vinculada-problemas-de-salud/

Mayor of London. (2025). Ultra Low Emission Zone (ULEZ). Recuperado de https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/environment-and-climate-change/environment-and-climate-change-publications/london-wide-ultra-low-emission-zone-one-year-report

Mercado de Bicicletas Eléctricas en México. (2017).

Michelin Connected Fleet. (s.f.). Calcular emisiones de CO_2: ¿Cómo calcular el CO_2 de los vehículos de tu flota? Recuperado de https://connectedfleet.michelin.com

Ministerio de Ambiente. (2002). Decreto 1713 de 2002. Ministerio de Ambiente. Bogotá.

Ministerio de Ambiente. (2016). Decreto 596 de 2016. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co

Ministerio de Ambiente. (2019). Ley 1972 de 2019. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1972-2019.pdf

Ministerio de Ambiente. (2021). Resolución 138 de 2021. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co

Ministerio de Economía, Trade and Industry of Japan. (2018). Next-Generation Vehicle Strategy. Recuperado de https://www.cev-pc.or.jp/event/pdf/xev_in_japan_eng.pdf

Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay. (s.f.). Políticas de Movilidad Eléctrica en Uruguay. Recuperado de https://www.olade.org/wp-content/uploads/2023/03/MOVILIDAD-URUGUAY-V21.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2021). Resolución 40215 de 2021. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co

Ministerio de Transporte. (2017). Decreto 1116 de 2017. Recuperado de https://www.secretariasenado.gov.co

Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2020). National Strategy for Sustainable Development. Recuperado de https://www.chileagenda2030.gob.cl/storage/docs/Estrategia_de_Implementacion_Agenda2030.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024). Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/estrategia_esp_movilidad.html

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. (2024). Torrejón de Ardoz Municipal Photovoltaic Plant. Recuperado de https://boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2024-16026

Ministry of the Environment, Japan. (2020). State of Waste Management in Japan. Recuperado de https://www.mdpi.com/2071-1050/16/17/7347

Ministry of Trade, Industry and Energy of South Korea. (2021). The Third Basic Plan for Environment-Friendly Vehicle Promotion.

Mintransporte. (s.f.). Normatividad Asociada. Recuperado de https://mintransporte.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=28840

(mordorintelligence). (2017). Electric Bicycle Market in Mexico. Recuperado de https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/mexico-e-bike-market

Objetivos de Reducción de Emisiones del Reino Unido Department for Transport. (2021). Transport decarbonisation plan: A fairer, greener transport system.

Observatorio de Movilidad de Bogotá. (s.f.). Vehículos de Cero y Bajas Emisiones. Recuperado de https://observatorio.movilidadbogota.gov.co/movilidad-en-cifras/vehiculos-de-cero-y-bajas-emisiones

Office for Zero Emission Vehicles. (s.f.). Government grants for low-emission vehicles.

Phoenix Public Works. (2020). City of Phoenix Public Works: Sustainability report. Recuperado de https://www.phoenix.gov/publicworks

Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (PNGIRS). (s.f.). Recuperado de https://www.minambiente.gov.co

Portal ANI. (2021). Decreto 191 de 2021. Recuperado de https://www.ani.gov.co/decreto-191-de-2021

Portal ANI. (2023). Decretos. Recuperado de https://www.ani.gov.co/normas/decretos

Prefeitura de Curitiba. (s.f.). Programa Câmbio Verde. Recuperado de https://iuc.eu/fileadmin/user_upload/Regions/iuc_lac/user_upload/Curitiba_-_Programa_Cambio_Verde.pdf

Prefeitura de Curitiba. (2024). Curitiba reforça limpeza urbana com caminhão elétrico da Volvo. Recuperado de https://latamobility.com/curitiba-refuerza-el-servicio-de-limpieza-de-la-ciudad-con-camion-electrico-de-volvo/

Producción de Vehículos Eléctricos en China: China Association of Automobile Manufacturers. (2023). China Automotive Industry Yearbook.

Proyecto Biciclando: Hermosillo, México. (s.f.).

Reciclaje de Baterías de Vehículos Eléctricos en China: Report on Electric Vehicle Battery Recycling in China.

Reciclaje de Vehículos al Final de su Vida Útil en Corea del Sur Report on End-of-Life Vehicle Management in South Korea.

Renault Trucks. (2021). Renault Trucks D Wide Z.E. para la Recogida de Residuos en Torrejón de Ardoz. Recuperado de https://mobilityportal.lat/renault-trucks-entrega-el-primer-camion-100-electrico-para-recoger-residuos/

Renault Trucks. (2022). D Wide Z.E. Electric. Recuperado de https://www.renault-trucks.com

Report on Electric Vehicle Battery Recycling in China.

Report on End-of-Life Vehicle Management in South Korea.

(REUSE/Programa de Reutilización de Baterías). (2025). Battery Reuse Project in Vienna. Recuperado de https://www.reuse-batteries.eu/

Sacramento Municipal Utility District (SMUD). (2018). Fleet Electrification Program. Recuperado de https://www.smud.org

Sacramento Municipal Utility District (SMUD). (2025). Electric Vehicle Charging Infrastructure. Recuperado de https://www.smud.org/Going-Green/Electric-Vehicles/Residential/Managed-EV-Charging

Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. CEPAL.

Secretaría Distrital de Hacienda. (s.f.). Impuesto sobre Vehículos Automotores. Recuperado de https://www.haciendabogota.gov.co/es/impuestos/impuesto-sobre-vehiculos-automotores/

Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá. (2023). secretaría distrital de movilidad. Recuperado de https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=40815&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME

Secretaría de Energía, México. (s.f.). Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832517/2.3.ENME.pdf

Semana.com. (2025). Impuesto vehicular 2025: Fechas de pago y descuentos. Recuperado de https://www.semana.com/vehiculos/articulo/impuesto-vehicular-2025-en-bogota-como-descargar-la-factura-proceso-para-calcularlo-y-fecha-para-aprovechar-el-descuento/202536/

State Council of the People's Republic of China. (2013). Notice on Printing and Distributing the Development Plan of Energy Saving and New Energy Vehicle Industry (2012-2020). Recuperado de https://mddb.apec.org/documents/2012/AD/AD2/12_ad2_006.pdf

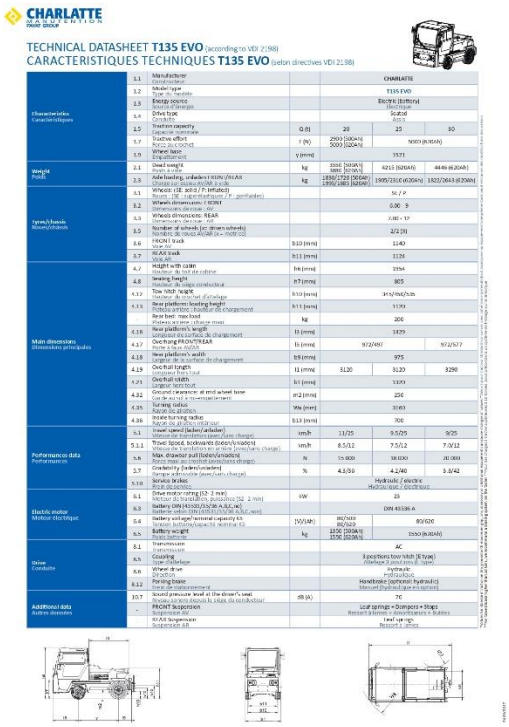
SUIN-Juriscol. (2019). LEY 1964 DE 2019. Recuperado de https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30036636

(Documento de planificación urbana o de movilidad de la Ciudad de Viena). (2019). Vienna's Roadmap to a Fully Electric Municipal Fleet. Recuperado de https://smartcity.wien.gv.at/en/electic-powered-waste-collection-vehicle/

Volvo Trucas. (2023). Volvo FE Electric. Recuperado de https://www.volvotrucks.com

Anexos

Ficha técnica del vehículo seleccionado



CHARLATTE MANUTENTION FAYAT GROUP

TECHNICAL DATASHEET **T135 EVO** (according to VDI 2198)
CARACTERISTIQUES TECHNIQUES **T135 EVO** (selon directives VDI 2198)

Characteristics / Caractéristiques	1.1	Manufacturer / Constructeur		CHARLATTE		
	1.2	Model / type / Type du modèle		T135 EVO		
	1.3	Energy source / Energie		Electric (Battery) / Electrique		
	1.4	Drive type / Conduite		Seated / Assis		
	1.5	Traction capacity / Capacité nominale	Q (t)	20	15	10
	1.7	Tractive effort / Force au crochet	F (N)	2900 (100A h) 3600 (120A h)	5000 (K20Ah)	
	1.9	Wheel base / Empattement	y (mm)	1571		
Weight / Poids	2.1	Dead weight / Poids à vide	kg	3550 (100Ah) 3800 (120Ah)	4215 (K20Ah)	4446 (K20Ah)
	2.3	Axle loading, unladen / With/ Rear / Charge sur essieux AV/AR à vide	kg	1890/1720 (100Ah) 1890/1880 (120Ah)	1905/2310 (K20Ah)	1822/2663 (K20Ah)
Tyres / chassis / Roues / châssis	3.1	Wheels (SE, solid / PneuMatic) / Roues (SE : superelastique / PN : gonflables)		SE / P		
	3.2	Wheels dimensions / FRONT / Dimensions de roues : AV		6.00 - 9		
	3.3	Wheels dimensions / REAR / Dimensions de roues : AR		7.00 - 12		
	3.5	Number of wheels (or drive wheels) / Nombre de roues AV/AR (+ = motrices)		2/2 (2)		
	3.6	FRONT track / Voie AV	b10 (mm)	1140		
	3.7	REAR track / Voie AR	b11 (mm)	1124		
Main dimensions / Dimensions principales	4.7	Height with cabin / Hauteur du toit de cabine	h6 (mm)	1954		
	4.8	Seating height / Hauteur du siège conducteur	h7 (mm)	805		
	4.12	Tow hitch height / Hauteur du crochet d'attelage	h10 (mm)	345/450/535		
	4.13	Rear platform loading height / Hauteur de la surface de chargement	h11 (mm)	1130		
		Rear bed / Max load / Plateau arrière / charge max	kg	200		
	4.16	Rear platform's length / Longueur de la surface de chargement	l1 (mm)	1429		
	4.17	Overhang FRONT/REAR / Porte à faux AV/AR	l5 (mm)	972/497	972/577	
	4.18	Rear platform's width / Largeur de la surface de chargement	b9 (mm)	975		
	4.19	Overhall length / Longueur hors tout	l1 (mm)	3120	3120	3290
	4.21	Overhall width / Largeur hors tout	b1 (mm)	1300		
	4.32	Ground clearance at mid-wheel base / Garde au sol à l'essieu (arrière)	m2 (mm)	250		
	4.35	Turning radius / Rayon de giration	Wa (mm)	3163		
	4.36	Inside turning radius / Rayon de giration intérieur	b13 (mm)	700		
Performances data / Performances	5.1	Travel speed (laden/unladen) / Vitesse de translation (avec/sans charge)	km/h	11/25	9.5/25	9/25
	5.1.1	Travel speed, backwards (laden/unladen) / Vitesse de translation arrière (avec/sans charge)	km/h	8.5/12	7.5/12	7.5/12
	5.8	Max. drawbar pull (laden/unladen) / Force max au crochet (avec/sans charge)	N	15 000	18 000	20 000
	5.7	Gradeability (laden/unladen) / Rampe admissible (avec/sans charge)	%	4.3/16	4.2/40	3.8/42
	5.10	Service brakes / Frein de service		Hydraulic / electric / Hydraulique / électrique		
Electric motor / Moteur électrique	6.1	Drive motor rating (S2 - 2 min) / Puissance moteur traction (S2 - 2 min)	kW	23		
	6.3	Battery DIN 43535/35/36 A (LC, HC) / Batterie selon DIN 43535/35/36 A (LC, HC)		DIN 43536 A		
	6.4	Battery voltage/nominal capacity K5 / Tension batterie/capacité nominale K5	(V/Ah)	80/320 80/620	80/620	
	6.5	Battery weight / Poids batterie	kg	1350 (100Ah) 1550 (120Ah)	1550 (K20Ah)	
Drive / Conduite	8.1	Transmission / Transmission		AC		
	8.5	Coupling / Type d'attelage		3 positions tow hitch (E type) / Attelage 3 positions (E type)		
	8.6	Wheel drive / Frein roue		Hydraulic / Hydraulique		
	8.12	Parking brake / Frein de stationnement		Handbrake (optional: hydraulic) / Manuel (hydraulique en option)		
Additional data / Autres données	10.7	Sound pressure level at the driver's seat / Niveau sonore mesuré à siège du conducteur	dB (A)	76		
		FRONT Suspension / Suspension AV		Leaf springs + Dampers + Stops / Ressort à lames + amortisseurs + Butées		
		REAR Suspension / Suspension AR		Leaf springs / Ressort à lames		

The technical data of this datasheet are given for information purposes only. They are based on the standard machine and may be modified without prior notice. Some of the illustrations may show optional equipment.

Ficha técnica del cargador Altus II.

CARGADOR REDEFINIDO PARA EXTERIORES

POR LA EMPRESA QUE INVENTÓ LA CARGA RÁPIDA

eAero
ESTEBAN ARROYO AERONÁUTICA S.L.
C/Alas 24
28042 - Madrid - ESPAÑA
CIF: B-87358143
Tlf.:+34 91 3055483, Cel: +34 605 846 510
E-mail: info@eaero.es

Minit Charger, pionero de la tecnología de carga rápida, ha subido el listón de nuevo. Estamos orgullosos de presenter el **ALTUS**; el cargador más innovador – en tecnología, eficiencia y estética.

La cartera de productos de Minit Charger emplea la tecnología de carburo de silicio (SiC), conocida por su alta eficiencia, su tolerancia a temperaturas de funcionamiento más altas y tamaño compacto, para mejorar el rendimiento, y reduclr los costes de adquisición y de mantenimiento.

Ahorre en costes de instalación y en valiosos bienes inmuebles, reduzca la huella de carbono y aumente el tiempo de actividad con la reducción del tiempo de carga.

ALTUS está integrado en Assetpro 360, nuestra Plataforma en la nube para ayudar a las partes interesadas a administrar cargadores y baterías.

CARACTERÍSTICAS DESTACADAS

- Cargador inteligente, compacto y conectado a la nube con dos puertos
- **Actualizable sobre el terreno para baterías de litio de alto voltaje**
- **Puede coexistir con otras marcas de cargadores**
- Carga 2 baterías completamente agotadas en unas 3 horas
- La carga adaptativa y la tecnología patentada prolongan la vida de la batería
- Estudio periódico de la energía para evaluar la eficiencia de los cargadores/baterías
- Instalación rápida y fácil resolución de problemas
- Monitorización remota de cargadores y GSE
- Facturación automatizada de la carga de las compañías aéreas y los usuarios de GSE

SOBRE MINIT CHARGER

Con más de 1.000 cargadores instalados en todo el mundo en los principales aeropuertos, Minit Charger no es ajeno al exigente funcionamiento de los eGSE en los aeropuertos más concurridos. El diseño de estos productos refleja nuestros años de experiencia en tecnología punta, facilidad de instalación y diagnóstico remoto del cargador y las baterías.

La tecnología eGSE está evolucionando a un ritmo rápido, y nuestros cargadores pueden satisfacer esas necesidades a medida que surgen, a diferencia de nuestros competidores.

MINIT CHARGER

ASSETPRO 360

GESTIÓN DE GSE CONECTADO A LA NUBE

- BMS conectado a la nube
- GPS habilitado
- Registro del contador de horas

AssetPro 360 es una plataforma en la nube fácil de usar para gestionar cualquier activo con motor. Imagínese que un portal le da visibilidad 24/7 de su operación de activos.

Obtenga información valiosa sobre el funcionamiento de cada activo y de cada sitio. Los informes automatizados sobre las excepciones y el rendimiento de los activos le mantienen informado sin apenas esfuerzo.

CELLTRAC - Sistema versátil para baterías y equipos
CellTrac es una solución integral de supervisión de baterías y equipos. Registra la corriente de la batería, los Ah, la tensión, la temperatura, el nivel de electrolito y el SoC. CellTrac también registra el perfil de la batería para una carga óptima.

Registro de horas de uso
CellTrac también registra las horas de uso y las envía a AssetPro diariamente.

Seguimiento de la ubicación
¿Dificultad para localizar los activos? Ahorre tiempo y trabajo con el GPS integrado.

ESPECIFICACIONES

ESPECIFICACIONES SUJETAS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO

ALIMENTACIÓN DE ENTRADA	Tensión nominal de entrada	340-520VAC, 3 fases (4 hilos), 50/60 Hz
	Corriente nominal de entrada	50A @ 480VAC
	Factor de potencia	>0.95
	Eficiencia máxima	>94%
POTENCIA DE SALIDA	Potencia nominal de salida	40kW
	Rango de tensión de salida	24-120VDC
	Corriente de salida	400A Max
PROTECCIÓN	Protección	Sobrecorriente, sobretensión, subtensión, cortocircuito, fallo a tierra, sobretemperatura
INTERFAZ	LCD gráfico	Panel táctil resistivo de 7"
COMUNICACIÓN	Comunicación con la nube	Wi-Fi, Celular o Ethernet
	Módulo de batería Comm.	CAN y/o Bluetooth (BLE)
MEDIO AMBIENTE	Temperatura de funcionamiento	-25º hasta +50º C
	Dimensiones/peso	22"H x 20"W x 12"D, 59 kg
	Montaje	Montaje en pared o en pedestal
REGULACIÓN	Conformidad	Clasificación UL 1565 para exteriores

CONTÁCTANOS

ESTEBAN ARROYO AERONÁUTICA S.L.
C/Alas 24
28042 – Madrid - ESPAÑA
eAero
Tlf.:+34 91 3055483, Cel: +34 605 846 510
E-mail: info@eaero.es