

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS
DE TRANSPORTE URBANO

**Propuesta para mejorar el Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses, Corredor
Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN INGENIERÍA EN
SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO**

PRESENTA:

DANIEL ARMANDO QUIROZ RUIZ

DIRECTOR

M. EN I. FRANCISCO GERARDO ALVARADO ARIAS

Ciudad de México, agosto de 2018

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS[©]

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

DEDICATORIA.

Este libro se lo dedico a con todo mi cariño a mis Padres: Ofelia y Edmundo por apoyarme incondicionalmente en todo momento, sin su ayuda este sueño hubiera sido más complicado.

A mi Familia: Boncho, Toño, Fernanda, Daniela, Paty y Ale por estar siempre con migo y formar parte indispensable de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Organismo Servicio de Transportes Eléctricos (STE), a la Dirección y Gerencia de Transportación de esta dependencia, por el apoyo absoluto que se otorgara para realizar esta investigación; y particularmente al Ingeniero José Ignacio García Hernández, por la atención y tiempo para atender siempre que se le requería hacer una consulta.

Al Subjefe de Instrucción Operativa del STE Sergio Paul Borja Macías, por la información y el conocimiento que transmitió para concluir con este trabajo. Se admira la pasión con que desempeña su labor, Sr. Borja gracias por la paciencia y el tiempo; de igual manera se agradece a su equipo de trabajo que siempre se mostró atento y cortés a las solicitudes.

A la Universidad Autónoma de México (UACM), por permitirme vivir esta experiencia, por todo el conocimiento otorgado; a la Coordinación de Servicios Estudiantiles de esta casa de estudios por la beca que se me otorgara para realizar la impresión y empastado de esta tesis.

A Yazmin Pineda Reyes y Alejandra Santiago Soriano, por el apoyo incondicional que concedieran para la realización de los estudios aún en días lluviosos y mostrarse interesadas en el término de este trabajo.

Al M. en I. Francisco Alvarado Arias, por el conocimiento, apoyo y experiencias que deja a lo largo de mi vida y formación académica, por el compromiso que asumiera para dirigir esta tesis, a las exigencias y ánimos que diera cuando no se veía fin a este trabajo. Muchas gracias Profe por creer en mí.

A mis Padres María Ofelia Ruiz Cortes y Edmundo Rene Quiroz Zamudio, por regalarme la vida y el esfuerzo que hacen para darme educación y sustento, por el amor y cariño que me han brindado. Los quiero, muchas gracias por todo.

A mis hermanos Edmundo Idelfonso y José Antonio Quiroz Ruiz, por su amistad y apoyo para cumplir con esta etapa de la vida, por su motivación por mejorar.

A mis sobrinas Fernanda Paola y Daniela Alejandra Quiroz Osorio, por alegrarme la vida y ser una motivación para superarse y seguir adelante.

A Alejandra Santiago Soriano, por acompañarme y hacerme feliz en esta etapa de la vida, por motivarme y estar con migo en los momentos difíciles, por sus ánimos e interés por concluir con esta tesis, por su cariño y amor. Te amo Ale.

A Dios, por la vida, salud y las oportunidades que me ha otorgado, para concluir con esta tesis.

ÍNDICE

“Propuesta para Mejorar el Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses, Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas”.

Objetivo General.....	1
Objetivos Particulares.....	1
Justificación.....	1
Introducción.....	2
Capítulo I. El trolebús como tecnología de transportación urbana.....	4
I.1. Autobús eléctrico alimentado por línea aérea de contacto o trolebús.....	4
I.1.1. Origen de la tracción eléctrica en los servicios de transporte público.....	4
I.1.2. Evolución de los sistemas de trolebuses alrededor del mundo.....	6
I.1.2.1. Expansión de las redes de trolebuses.....	6
I.1.2.2. Actualidad de las redes de trolebuses.....	7
I.2. El trolebús como tecnología de transportación urbana.....	8
I.2.1. Funcionamiento básico de un trolebús.....	8
I.2.2. Infraestructura principal para la operatividad del trolebús.....	10
I.2.2.1. Características generales y funcionamiento de la Línea Elevada.....	10
I.2.2.2. Características generales y funcionamiento de las Subestaciones.....	11
I.2.3. Características tecnológicas del trolebús moderno y propiedades que contribuyen a la reducción de emisiones contaminantes y cambio climático.....	13
I.2.3.1. Unidad de piso bajo o entrada baja.....	13
I.2.3.2. Capacidades vehiculares.....	14
I.2.3.3. Autonomía.....	16
I.2.3.4. Eficiencia energética y frenado regenerativo.....	17
Capítulo II. Operación de la red de trolebuses de la Ciudad de México.....	18

II.1. El trolebús en la Ciudad de México.	18
II.1.1. El Servicio de Transporte Eléctrico en el Distrito Federal.	18
II.1.2. La creación de los ejes viales y la reestructuración de la red de trolebuses hacia 1980.	19
II.2. Evolución de los servicios de trolebuses en las cuatro últimas décadas.	24
II.2.1. Expansión de la red de trolebuses en 1980.	25
II.2.2. Los servicios de trolebuses de finales del siglo XX.	25
II.2.3. Actualidad del transporte eléctrico de superficie en la Ciudad de México.	28
Capítulo III. Caracterización del Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses “Corredor Cero Emisiones” Eje Central Lázaro Cárdenas.	30
III.1. Enfoque de función de utilidad de los servicios de transporte, según (Sussman, 2000).	30
III.1.1. Caracterización del Nivel de Servicio.	31
III.1.2. “Tiempo” una variable fundamental en el NS del transporte público de pasajeros. .	34
III.2. Trato preferencial al transporte público de pasajeros de superficie en la Ciudad de México.	35
III.3. Enfoque de calidad del servicio (Método de Ishikawa) aplicado a la Línea A de Trolebuses.	36
Capítulo IV. Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses “Corredor Cero Emisiones” Eje Central Lázaro Cárdenas.	39
I.V.1. Metodología para determinar el Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses “Corredor Cero Emisiones” Eje Central Lázaro Cárdenas.	39
IV.2. Percepción actual del Nivel de Servicio ofrecido a los usuarios de la Línea A de Trolebuses, Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.	42
IV.2.1. Información general de los usuarios de la Línea A de Trolebuses.	42
IV.2.2. Evaluación y diagnóstico del Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses.	45
IV.3. Análisis de calidad de la Línea “A” de Trolebuses Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas, con relación al Modelo de Ishikawa.	53
IV.3.1. Planes e itinerarios de operación.	53

IV.3.2. Personal operativo.....	56
IV.3.3. Equipo de transporte (trolebuses).....	57
IV.3.4. Infraestructura para el servicio.....	60
V. Propuestas y recomendaciones para mejorar el Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.	65
V.1. Propuestas para mejorar la operación de la Línea A de Trolebuses, sin costo adicional.....	65
V.1.1. Garantizar los tiempos de recorrido.	65
V.1.2. Control y eficiencia en las labores del personal operativo y de supervisión.	66
V.1.3. Seguridad y vigilancia de la infraestructura y del servicio.	67
V.2. Propuestas de bajo costo que contribuirían a mejorar el servicio de la Línea A.	68
V.2.1. Acciones orientadas al comportamiento de los usuarios.....	68
V.2.2. Trabajos orientados al mantenimiento de señalización horizontal y vertical.....	69
V.2.3. Trabajos orientados al mantenimiento de los trolebuses.	70
V.2.4. Acciones orientadas al mantenimiento de infraestructura eléctrica y línea elevada.	71
V.3. Propuestas de sustitución de equipo e infraestructura de mayor costo.	71
V.3.1. Propuestas orientadas al derecho de vía.....	71
V.3.2. Propuestas de sustitución de paradas y terminales.	73
V.3.3. Implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).	74
V.3.4. Alternativas para reemplazar a los trolebuses actuales.	77
V.I. Conclusiones y Recomendaciones.....	81
V.I.1. Conclusiones.	81
V.I.1. Recomendaciones.	83
Glosario.....	85
Bibliografía y Referencias.	88
Mesografía.....	88

Índice de figuras

Figura 1. Primera locomotora de tracción eléctrica del mundo, Berlín, Alemania (1879).....	4
Figura 2. Elektromote: Primer vehículo eléctrico alimentado por vía aérea o catenaria.....	5
Figura 3. Funcionamiento del trolebús.....	8
Figura 4. Esquema general de línea elevada.....	11
Figura 5. Unidad de piso bajo vs unidad de acceso bajo.....	14
Figura 6. Gráfica Velocidad vs Capacidad de Línea para la selección del modo de transporte.	16
Figura 7. Trolebús Westram, adquirido en el año de 1945 por el STE.....	18
Figura 8. Red de ejes viales de la Ciudad de México.....	20
Figura 9. Configuración típica de una vialidad antes de transformarse en Eje Vial (Avenida urbana en 1978).	21
Figura 10. Configuración típica de eje vial (1979).	22
Figura 11. Intersección de ejes viales.....	22
Figura 12. Unidad de Soporte Múltiple (USM).....	23
Figura 13. Concepto funcional de eje vial, integrando servicios de transporte público en ambos sentidos de circulación.....	24
Figura 14. Trolebús serie 9700 y 9800.....	25
Figura 15. Red de trolebuses del STE, (año 2000).	27
Figura 16. Red de trolebuses del STE, (año 2017).	29
Figura 17. Variables cualitativas del Nivel de Servicio.	31
Figura 18. Concepto funcional BRS, "Corredor Cero Emisiones" Eje Central Lázaro Cárdenas.	35
Figura 19. Concepto funcional BRT, Metrobús línea 2 estación UPIICSA.....	36
Figura 20. Modelo de Ishikawa aplicado a la operación de la Línea A de Trolebuses Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.....	38
Figura 21. Encuesta aplicada a los usuarios de la Línea A de Trolebuses.....	39

Figura 22. Conectividad de la Línea A de trolebuses, con vialidades, modos y servicios de transporte de la Ciudad de México.....	46
Figura 23. Línea "A" de Trolebuses "Corredor Cero Emisiones" Eje Central Lázaro Cárdenas.	53
Figura 24. Parada Madero, deficiencias para alojar a los usuarios.	61
Figura 25. Parada Madero, descenso de pasajeros metros antes de la parada.	61
Figura 26. Obstrucción de carril por un vehículo de emergencia.....	62
Figura 27. Esquema técnico de Línea Elevada.	63
Figura 28. Elemento de confinamiento propuesto para la Línea A de Trolebuses.....	72
Figura 29. Adecuaciones propuestas en el Eje Central Lázaro Cárdenas en el Centro Histórico para evitar la invasión peatonal del carril.	73
Figura 30. Esquema general de Sistemas Inteligentes de Transporte propuestos para la Línea A de Trolebuses.	74

Índice de diagramas

Diagrama 1. Diagrama eléctrico de una subestación, para alimentación de la línea elevada del trolebús.....	12
--	----

Índice de tablas

Tabla 1. Configuraciones vehiculares disponibles en el mercado actual de trolebuses.....	15
Tabla 2. Líneas de trolebuses del STE, (año 2000).	26
Tabla 3. Líneas operativas de trolebuses del STE, (año 2017).	28
Tabla 4. Frecuencia de uso de usuarios encuestados.	44
Tabla 5. Porcentaje de usuarios regulares.....	45
Tabla 6. Porcentaje de usuarios eventuales.	45
Tabla 7. Cómo llegan los usuarios a la parada para utilizar el servicio.	46
Tabla 8. Desplazamiento y conectividad de los usuarios al bajar del trolebús.....	47
Tabla 9. Porcentaje de usuarios que abordan a la primera unidad que pasa.	47

Tabla 10. Motivo por el cual no abordan a la primera unidad que pasa.	48
Tabla 11. Porcentaje de unidades que deja pasar el usuario, para poder abordar.....	48
Tabla 12. Tiempo estimado de espera por usuarios para abordar el trolebús.	49
Tabla 13. Percepción del Nivel de Servicio.	49
Tabla 14. Calificación de variables para determinar el Nivel de Servicio.....	50
Tabla 15. Disposición a pagar si el servicio mejora.....	52
Tabla 16. Planes de operación del Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.....	55
Tabla 17. Variación de tiempos de recorrido y ciclo en la Línea A.	55
Tabla 18. Porcentaje y número de fallas en los trolebuses de la Línea A, que fueron motivo de ingreso a los depósitos.	58
Tabla 19. Información necesaria para mejorar el servicio.	68
Tabla 20. Alternativas para sustituir a los trolebuses de la Línea A.....	78

Índice de gráficas.

Gráfica 1. Pasajeros transportados por la Línea "A" de Trolebuses "Corredor Cero Emisiones" Eje Central Lázaro Cárdenas, periodo 2014-2016.	40
Gráfica 2. Porcentaje de mujeres y hombres encuestados.	42
Gráfica 3. Rango de edades de los usuarios del Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.	43
Gráfica 4. Ocupación de usuarios del Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.	43
Gráfica 5. Porcentaje de usuarios encuestados por sentido.....	44

Objetivo General.

- Identificar y evalúa las variables que el usuario de la Línea A de Trolebuses Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas, atribuye a la calidad del servicio que recibe; para que a partir de dicho conocimiento proponer acciones que permitirán al Servicio de Transportes Eléctricos (STE), oferta de un servicio de mayor calidad.

Objetivos Particulares.

- Analizar desde diversos enfoques, el concepto de calidad del transporte para el usuario, también conocido como utilidad o nivel de servicio.
- Desarrollar una metodología para cuantificar y evaluar el nivel de satisfacción, mediante la opinión y experiencia de los propios usuarios.
- Interpretar el grado de satisfacción que el usuario experimenta por la calidad del servicio que la Línea A de Trolebuses le proporciona.
- En función de la interpretación, identificar las áreas de oportunidad para mejorar la calidad del servicio.
- Generar recomendaciones para potenciar el Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses buscando garantizar:
 - Accesibilidad universal.
 - Rapidez.
 - Seguridad y confianza en el servicio.
 - Salvaguardar el concepto de Eje vial y Corredor de Transporte.
 - Nulas emisiones contaminantes al medio ambiente en el lugar de operación.

Justificación.

- La Secretaria de Movilidad (SEMOVI) y los tomadores de decisiones, refieren que el transporte público de pasajeros en la Ciudad de México y Zona Metropolitana ha mejorado sus estándares de calidad; registrando mayor aceptación por los usuarios, sin embargo, se carece de un análisis técnico que lo sustente, pues no existe registro alguno que respalde el grado de satisfacción y experiencia que los consumidores tienen de los diversos servicios de transporte que se le ofrecen.
- En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), se han desarrollado nuevas alternativas de transporte, no obstante, éstas no han logrado motivar a los automovilistas a reducir el uso de este medio de transporte y experimentar otras opciones.

Introducción.

Los sistemas de transporte son un elemento fundamental en el progreso y economía de la sociedad, pues a través de éstos se permite concebir el flujo de mercancías y personas. Los servicios de transporte de pasajeros en las ciudades cada vez resultan más demandantes, pues permiten acceder a los bienes y servicios que en éstas se ofrecen. No obstante, el desarrollo y operación de estos resulta complicado si se considera el aumento demográfico, el crecimiento desordenado de la mancha urbana, la diversificación de usos de suelo, el impacto ambiental que cada modo genera, así como las exigencias y necesidades del usuario. Estos factores condicionan a dirigir los esfuerzos hacia una planeación y operación ordenada de los sistemas de transporte, que permitan conseguir un equilibrio entre población-ciudad-transporte.

La Ciudad México considerada una de las localidades más pobladas del mundo, en las últimas décadas ha presentado cambios en sus sistemas de transporte, esperando reducir sus emisiones contaminantes. Sin embargo, estas acciones no han demostrado mejoras, pues los índices de contaminación registrados en los últimos años, han motivado acciones emergentes, tales como el “Hoy no circula” y planes de contingencia ambiental, pero estas acciones no han resultado eficaces. Considerando lo anterior tal vez sea necesario revisar y contemplar las tecnologías eléctricas 100% libres de emisiones, que hayan demostrado operatividad y funcionalidad.

La conexión y cercanía que la Ciudad de México tiene con el Estado de México y la falta de coordinación de las autoridades por desarrollar servicios de transporte de manera conjunta, limitan: la capacidad, conectividad y seguridad de los diversos modos de transporte en horas de máxima demanda, entre estas dos localidades, esta situación ha dado lugar a que el automóvil particular, a pesar de sus externalidades negativas haya adquirido un papel trascendental en la movilidad de la región.

Ante un escenario que demanda servicios de transporte eficientes que contribuyan a la reducción de la contaminación en la Zona Metropolitana del Valle de México, es que se realiza la siguiente investigación, que tiene por objetivo conocer qué opinan los usuarios de la calidad del servicio de la Línea A de Trolebuses “Corredor Cero Emisiones” Eje Central Lázaro Cárdenas, prestación que garantiza nulas emisiones, pero que ha perdido presencia en la Ciudad.

El Servicio de Transportes Eléctricos STE, es un organismo que cuenta con la experiencia para operar sus servicios con aceptables estándares de calidad, a pesar de que diversas situaciones han ocasionado que el Nivel de Servicio otorgado a sus usuarios en los últimos años se vea mermado.

La investigación se desarrolló en seis capítulos, mismos que se describen de manera general a continuación.

Capítulo I. Se presenta de manera breve la historia de la tracción eléctrica, la evolución y el desarrollo que esta industria ha tenido en la fabricación de trolebuses, así como los lugares donde ha logrado posicionarse como una alternativa de transporte público. Se explica el funcionamiento básico del trolebús y de la infraestructura complementaria a su operación. Se destaca el avance tecnológico que el trolebús moderno ha adquirido.

Capítulo II. Se expone la historia y trascendencia que el trolebús ha tenido en la Ciudad de México, la influencia y el trato preferencial que se le otorgará con el diseño de los ejes viales. Asimismo, se mencionan de manera general los cambios en líneas y servicios que llevan al escenario actual.

Capítulo III. Se caracterizan y se analizan las consideraciones que permiten determinar y evaluar el Nivel de Servicio. Se utiliza el enfoque de utilidad propuesto por (Sussman, 2000)

Se mencionan las acciones realizadas por el Gobierno de la Ciudad de México, para mejorar la calidad de los “Corredores de Transporte”.

Se explica el enfoque de calidad (Modelo de Ishikawa) aplicado a la Línea A de Trolebuses, para determinar las causas que generan efectos negativos en la operación y prestación del servicio.

Capítulo IV. Se expone la metodología utilizada para evaluar el Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses; se indica el procedimiento utilizado para determinar una muestra de usuarios. Se presentan los resultados generales y particulares obtenidos de la encuesta, tales como son: tipo de usuario, frecuencia de uso, tiempo de espera, conectividad; y se concluye con los resultados alcanzados. Se presentan algunas observaciones realizadas por los entrevistados.

Se aplica y se analiza el Modelo de Ishikawa desarrollado para la Línea A; se revisan: los planes y programas de operación, personal, trolebuses, infraestructura y el entorno.

Capítulo V. Se Indican propuestas y recomendaciones para mejorar el Nivel de Servicio.

Capítulo VI. Se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo de esta tesis.

Capítulo I. El trolebús como tecnología de transportación urbana.

Las ciudades que son ambientalmente responsables, diseñan instrumentos de inversión para privilegiar a los sistemas de transportación colectiva de pasajeros que operan por medio de la tracción eléctrica, debido a los bien conocidos beneficios que ésta ofrece, mismos que en este capítulo se mencionan.

Además de las tecnologías de transporte eléctrico ferroviario, hay en la actualidad un renovado interés por los sistemas de autobuses con propulsión eléctrica.

I.1. Autobús eléctrico alimentado por línea aérea de contacto o trolebús.

El Trolebús, desde que hizo su aparición en Alemania en el año de 1901, ha ido evolucionando y perfeccionando sus sistemas, por lo cual, a pesar de la presencia de otras tecnologías de propulsión eléctrica desarrolladas recientemente para sistemas de autobuses urbanos, se continúa posicionando como la alternativa de mayor rendimiento, funcionalidad y operatividad; ofreciendo la mejor relación costo/beneficio.

I.1.1. Origen de la tracción eléctrica en los servicios de transporte público.

La historia de la tracción eléctrica comenzó durante la segunda Revolución Industrial en el año de 1879, cuando el Ingeniero alemán Ernst Werner Von Siemens desarrolló la primera locomotora eléctrica, que presentó durante cuatro meses en la Exposición Universal de Berlín, Alemania, en un pequeño circuito de 300 metros. (Figura 1).

Figura 1. Primera locomotora de tracción eléctrica del mundo, Berlín, Alemania (1879).



Fuente: (Esparza, Abril del año 2000).

Esa locomotora era capaz de trasladar a treinta personas a una velocidad de 6.5 kilómetros por hora; para poder alimentar este motor eléctrico fue necesario acondicionar un tercer riel electrificado al centro de la vía, condición que lo hacía un vehículo inseguro.

Tres años más tarde, del 29 de abril al 13 de Junio de 1882, nuevamente Von Siemens presentó en la estación ferroviaria de Halensee, en Berlín, un nuevo vehículo al que denominaría “Elektromote”; éste disponía de cierta flexibilidad porque ya no requería de las vías férreas para circular. Se trataba de una carroza de lujo a la cual, para poder suministrarle energía eléctrica, se le colocó un pantógrafo de cable flexible con ocho ruedas al que nombró “Kontaktwagen” (carro de contacto). Este dispositivo mantenía conectada la línea aérea de alimentación con la carroza y permitiría librar obstáculos al circular. (Figura 2).

El “Elektromote”, disponía de dos motores eléctricos de 2.2 kilowatts colocados en cada una de las ruedas traseras, que a su vez eran alimentados por la línea aérea con 550 Volts de corriente. Este nuevo vehículo, reuniría entonces las características de lo que hasta el día de hoy se conoce como “Trolébus”.

Figura 2. Elektromote: Primer vehículo eléctrico alimentado por vía aérea o catenaria.



Fuente: (Iturralde, 2009).

Desde su aparición los motores eléctricos demostraron grandes beneficios, por lo que aprovechando la ya bien desarrollada y extendida infraestructura del ferrocarril, se dio la fusión de estas dos tecnologías, dando paso a la sustitución de las locomotoras de vapor por locomotoras eléctricas.

Convenientemente, los coches de ferrocarril con sistema de alimentación y propulsión eléctrica, encontraron las condiciones idóneas para su implementación en el ámbito urbano, de modo que, el primer servicio de tranvía eléctrico del mundo, fue implementado en un tramo de longitud de 2.4 km entre Berlín y Lichterfelde.

Rápidamente se difundió la tecnología eléctrica en diferentes ciudades de Europa, permitiéndole su introducción también en los sistemas de América y por lo tanto en la Ciudad de México donde se puso en operación el primer servicio de tranvía eléctrico el 15 de enero de 1900, comunicando el Zócalo y Tacubaya (Esparza, Abril del año 2000).

Con el paso de los años, la evolución y el perfeccionamiento de la industria automotriz, permitió unir y desarrollar el primer ómnibus eléctrico alimentado por línea aérea de contacto, el Trolebús.

Este vehículo, adquiere su nombre a partir de los dos troles, pértigas, postes o astas, con los cuales toma la electricidad desde un sistema de dos cables eléctricos suspendidos. El crédito corresponde al empresario Max Schiemann, quien habilitó la primera línea de trolebuses del mundo el 10 de Julio de 1901, en Bielathal, Alemania.

De manera que, hacia el comienzo del siglo XX, se tenían ya dos tecnologías de tracción eléctrica para el servicio público de pasajeros en las ciudades tecnológicamente más desarrolladas: el tranvía eléctrico y el trolebús. Durante las dos primeras décadas de dicho siglo, las prestaciones técnicas y operativas de la infraestructura de los servicios en tranvías, continuaron siendo muy superiores que las de las rudimentarias vías dedicadas al tránsito de vehículos montados sobre neumáticos.

I.1.2. Evolución de los sistemas de trolebuses alrededor del mundo.

Fue en la década de 1930 que finalmente el autobús (eléctrico y de combustión interna) encontraron mejores condiciones para su implementación y expansión. De esta manera, el trolebús estuvo en posibilidades de ofrecer un servicio competitivo ante el tranvía eléctrico, pues ya no requería de las vías ferroviarias para circular, lo cual se tradujo de inmediato en la reducción de los recursos de operación de dicha tecnología (costos de inversión y mantenimiento de infraestructura).

En ese período, la reducción de los costos de manufactura de trolebuses y autobuses, junto con la posibilidad de ofrecer una calidad de viaje más confortable que el tranvía, además de la posibilidad de ampliar su zona de circulación (flexibilidad para librar obstáculos en su derecho de vía), fueron factores que permitieron la progresiva transformación de redes de tranvías eléctricos por trolebuses alrededor del mundo, en un breve periodo de tiempo.

I.1.2.1. Expansión de las redes de trolebuses.

Debido a las ventajas y bondades que rápidamente demostraron los trolebuses con respecto de otros modos de transporte de la época, se posicionaron como un servicio urbano muy importante, en ciudades de toda Europa y Norteamérica, brindando servicio en más de 400 ciudades alrededor del mundo. Las ventajas más destacables en ese entonces de la nueva tecnología, fueron:

- a). Nula emisión de contaminantes al medio ambiente en su zona de operación, ya que funciona con un sistema de propulsión eléctrica.
- b). La rápida aceptación del trolebús, ocurrió debido a la fusión tecnológica del tranvía y el autobús de combustión interna, ofreciendo los mismos beneficios que un tranvía eléctrico de la época, pero con menores costos de operación.
- c). Menores niveles de ruido, al prescindir del sistema de vías férreas y por lo tanto, la fricción de metales (rueda-riel).
- d). Rodar en neumáticos, permitió contar con un vehículo más económico, seguro, cómodo y con mayor maniobrabilidad para librar obstáculos.
- e). Prolongada vida útil de los equipos, entre 20 y 30 años, con muy altas posibilidades de que ésta sea alargada, si el mantenimiento se realiza de manera periódica y adecuada.
- f). Bajos costos de mantenimiento en los sistemas mecánicos y estructurales, debido a las bajas vibraciones generadas por los motores eléctricos.
- g). Mayor rendimiento energético que los autobuses de combustión interna, elevado por motor y mayor capacidad vehicular.
- h). Otra ventaja adicional del motor eléctrico fue el torque que ofrece, pues le confiere al trolebús versatilidad y potencia adecuada para operar en zonas sinuosas y climas fríos.

Estos atributos, hicieron que en diferentes países de Europa Oriental y en la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), se desarrollaran importantes redes de trolebuses en todas aquellas ciudades con una población mayor a los 200 mil habitantes.

En los Estados Unidos de Norteamérica, las redes de trolebuses se constituyeron como un servicio integrador y complementario, para distancias cortas en corredores de baja o mediana capacidad; reservándole a los sistemas ferroviarios (tranvía y metro), aquéllos corredores de mediana y alta capacidad, respectivamente, con recorridos de mayor alcance.

I.1.2.2. Actualidad de las redes de trolebuses.

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, muchas ciudades de las naciones industrializadas comenzaron la sustitución de los servicios de transportación urbana de propulsión eléctrica, atendida con tranvías y trolebuses, por autobuses de combustión interna.

Durante 2017, aún se mantienen activos más de 300 sistemas de trolebuses alrededor del mundo, con 2,404 líneas operativas y unos 40,000 trolebuses en circulación. En términos generales, el 63% de dichos sistemas se concentra en Europa y Asia; el 18% en Europa Oriental; 13% en Europa Occidental y el 6% restante entre América y Oceanía.

I.2. El trolebús como tecnología de transportación urbana.

Después de 136 años de la invención del trolebús, sus componentes y sistemas han presentado importantes avances tecnológicos, permitiendo considerar a esta tecnología como una alternativa de transporte libre de emisiones contaminantes al entorno.

La evolución que la industria del trolebús posee, ha logrado ofrecer mayor eficiencia energética, autonomía, accesibilidad y una amplia gama de trolebuses capaces de ajustarse a diferentes rangos de demanda.

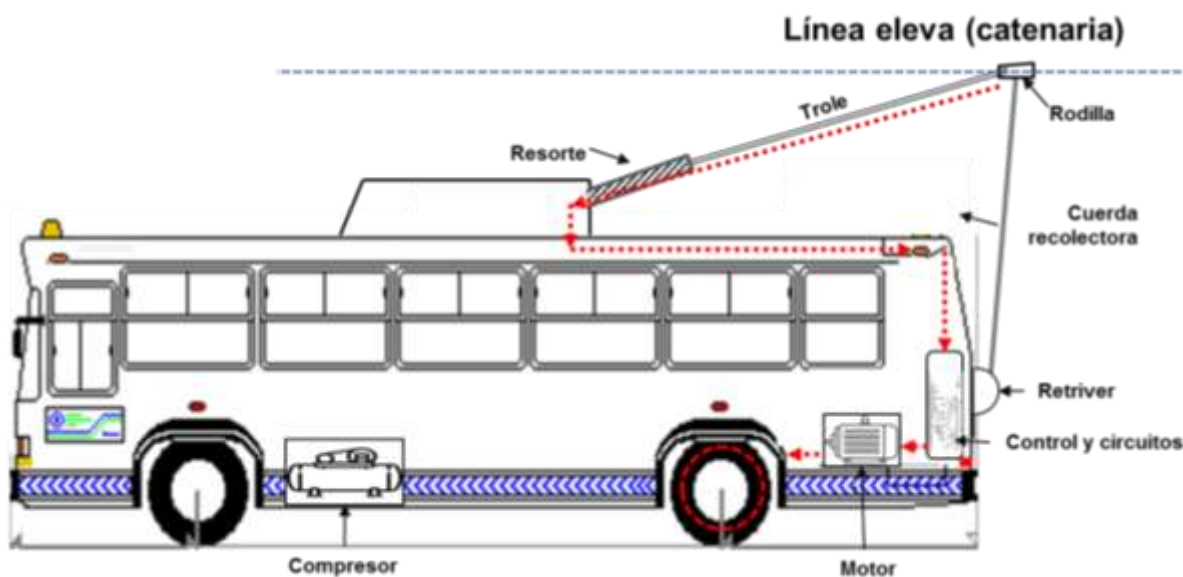
I.2.1. Funcionamiento básico de un trolebús.

Desde el primer trolebús desarrollado por Schiemann, hasta el más moderno que existe hoy en día en el mercado europeo, todos siguen el mismo principio tecnológico, pues todos son dependientes de una línea de alimentación continua.

La demanda de energía eléctrica para este tipo de autobuses urbanos es de 600 Volts de Corriente Directa (VCD), sin embargo, en algunos casos ésta puede variar de 550 a 750 VCD.

La energía es suministrada al motor del trolebús por medio de los dos troles, instalados en la parte superior del vehículo. La tensión que éstos generan sobre el sistema de cableado, llamado "Línea Elevada", es controlada con los Reativer, dispositivos que permiten atrapar y manipular los troles. (Figura 3: Funcionamiento del trolebús).

Figura 3. Funcionamiento del trolebús.



Fuente: Elaboración propia con datos de (Segura, 2007) y la Gerencia de Transportación de Trolebuses del STE.

Antes de que llegue la energía eléctrica al motor principal, pasa por una serie de circuitos y dispositivos electrónicos que regulan las variaciones de corriente, controlando así el flujo de energía eléctrica y efectuando la distribución a los dos sistemas eléctricos con los que cuenta el trolebús: Sistema Eléctrico de Baja Tensión de 12 o 24 VCD y Sistema Eléctrico de Alta Tensión de 600 VCD.

Una vez que la corriente eléctrica ha sido distribuida y controlada, llega al motor, el cual transforma la energía eléctrica, en energía mecánica, misma que es transferida por la flecha cardán al diferencial y finalmente, a las ruedas traseras que proporcionan tracción al trolebús.

Para que un trolebús pueda operar, es necesario que cada uno de los elementos de los cinco sistemas que lo integran se encuentre en óptimas condiciones:

- i. Sistema de carrocería.
 - ii. Sistema mecánico.
 - iii. Sistema neumático.
 - iv. Sistema eléctrico de alta tensión.
 - v. Sistema eléctrico de baja tensión.
- i. **Sistema de carrocería.** Proporciona seguridad y resguardo a los ocupantes, así como a los diferentes dispositivos que lo integran, como la iluminación, entre otros. Este sistema se compone por:
- Estructura.
 - Carrocería
 - Salón de pasajeros.
- ii. **Sistema Mecánico.** Se encarga de dar movimiento y dirección al vehículo, con componentes muy similares a los utilizados en la industria de los autobuses de combustión interna; como son:
- Dirección mecánica o hidráulica.
 - Sistema de freno mecánico.
 - Freno de estacionamiento.
 - Suspensión.
 - Eje trasero y eje delantero.
 - Ruedas.
 - Flecha cardán.
 - Diferencial.
- iii. **Sistema neumático.** Este sistema es integrado por diferentes elementos, entre ellos un compresor, que se encarga de generar aire a una presión promedio de 90 a 120 psi y se

complementa con un depósito de aire y válvulas reguladoras de presión, que permiten el funcionamiento de:

- Limpiadores.
 - Rotocámara.
 - Sistema de apertura y cierre de puertas.
 - Sistema de frenos.
- iv. **Sistema eléctrico de baja tensión.** Este sistema controla la alimentación de 12 o 24 volts de corriente directa del trolebús; de los sistemas secundarios del vehículo, como son:
- Batería.
 - Tablero de control o panel de control.
 - Sistema de iluminación interior y exterior.
- v. **Sistema eléctrico de alta tensión.** Este sistema provee de propulsión al trolebús, permitiendo la alimentación eléctrica del motor de tracción y a los siguientes dispositivos:
- Equipo chopper (módulos) o control maestro.
 - Motor auxiliar del compresor.
 - Resistencias principales y auxiliares.
 - Convertidor electrónico estático.

I.2.2. Infraestructura principal para la operatividad del trolebús.

El trolebús requiere de una línea aérea de alimentación eléctrica, que le permita suministrar electricidad al vehículo, a ésta se le conoce como: "línea de alimentación", "línea de contacto" o como comúnmente se le denomina en el ambiente técnico, "Línea Elevada", y ésta a su vez depende de subestaciones eléctricas.

I.2.2.1. Características generales y funcionamiento de la Línea Elevada.

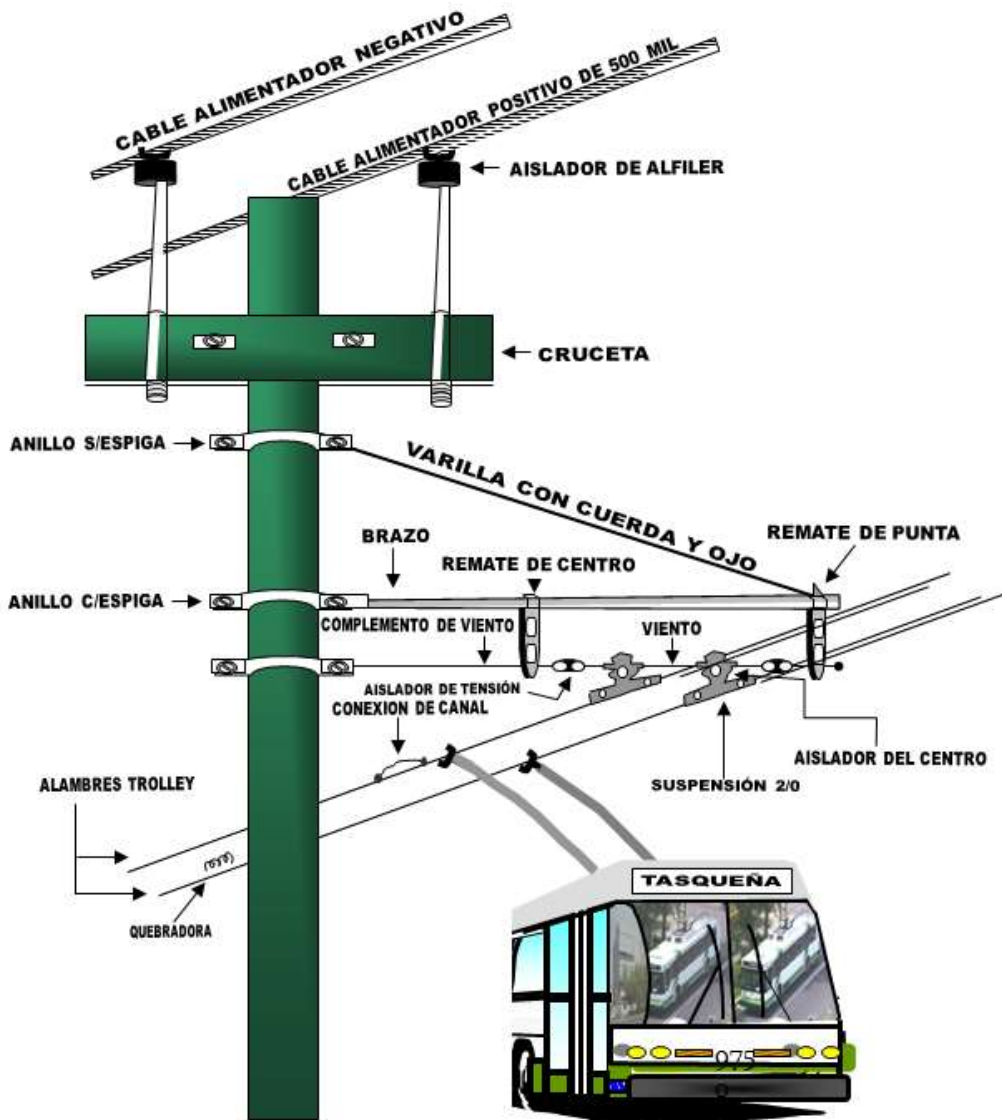
La línea elevada es el conjunto de instalaciones electromecánicas (cables, cambios, aisladores y tirantes, así como accesorios de manufactura), que son utilizados para el suministro de energía eléctrica, y que permite la operación de los trolebuses.

La línea elevada, a diferencia de la catenaria del tranvía, se integra por dos cables de contacto, el derecho corresponde a la carga negativa (-) y el izquierdo a la carga positiva (+) y se alimenta de electricidad por subestaciones a 600 Volts de Corriente Directa (VCD).

Esta infraestructura debe cumplir con ciertas normas de seguridad, las cuales garantizan la integridad de las personas. Uno de los aspectos más importantes es la distancia entre postes

la cual es de 30 metros para el caso de la Ciudad de México, lo que permite que el hilo de contacto forme una adecuada tensión de la catenaria.

Figura 4. Esquema general de línea elevada.



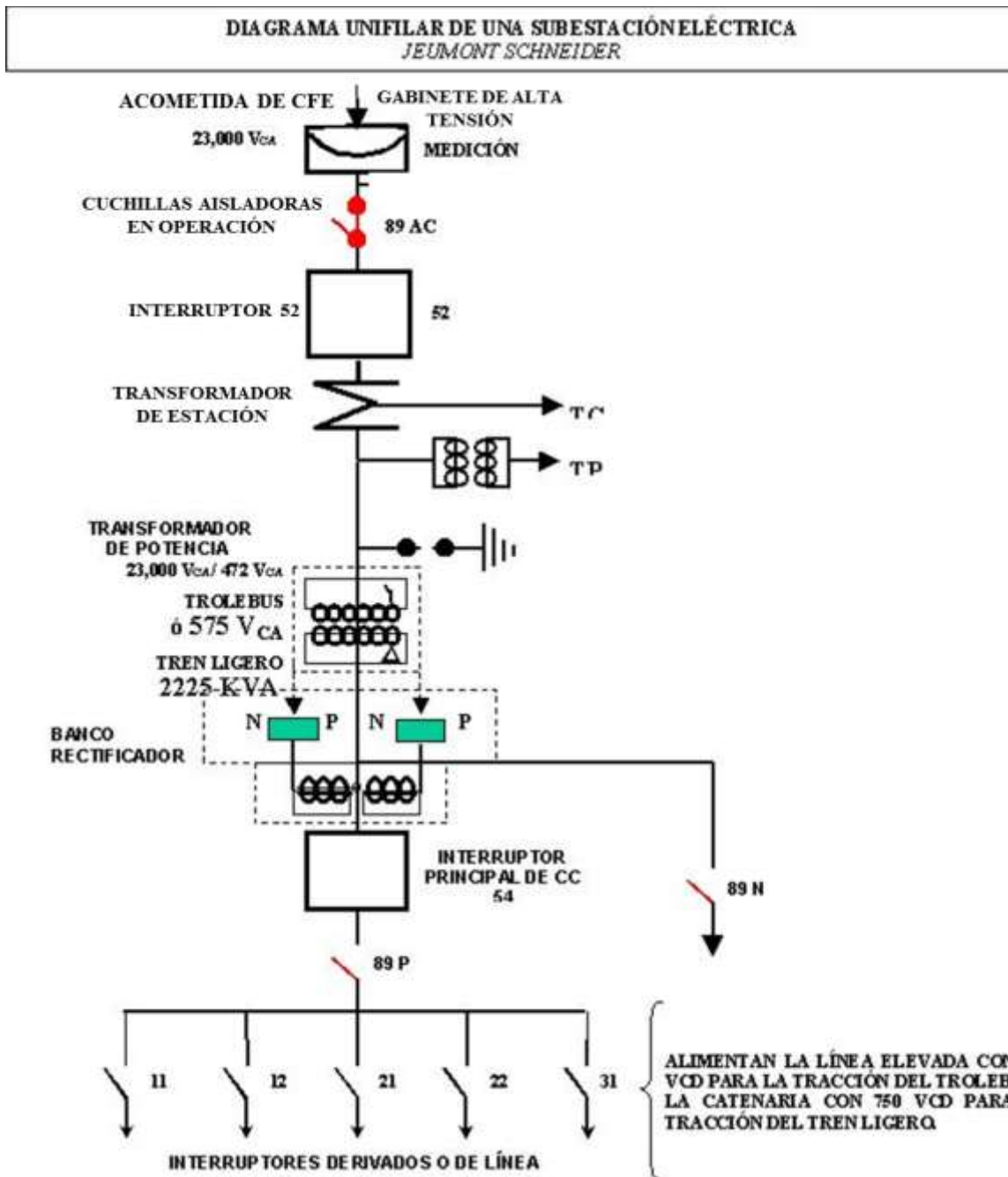
Fuente: (Manuel del Operador, 2013-2014)

I.2.2.2. Características generales y funcionamiento de las Subestaciones.

Las subestaciones son abastecidas de energía eléctrica, a una potencia de 23,000 Volts de Corriente Alterna (VCA) y su función es convertir esta energía a 600 VCD; así como controlar y rectificar las variaciones de corriente, que puedan dañar a los trolebuses. Esto es posible gracias a los cinco Interruptores de Derivación que integran a la subestación, cada uno de

éstos, equivale a un tramo de alimentación de línea elevada de 2 a 2.5 kilómetros, de los cuales, uno permanece en reserva, para entrar en funcionamiento en caso que alguno de los cuatro interruptores que están operando falle.

Diagrama 1. Diagrama eléctrico de una subestación, para alimentación de la línea elevada del trolébus.



Fuente: (Manuel del Operador, 2013-2014).

I.2.3. Características tecnológicas del trolebús moderno y propiedades que contribuyen a la reducción de emisiones contaminantes y cambio climático.

La grave problemática de contaminación atmosférica y el calentamiento global que se vive en el planeta, llevó a la “Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático” (CMNUCC), a desarrollar el Protocolo de Kioto, sobre el Cambio Climático en la década de 1990, misma que ha sido ratificada en un segundo periodo (2013-2020).

Para el año 2017, se cuenta con la participación de 38 países con propósitos más ambiciosos, que comprometen a la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en un 18% a nivel mundial, durante un período de 8 años que comprende del 1 de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2020.

La Ciudad de México es partícipe del Protocolo de Kioto, así como de otros programas que combaten el cambio climático, por lo cual del 30 de noviembre al 2 de diciembre del 2016, esta Ciudad fue sede de la Sexta Cumbre de Alcaldes C40, evento que tuvo como objetivo intercambiar experiencias y realizar acuerdos para combatir el cambio climático a nivel global, a partir de acciones concretas en materia ambiental, climática y sustentable.

Los principales gases que contribuyen a los GEI, son: bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), y gases industriales hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

Entre las grandes fuentes generadoras de los GEI, el transporte juega un papel muy importante, por lo que se han propuesto diferentes acciones que contribuyan a la disminución de las emisiones, algunas de estas son:

- i. Reducción del uso del automóvil particular.
- ii. Mayor impulso a la implementación de servicios de transporte público de mayor capacidad y calidad.
- iii. Implementación de tecnologías más limpias y amigables con el medio ambiente.

En algunas ciudades comprometidas con la reducción de emisiones al medio ambiente, se ha mantenido e implementado el uso de la tracción eléctrica de superficie y en particular, del trolebús, pues ha sido una tecnología con más de un siglo de evolución y perfeccionamiento, que ha demostrado su funcionalidad y eficiencia.

A continuación, se describirán algunos de los atributos tecnológicos que distinguen al trolebús moderno.

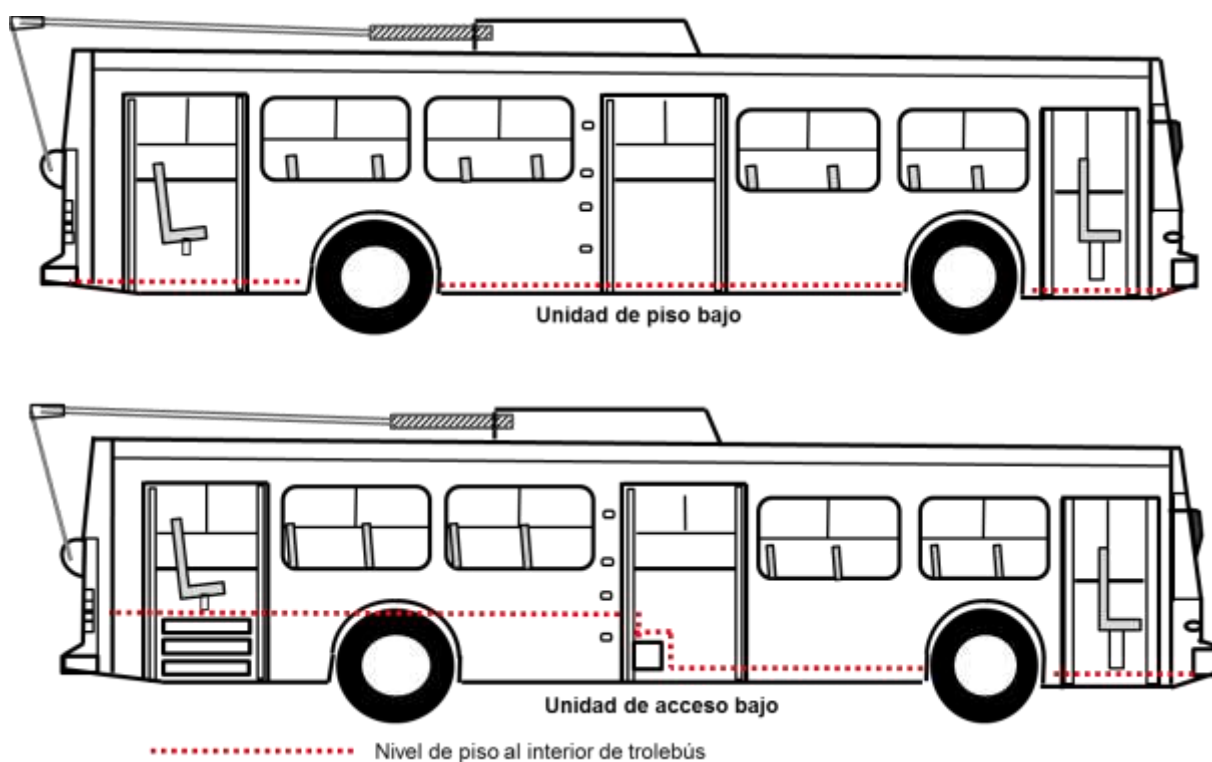
I.2.3.1. Unidad de piso bajo o entrada baja.

Son vehículos diseñados para que el pasajero no tenga complicaciones al pretender ingresar o descender de ellos, pues prescinde de escalones para tales efectos. Esta configuración

vehicular ha tenido un fuerte impulso en la Comunidad Económica Europea, como una acción orientada a facilitar el uso del transporte público de grupos de personas vulnerables, ya sea derivado de su condición física o cognitiva, como los pasajeros de la tercera edad o bien, que padecen algún tipo de dificultad motriz que les obligue a viajar con silla de ruedas.

La diferencia entre un trolebús de piso bajo y uno de entrada baja, radica en que para el primero, el nivel del piso interior del vehículo es uniforme; mientras que para el segundo, sólo se garantiza la ausencia de escalones entre las secciones donde se localizan las puertas de ingreso y egreso (esta última, regularmente ubicada en la parte central del trolebús), por lo cual, incorpora escalones para acceder hasta la parte posterior del vehículo.

Figura 5. Unidad de piso bajo vs unidad de acceso bajo.

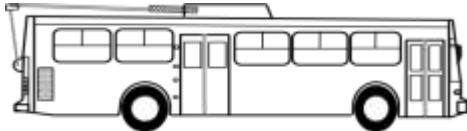





Fuente: Elaboración propia.

I.2.3.2. Capacidades vehiculares.

Los actuales fabricantes de trolebuses, ofrecen una gran variedad de configuraciones vehiculares, atendiendo así a una amplia gama de posibles Capacidades Vehiculares, condición que permite atender a su vez, a diferentes volúmenes de demanda. En la Tabla 1, se muestran los diferentes tipos de unidades disponibles en el mercado.

Tabla 1. Configuraciones vehiculares disponibles en el mercado actual de trolebuses.

Unidad	Capacidad Unitaria (pasajeros/unidad)	Longitud (metros)	Imagen
Trolebús regular	90 a 110	12 a 15	
Trolebús con muela	90 a 110	12 a 15	
Remolque	50	9	
Trolebús Articulado	160	18	
Trolebús Biarticulado	240	25	

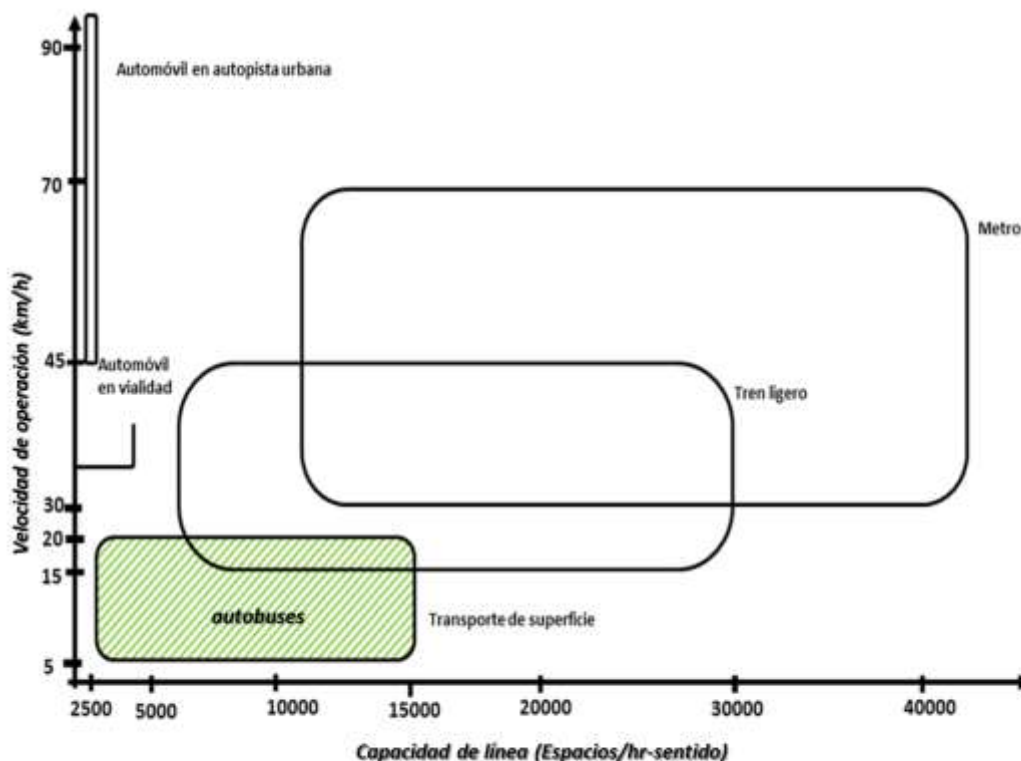
Fuente: Elaboración propia.

Las unidades que en la tabla se muestran, representan solo algunas de las que ya operan en algunas ciudades del mundo.

En virtud de la amplia gama de capacidades vehiculares que ofrecen los trolebuses modernos, es comprensible que este tipo de autobuses eléctricos se encuentre en posibilidades de atender corredores de baja, mediana y alta demanda de transportación; resultando que, en términos de capacidad de línea, ofrecen las mismas características operativas que los autobuses de combustión interna, como se muestra en la Figura 6.

La parte sombreada de la figura 6, representa la capacidad de línea que se puede atender mediante la tecnología de autobuses o trolebuses, adquiriendo un valor máximo estimado del orden de 15,000 pax/hora-sentido.

Figura 6. Gráfica Velocidad vs Capacidad de Línea para la selección del modo de transporte.



Fuente: (Vuchic, 1981), con edición propia.

I.2.3.3. Autonomía.

El avance de la tecnología, ha permitido desarrollar trolebuses con cierto grado de autonomía, mediante la implementación de motores de combustión interna (solución presente desde 1922) o bien, de bancos de baterías de soporte (convirtiéndolo en un sistema completamente libre de emisiones). En cualquiera de los casos, esos dispositivos adicionales, permiten desconectar los troles de la línea elevada en zonas donde no es viable contar con la línea de alimentación, ya sea por aspectos técnicos o estéticos, sin que el trolébus interrumpa su recorrido.

Los sistemas auxiliares entran en operación al momento en que los troles son desconectados de la línea elevada. Afortunadamente, hay una gama de posibles soluciones, que varían en función del rendimiento esperado y de sus costos de instalación. De este modo, el trolébus moderno puede operar aún sin estar conectado permanentemente al sistema de línea elevada, salir de zonas donde haya sido invadido su derecho de vía y evitar manifestaciones o descomposturas de otros usuarios de la vía, pudiendo además, cambiar de ruta en donde no haya infraestructura eléctrica, en caso de ser necesario. Esta maniobra, actualmente puede realizarse desde la cabina de mando del operador con tan solo oprimir un

botón, sin afectar los tiempos de operación por efecto de desconectar/conectar los troles manualmente.

I.2.3.4. Eficiencia energética y frenado regenerativo.

Los sistemas de propulsión eléctrica se distinguen por tener una elevada eficiencia energética. Esto significa que los trolebuses, tranvías y trenes de metro; se encuentran en posibilidad de reducir su consumo energético, de manera que en la práctica operan con eficiencias superiores al 80%; no obstante, en condiciones ideales las pérdidas de energía pudieran ser inferiores al 10 %.

Los vehículos eléctricos dependientes de una línea de alimentación, fueron precursores del desarrollo y perfeccionamiento de la tecnología denominada frenado regenerativo. Esta función consiste en transformar la energía cinética durante la maniobra de frenado en energía eléctrica, misma que se retorna a la red eléctrica, para que sea aprovechada en ese instante por otro vehículo conectado, aunque también es posible almacenar la energía eléctrica en baterías, para ser aprovechada por el mismo vehículo. Sin embargo, estas pueden ser insuficientes y costosas.

Capítulo II. Operación de la red de trolebuses de la Ciudad de México.

II.1. El trolebús en la Ciudad de México.

La implementación de los servicios de trolebuses en la Ciudad de México, logró modernizar el transporte, con una estructura organizacional bien definida e integrada, para formar parte fundamental del diseño y la transformación de la red vial de la Ciudad a finales de la década de 1970.

De la misma manera, motivó a desarrollar tecnología y armar trolebuses en México, para fortalecer la red del servicio de trolebuses. Hoy en día la situación es muy diferente, pues numerosas líneas han sido suspendidas y hasta han sido dadas de baja como se menciona más adelante.

II.1.1. El Servicio de Transporte Eléctrico en el Distrito Federal.

El 19 de abril de 1947 el entonces presidente de México (1946-1952) Miguel Alemán Valdés, decretó la creación de la Institución descentralizada “*Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal (STE-DF)*”; a quien se le facultaría la administración y explotación de los servicios de transporte público de tracción eléctrica de la Ciudad de México, así como la proyección, ejecución y aplicación de estudios en transporte que permitieran la planeación y el desarrollo adecuado e inteligente de nuevas líneas de transporte público.

La antigüedad y deterioro de los tranvías que pasaron a ser propiedad del STE, dieron pauta a comenzar planes de reestructuración y renovación del material rodante; aprovechando el desmantelamiento de las redes de trolebuses de los Estados Unidos, y las intenciones del entonces director del STE, Manuel Moreno Sánchez y de las autoridades del entonces Departamento del Distrito Federal (DDF), por traer a la Ciudad un servicio de transporte moderno y de vanguardia, que ya había sido implementado en varias ciudades. Se adquirieron los primeros 20 trolebuses Westram.

Figura 7. Trolebús Westram, adquirido en el año de 1945 por el STE.



Fuente: (Esparza, Abril del año 2000).

Esta tecnología, antes de salir a prestar el servicio en las calles de la Ciudad de México, fue sujeta a exhaustivas pruebas durante varios años por el personal técnico del STE; para esto fue necesario desarrollar un circuito experimental en las calles de Villalongín y Sullivan. Luego de haber realizado las pruebas correspondientes y aprobar su funcionalidad y operatividad, finalmente *el viernes 9 de marzo de 1951*, se inauguró el primer servicio de trolebuses de la Ciudad de México, la Línea Tacuba-Calzada de Tlalpan.

El trolebús rápidamente demostró su operatividad, rentabilidad y funcionalidad, por lo que se adquirieron unidades nuevas Alfa Romeo, Casaro, Marmon Herrington, Brill Americano, Pullman Standard y Saint Louis y Brill Canadiense.

Al incrementarse el número de trolebuses y tranvías en el STE, los talleres de Indianilla que se remontaban a instalaciones utilizadas desde la época de la tracción de sangre, resultaban insuficientes e inadecuados para la tecnología que se estaba adquiriendo; por lo que el 14 de octubre de 1957 se inauguró el depósito de San Andrés Tetepilco, en la Delegación Iztapalapa y como depósito menor, otro más en Azcapotzalco.

Para finales de la década de 1950 e inicios de 1960, el STE continuó adquiriendo trolebuses, sin embargo, en el Distrito Federal se presentó un crecimiento poblacional considerable, que demandó más servicios de transporte, de tranvías y trolebuses los cuales no fueron suficientes para atender la demanda; por lo que el tranvía daría paso al Sistema de Transporte Colectivo Metro (STCM), servicio que comenzó a operar en su primer tramo de la estación Zaragoza a Chapultepec el 4 de septiembre de 1969.

Con la creación del STCM y sus diferentes etapas de construcción, los servicios de trolebuses fueron contemplados como alimentadores e integradores.

El 15 de enero de 1978, las autoridades crearon la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del Distrito Federal (COVITUR), organismo al cual se le transfirió la responsabilidad de construir y supervisar la ya comenzada segunda etapa del STC Metro, así como toda planeación y administración del transporte del Distrito Federal.

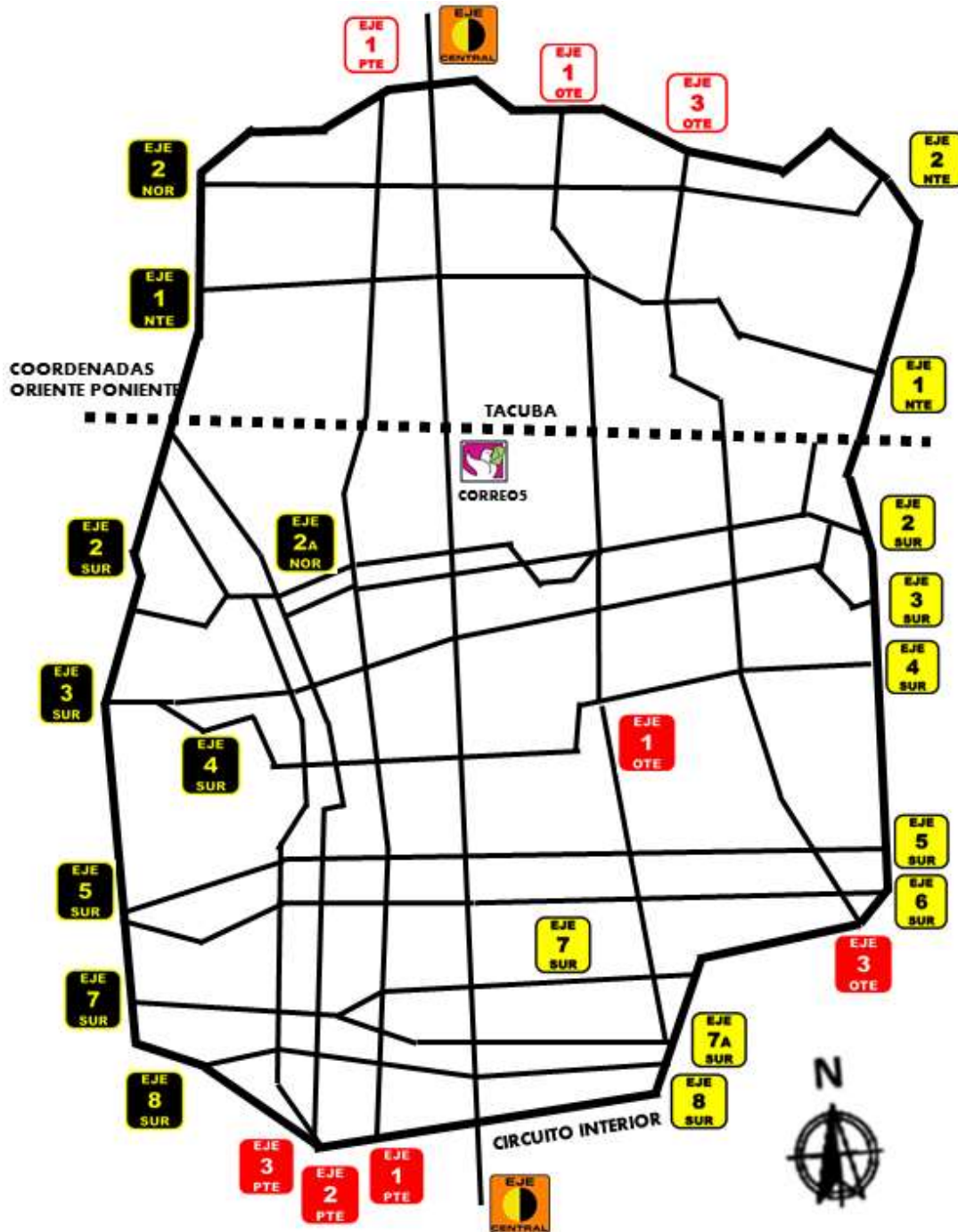
Entre muchas de las acciones desarrolladas por la COVITUR, se pueden destacar: El Plan Rector de Vialidad y Transporte del Distrito Federal, publicado en febrero de 1979, así como el primer Plan Maestro del Metro.

II.1.2. La creación de los ejes viales y la reestructuración de la red de trolebuses hacia 1980.

Para mediados de la década de los setentas el arquitecto Carlos Contreras propuso el diseño de los ejes viales, apoyado por la COVITUR, siendo presidente de México el Lic. José López Portillo y Regente del D.F. el Prof. Carlos Hank González. El lunes 25 de Junio de 1979, se inauguraron los primeros ejes viales, dando con esto una nueva imagen a la Ciudad.

Los ejes viales tenían el propósito de facilitar y mejorar el desplazamiento en la Ciudad de México, bajo el diseño de una red ortogonal de 34 ejes viales, (Figura 8), en direcciones de Oriente a Poniente o Norte a Sur, en uno o ambos sentidos de circulación.

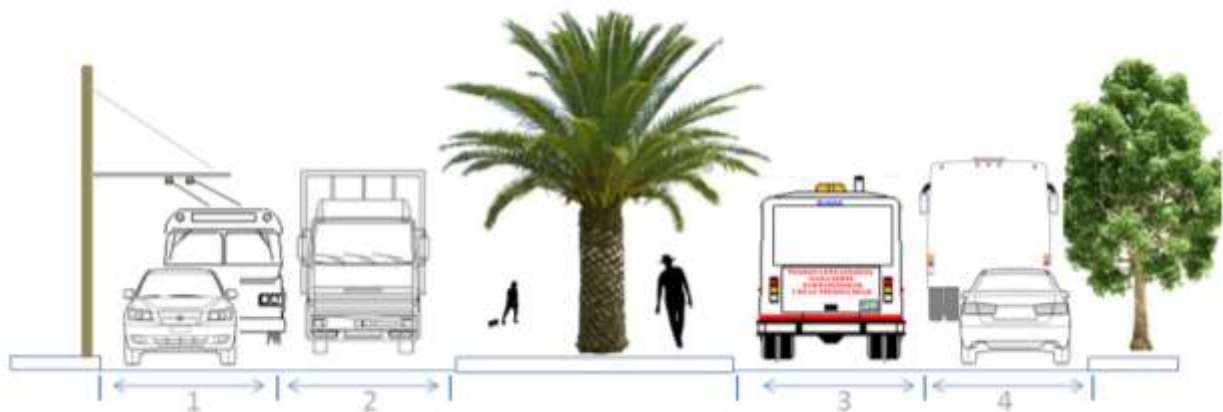
Figura 8. Red de ejes viales de la Ciudad de México.



Fuente: Elaboración propia basado en (La Ciudad de México. 15 Ejes Viales su trazo su uso su identidad).

Los ejes viales llegaron a transformar la Ciudad, demoliendo igualmente viviendas, áreas verdes y plazas públicas; esto con el propósito de disfrutar de vialidades amplias que facilitarían la movilidad de todos los usuarios de la vía pública, es decir, peatones, transporte público, transporte de carga, autos particulares y vehículos de emergencia; con aceras anchas y calzadas de más de cuatro carriles de circulación, que permitieran mejorar los desplazamientos urbanos.

Figura 9. Configuración típica de una vialidad antes de transformarse en Eje Vial (Avenida urbana en 1978).



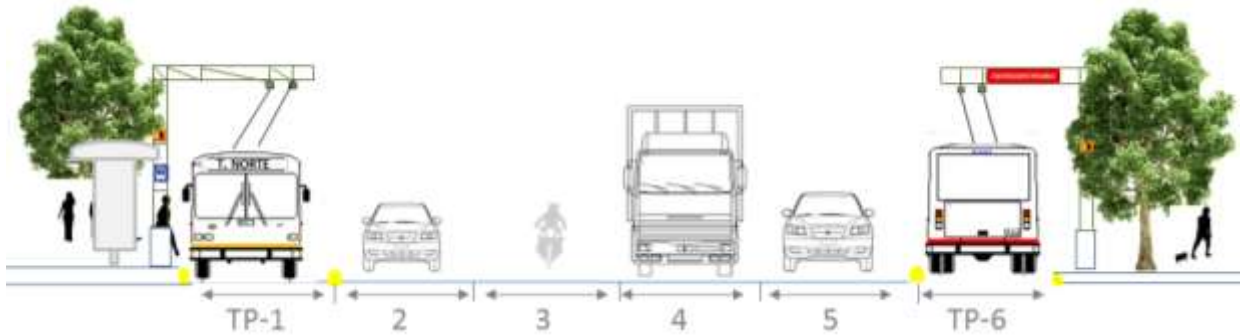
Fuente: Sección transversal, Elaboración propia.

En la figura 9 se observa el concepto tradicional de una vialidad urbana antes de convertirse en eje vial. Se puede apreciar la existencia de camellones amplios con áreas verdes al centro y a los extremos de la calzada. Para el caso del transporte público no se contaba con distinción alguna con respecto del tránsito mixto, por lo que se puede considerar que se operaba con un derecho de vía del tipo C, en donde la superficie de rodamiento era compartida por los servicios de transporte y el tránsito mixto.

El concepto de eje vial que se proyectó, cumplió con el esquema de la Figura 10, en donde se incorporaron amplias banquetas con jardineras y árboles, para el desplazamiento seguro y agradable de peatones, así como para la reducción del ruido ocasionado por el tránsito vehicular.

Para el caso del transporte motorizado, se jerarquizó la vía proporcionando al tránsito mixto (vehículos particulares y de carga), los carriles centrales y al transporte público se le otorgó un derecho de vía de tipo B, a través del confinamiento de los carriles laterales, compartiendo intersecciones con el tránsito mixto.

Figura 10. Configuración típica de eje vial (1979).

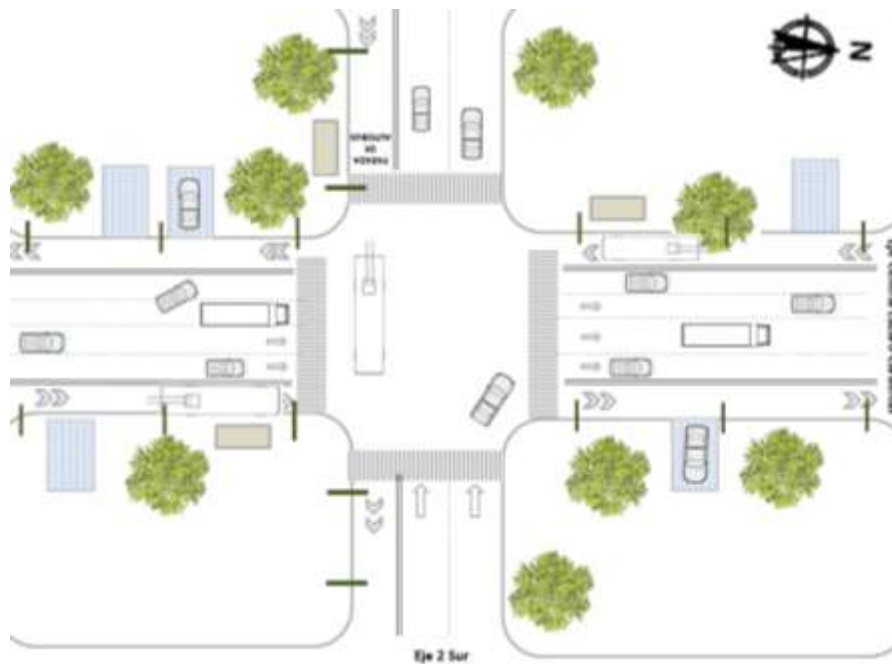


Fuente: Sección transversal típica de un eje vial. Elaboración propia, con observaciones de campo.

En la figura anterior, se presentó de manera general el concepto de eje vial que todavía existe en algunas vialidades de la Ciudad como: el Eje Central Lázaro Cárdenas, el Eje 3 Sur Baja California, el Eje 5 Ramos Millán, el Eje 6 Sur Ángel Urraza, el Eje 8 Sur Popocatepetl; sólo por mencionar algunos, ya que existen otros más, con dobles sentidos de circulación.

En esta red ortogonal, se proyectó generar una conectividad adecuada entre cada uno de los Ejes viales, tal y como se puede observar en la Figura 11.

Figura 11. Intersección de ejes viales.



Fuente: Vista en planta. Elaboración propia con observaciones de campo.

En materia de transporte público, los servicios de trolebuses desempeñaron un papel muy importante en la configuración del concepto de eje vial, ya que fueron los únicos que harían uso exclusivo de los carriles laterales, en sentido a la circulación y/o en contraflujo. Estos servicios a su vez estuvieron complementados con paradas y terminales bien establecidas y definidas, así mismo contaron con un régimen de operación y tarifa controlada.

Para poder garantizar el correcto funcionamiento de los ejes viales y en particular del transporte público, fue necesaria la actualización y rediseño de los dispositivos de control, incluyendo a semáforos, señalización horizontal y vertical; por lo que se habilitaron las Unidades de Soporte Múltiple (USM), Figura 12. Este nuevo mobiliario urbano soporta la línea aérea de alimentación de los trolebuses, la señalización horizontal, así como otro tipo de equipamiento urbano (alumbrado, servicios de correos, telefonía, etc.); con lo cual, fue posible reducir la obstrucción de las aceras y la contaminación visual.

Figura 12. Unidad de Soporte Múltiple (USM).



Fuente: Elaboración propia con referencia en (La Ciudad de México. 15 Ejes Viales su trazo su uso su identidad).

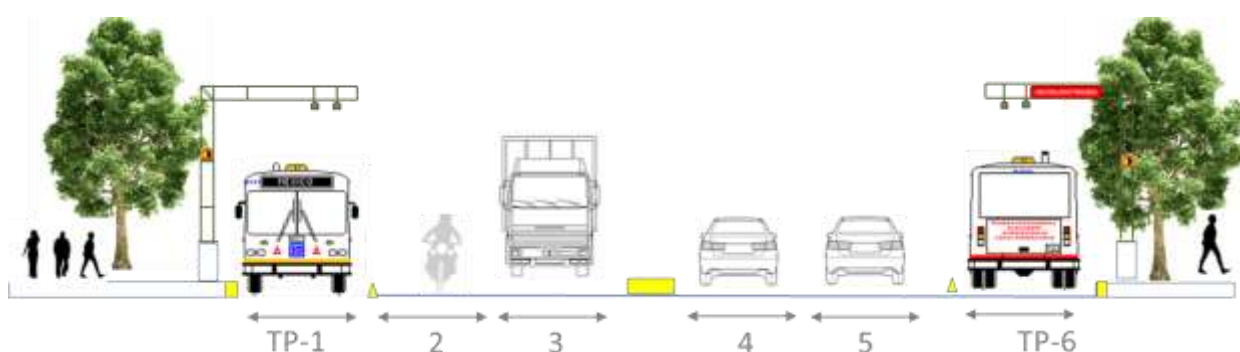
Debido a los beneficios que el Departamento del Distrito Federal (DDF), otorgó a los servicios de trolebuses con su nuevo derecho de vía preferente, se amplió su cobertura y obtuvo mayor aceptación del usuario, pues se brindaba un servicio más rápido y de mayor calidad.

Esta situación ocasionó que el pulpo camionero se viera desplazado y deseara operar de la misma manera. Sin embargo, sus malas prácticas motivaron a retirarles las concesiones. El

DDF, en su interés por brindar un servicio de transporte digno y con aceptables estándares de calidad, así como de asumir el control del transporte en la Ciudad, creó el 18 de agosto de 1981, el organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, Autotransportes Urbanos de Pasajeros (Ruta-100).

Esa nueva empresa de transporte, operó con el mismo régimen de los servicios de trolebuses, pero con autobuses de combustión interna Figura 13.

Figura 13. Concepto funcional de eje vial, integrando servicios de transporte público en ambos sentidos de circulación.



Fuente: Sección transversal de eje vial. Elaboración propia.

La Ciudad de México contó con un esquema de transporte público jerarquizado, estructurado y conectado, entre el Sistema de Transporte Colectivo Metro y los servicios de superficie de trolebuses y los autobuses de Ruta 100.

Los servicios de trolebuses se ampliaron a más de 30 líneas, identificadas con las letras del alfabeto de la A hasta la Z; esta red se desarrolló en los nuevos ejes viales y eran apoyados con los derroteros de la R-100 en regiones donde no se contaba con la infraestructura eléctrica. Ambos servicios eran alimentadores y complementarios, pues estos llegaban a zonas alejadas del Distrito Federal y Estado de México.

II.2. Evolución de los servicios de trolebuses en las cuatro últimas décadas.

El impulso que los servicios de trolebuses consiguieron con la construcción de los ejes viales, requirió de parque vehicular con menor índice de fallas y menor consumo de energía, lo cual solo era posible lograr con la incorporación de trolebuses completamente nuevos y que aprovecharan el avance tecnológico de la electrónica de potencia que se disponía en la década de 1980.

II.2.1. Expansión de la red de trolebuses en 1980.

Durante la década de 1980, la armadora Mexicana de Autobuses S.A. (MASA), fabricó más de 500 trolebuses, los primeros con tecnología Toshiba y posteriormente con tecnología Mitsubishi. El primer lote de 100 trolebuses MASA Somex que se entregó, fue puesto en operación en abril de 1980 en el Eje Central Lázaro Cárdenas y posteriormente, se fueron recibiendo nuevas remesas.

La fabricación de trolebuses por MASA condujo a que para el año de 1986 el STE contara con un parque vehicular de 1,045 trolebuses.

II.2.2. Los servicios de trolebuses de finales del siglo XX.

Los servicios de trolebuses siguieron operando y con ello, los equipos más antiguos fueron cumpliendo su vida útil por lo cual fue necesaria la actualización y modernización del parque vehicular.

Para el año de 1996 el STE, adquirió una nueva tecnología que redujo el consumo de energía eléctrica, fue un equipo de tracción con tecnología de punta (Inversor de Corriente Alterna VVVF) que fue instalado y probado en una carrocería nueva, el trolebús 4206.

En 1997, se modificaron 5 trolebuses New Flyer de la serie 3200, a los cuales se les colocaron rampas de acceso y descenso, en beneficio de pasajeros con alguna discapacidad motriz y personas de la tercera edad.

En el mismo año, el STE recibió 50 de los 200 trolebuses que fueron desarrollados con tecnología Mitsubishi con carrocerías de MASA; mismos que comenzaron a operar hasta febrero de 1998, año durante el cual se recibió el resto de las unidades, Figura 14.

Figura 14. Trolebús serie 9700 y 9800.



Fuente: Dirección de Transportación STE.

Fue hasta octubre de 1999 cuando los 200 nuevos trolebuses de última generación y tecnología, con diseños vanguardistas, alto grado de confort y seguridad, que además de disponer de equipo de tracción de corriente alterna y módulos de inteligencia, dirección hidráulica y sistema de arrodillamiento, renovaron el servicio de transporte eléctrico del Distrito Federal.

De acuerdo con la Guía Técnica del Supervisor Operativo del STE en el año 2000, se operaban 16 líneas de trolebuses en 447.3 km operativos de línea elevada, con un total de 365 trolebuses.

Tabla 2. Líneas de trolebuses del STE, (año 2000).

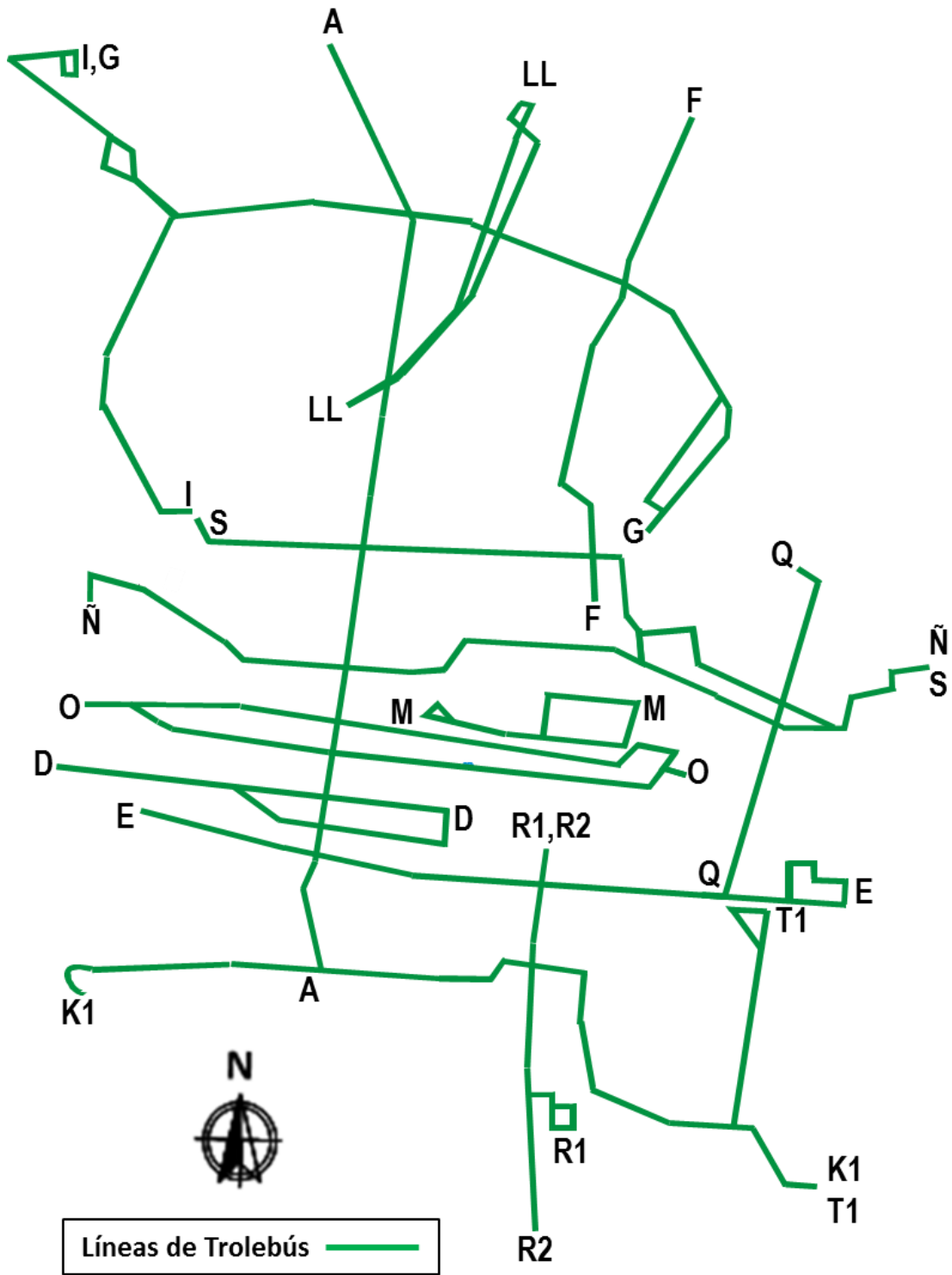
Línea	Derrotero	Longitud (kilómetros)	Trolebuses asignados a la operación
A	Eje Central (Central de Autobuses del Norte-Central de Autobuses del Sur).	36.6	40
D	Eje 7 -7A Sur (San Andrés Tetepilco-Metro Mixcoac)	12.3	18
E	Eje 8 Sur (Deportivo Santa Cruz Meyehualco- Av. de los Insurgentes)	33.23	34
F	Eje 3 Oriente (Norte) (Colonia Nueva Atzolcoalco- Metro Mixihuca)	48.98	42
G	Metro Blvd. Puerto Aéreo – Metro El Rosario	44.9	30
I	Metro El Rosario – Metro Chapultepec	30.2	22
K1	Panteón San Lorenzo Tezonco –Ciudad Universitaria	33.1	24
M	INFONAVIT Iztacalco –Metro Villa de Cortés	10.1	10
Ñ	Eje 3 y 4 Sur (I.S.S.S.T.E Zaragoza –Metro Tacubaya)	41.67	28
O	Eje 5 y 6 Sur (Central de Abastos – Metro San Antonio)	21.8	16
Q	Eje 5 Oriente (Metro Pantitlán –Metro Iztapalapa)	18.55	16
R1	Eje 3 Oriente Sur Metro Escuadrón 201-U.C.T.M. Culhuacán	15.28	10
R2	Eje 3 Oriente Sur Metro Escuadrón 201- Villa Coapa	27.15	14
S	Eje 2-2A Sur (I.S.S.S.T.E Zaragoza –Metro Chapultepec)	35.7	27
LL	San Felipe de Jesús – Metro Hidalgo	26.14	22
T1	Metro Constitución de 1917-Panteón San Lorenz. Tezonco	11.6	12
Totales:		447.3	365

Fuente: Elaboración propia con datos de la Guía Técnica del Supervisor Operativo del Servicio de Transportes Eléctricos.

En la Tabla 2, se muestran las líneas activas al año 2000, así como sus terminales, longitud y número de trolebuses asignados a cada servicio. Cabe mencionar que la longitud total representa únicamente la línea elevada operativa para la prestación del servicio, ya que adicionalmente se dispone de la línea elevada de inyección, que es infraestructura utilizada para incorporar las unidades al servicio pero que no se contabiliza para estos fines.

A continuación la Figura 15, muestra la red de trolebuses operada por el STE en el año 2000.

Figura 15. Red de trolebuses del STE, (año 2000).



Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Transportación del STE, año 2000.

II.2.3. Actualidad del transporte eléctrico de superficie en la Ciudad de México.

Con el cambio de administración de Departamento del Distrito Federal (DDF) a Gobierno de la Ciudad de México en 1997, no se dio seguimiento al Plan Maestro de Trolebuses, instrumento que pretendía tener 50 líneas de trolebuses distribuidas en la ZMVM con una cobertura de servicio superior a los 1,000 km.

En contraparte, se implementaron corredores tipo Bus Rapid Transit (BRT), reduciendo con ello la operación de los servicios de tracción eléctrica.

Las líneas de trolebuses en vez de ampliarse, se han reducido, no por inoperatividad o por falta de demanda o aceptación del servicio, sino por la escasez de unidades, así como por la falta de difusión en México; del avance tecnológico que la industria del trolebús ha demostrado en otros países.

Existe también otro factor muy importante que ha contribuido a la reducción de la red: la tarifa baja. El STE brinda un servicio de beneficio social, con subsidio del Gobierno de la Ciudad, con un precio de dos pesos para los servicios ordinarios y cuatro pesos en el caso de los Corredores Cero Emisiones, además de las gratuidades a adultos mayores, uniformados, jóvenes del programa INJUVE, e hijos de trabajadores del STE.

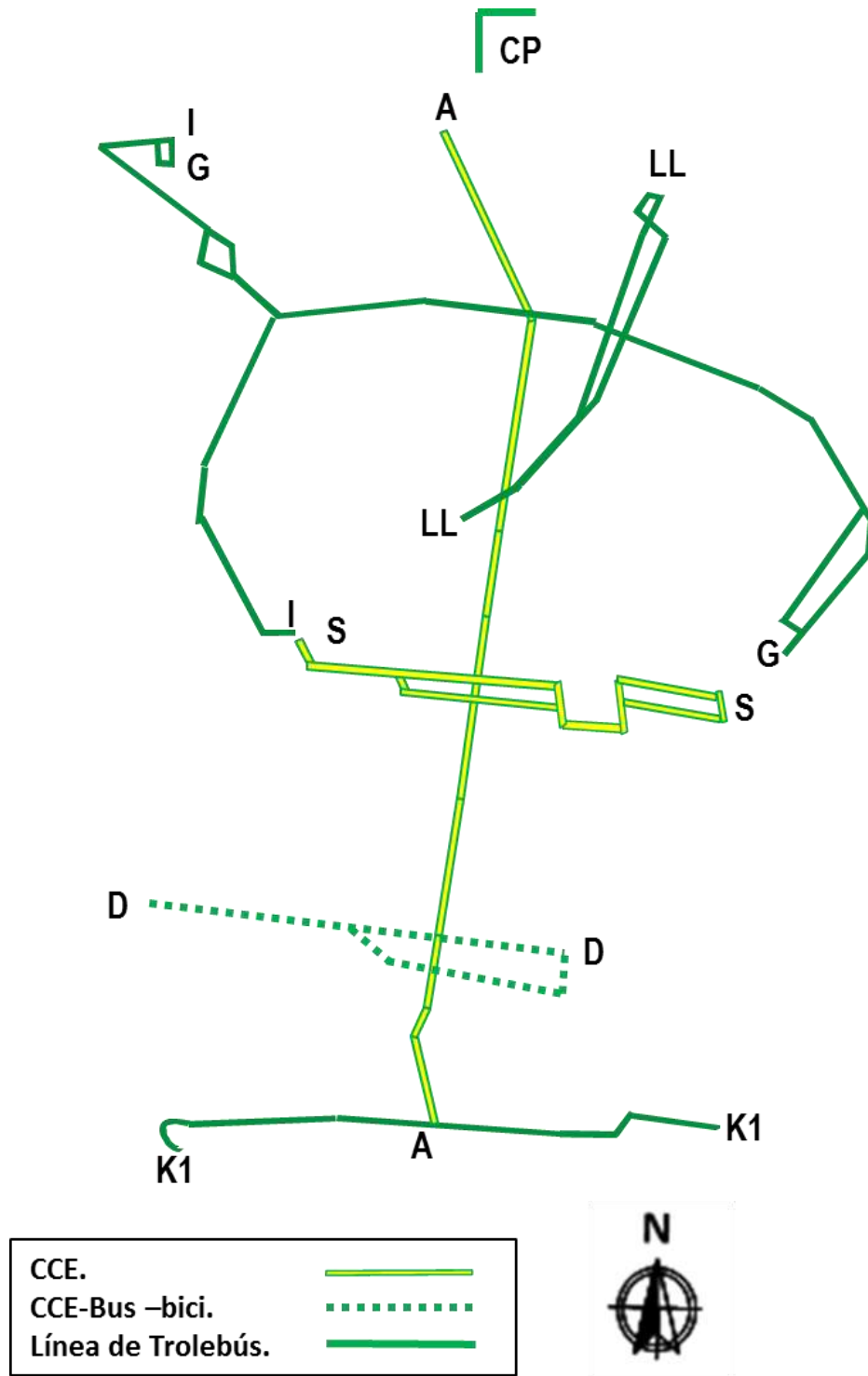
Así, de tener 16 líneas operativas en el año 2000, con 365 trolebuses, hoy se cuenta con sólo 8 líneas; de las cuales 3 corresponden a los servicios “Corredor Cero Emisiones”, 4 líneas ordinarias y un pequeño recorrido llamado Circuito Politécnico; a través de 196.34 km de línea elevada y 235 trolebuses inventariados, de los cuales sólo se operan 180 aproximadamente, (ver Tabla 3).

Tabla 3. Líneas operativas de trolebuses del STE, (año 2017).

Línea	Derrotero	Longitud (kilómetros)	Trolebuses asignados a la operación
CCE-Línea-A	Eje Central (Central de Autobuses del Norte-Central de Autobuses del Sur).	36.6	85
CCE-Línea-D	Eje 7 -7A Sur (San Andrés Tetepilco-Metro Mixcoac).	12.3	18
CCE-Línea-S	Eje 2-2A Sur (Metro Velódromo-Metro Chapultepec)	18	20
G	Metro Blvd. Puerto Aéreo – Metro El Rosario.	44.3	37
I	Metro El Rosario – Metro Chapultepec.	30.2	19
K1	Metro Lomas Estrella –Ciudad Universitaria.	17.8	24
LL	San Felipe de Jesús – Metro Hidalgo.	26.14	22
Circuito Politécnico	IPN Zacatenco	11	10
Totales		196.34	235

Fuente: Elaboración propia, con datos de la Dirección de Transportación del STE, año 2017.

Figura 16. Red de trolebuses del STE, (año 2017).



Fuente: Elaboración propia con datos Dirección de Transportación del STE.

Capítulo III. Caracterización del Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses "Corredor Cero Emisiones" Eje Central Lázaro Cárdenas.

Los servicios de transporte se deben a los usuarios, por lo tanto es necesario entender y atender sus necesidades y exigencias.

Por experiencia propia del autor de esta tesis, en ninguna ocasión se le ha preguntado sobre la calidad y el grado de satisfacción de los servicios de transporte que recibe en la Ciudad de México y su Área Metropolitana. Sin embargo, notas periodísticas documentan constantes mejoras al transporte público en la región, que se miden en reducción de emisiones contaminantes, volumen de pasajeros transportados, mejoras viales y hasta ranking mundiales; no obstante estos reconocimientos, a las acciones del gobierno, no se fundamentan en el conocimiento de la opinión y percepción que los usuarios tienen de los servicios de transporte que reciben.

III.1. Enfoque de función de utilidad de los servicios de transporte, según (Sussman, 2000).

Se puede entender como utilidad de un servicio, a la satisfacción de una necesidad, pero ésta adquiere mayor valor en el momento en que se contemplan propiedades y variables individuales, que complican en mayor medida saber o conocer el beneficio recibido a través de un servicio colectivo.

Si se entiende que cada individuo valora o contempla las atenciones recibidas de diferente forma o criterio, se puede definir la utilidad de un servicio de transporte, por medio de la siguiente ecuación.

$$U = +a_0 + a_1t_v + a_2t_a + a_3t_e + Ta_4 + a_5H$$

Dónde:

U =Utilidad

$a_0 \dots a_n$ = Son los coeficientes que permiten unificar las diferentes dimensiones o características integradas, en este caso a_0 representa simplemente cualquier variable de utilidad que se desee contemplar y a_1 , a_2 , y a_3 están dados en (utilidad/minutos) y a_4 en (utilidad/atención).

- t_v = Tiempo de viaje.
- t_a = Tiempo de acceso.
- t_e = Tiempo de espera.
- T =Tarifa.
- H =Comodidad.

Esta función de utilidad permite describir el Nivel de Servicio únicamente de una persona, ya que los coeficientes y variables, se modifican de acuerdo a la percepción de cada usuario involucrado.

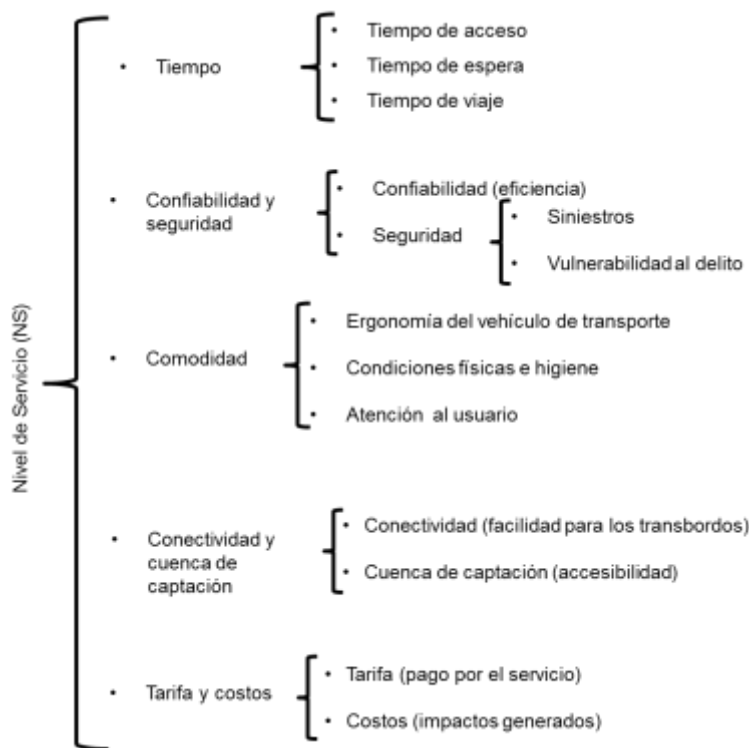
Para aplicar esta ecuación es necesario, por lo tanto conocer la percepción que los usuarios de la Línea A de trolebuses tienen de este servicio, a través de encuestas de opinión.

III.1.1. Caracterización del Nivel de Servicio.

El Nivel de Servicio (NS), se puede definir como la calidad o utilidad que cada usuario percibe del servicio de transporte que se le proporciona, es decir, si cumple con sus intereses y en qué medida. Es necesario considerar que en ésta valoración tiene una gran influencia el prestatario del servicio, pues es éste quien decide hasta dónde desea invertir para producir el mayor beneficio, Sin embargo, es el ente regulador quien define los estándares de calidad.

Con base en la función de utilidad, se puede integrar la percepción de Nivel de Servicio de una alternativa de transporte público, integrando diferentes variables como: tiempos (rapidez), confiabilidad, seguridad, comodidad, conectividad y costos; mismas que el usuario pudiera estar contemplando para poder caracterizarlo.

Figura 17. Variables cualitativas del Nivel de Servicio.



Fuente: Elaboración propia.

III.1.1.1. Tiempo.

En este caso, el usuario debería valorar y considerar los tres componentes de tiempo que ocupa durante un servicio de transporte, mismos que se mencionan a continuación.

- **Tiempo de acceso.** El que le toma al usuario arribar a la parada (si está existe) o punto donde abordará la unidad de transporte. Esta variable se contempla ya que en algún momento se evalúa el tiempo que invertirá en caminar, así como las condiciones climatológicas, no solo para abordar, sino al momento de descender del vehículo.
- **Tiempo de espera.** El que debe esperar en la parada o punto donde abordará el vehículo. Puede variar dependiendo de los itinerarios y planes de operación, así como de la disponibilidad de equipo operativo del prestador del servicio, y de algunas externalidades, como pueden ser el tránsito vehicular, semáforos o cualquier eventualidad.
- **Tiempo de viaje (rapidez).** Depende en gran medida de la velocidad o rapidez con que se realice el traslado, lo cual puede ser influenciada por el derecho de vía, las condiciones de la superficie de rodamiento, las circunstancias de tráfico, el comportamiento del usuario, la demanda y el número de paradas que realice; así como el tiempo que se invierte en cada parada.

Existen otras variables que tienen que ver con el vehículo de transporte como son: las condiciones mecánicas, la ubicación de puertas, el nivel y la amplitud de la zona de acceso y descenso, la distribución y configuración de asientos y pasamanos.

III.1.1.2. Confiabilidad y seguridad.

- **Confiabilidad:** El usuario conoce y valora la seguridad de que el vehículo pase en la parada o punto de abordaje en un tiempo determinado, así como la disponibilidad de espacio libre para poder abordar.
Asimismo valora la confiabilidad de que el servicio lo transporte en un periodo de tiempo, que sea consistente y no se prolongue por fallas del vehículo o del sistema.
- **Seguridad.** En este caso, el usuario valora su integridad física por lo tanto contempla variables como lo son:

- **Siniestros:** El usuario presta atención en las características y conducta de operación de los conductores de las diferentes alternativas de transporte, así como en el número de siniestros en que cada uno de éstos se han visto involucrados, ya que en base a esto se pudiera elegir la alternativa más segura, si es que existe.
- **Vulnerabilidad al delito.** El usuario sabe que es vulnerable a ser despojado de sus pertenencias o a ser afectado físicamente; por lo tanto, valora las tres fases de tiempo que le tomará hacer uso del modo de transporte; al ser sensible a sufrir un delito, al caminar desde o a la parada o punto de abordaje, al esperar el vehículo y a bordo de la unidad de transporte.

El usuario presta atención a la seguridad que su prestador de servicio le ofrezca, es decir, las medidas, circunstancias de iluminación y las condiciones de hacinamiento en que pueda viajar.

III.1.1.3. Comodidad.

- **La ergonomía del vehículo de transporte.** El usuario evalúa las condiciones de la unidad desde el momento que la aborda, más aún si sus circunstancias físicas son limitadas, o lleva bultos, es decir, las personas prestan atención en el grado de complejidad para abordar y bajar, si la unidad dispone de escalones altos y reducidos o simplemente si es a nivel.

Una vez que los usuarios están a bordo, valoran la disponibilidad de asientos, su comodidad y distribución; así como la amplitud de los pasillos y la colocación de los pasamanos, ya que éstos permiten desplazarse de manera segura y rápida dentro del vehículo.

- **Condiciones físicas e higiene.** Mantener en condiciones adecuadas todos los elementos al servicio del usuario, como iluminación, asientos y pasamanos, sistemas de información y cobro, puertas, ventanillas y en general, las condiciones mecánicas del vehículo.

Asimismo, es importante que la unidad se mantenga limpia, más aun internamente, ya que al pasajero le gusta viajar en un lugar limpio y libre de malos olores, por lo tanto, es importante que la unidad cuente con buena ventilación, ya que esto se contribuye a las condiciones climatológicas dentro del vehículo.

- **Atención al usuario.** En este sentido, el usuario evalúa el trato y la atención que el operador tenga, al solicitar la parada para abordar y descender, al cobrar (si es que el servicio así lo requiere) y al conducir el vehículo, así como el comportamiento que tenga hacia los demás automovilistas y su aseo personal.

Por otro lado, es importante la disponibilidad y rapidez que el prestador de servicio tenga para atender quejas o sugerencias de sus usuarios, a través de diferentes medios de comunicación.

III.1.1.4. Conectividad y cuenca de captación.

- **Conectividad.** Se refiere al enlace que el servicio pueda tener con otros modos de transporte o algún punto generador o atractor de viajes, que a la vez les permita continuar con su viaje en el menor tiempo posible.
- **Cuenca de Captación:** Superficie del territorio de donde provienen los viajeros que utilizan el servicio considerando que se define enlazando los puntos de origen y destino de los viajes individuales.

III.1.1.5. Tarifa y costos.

- **Tarifa.** Esto siempre será un debate entre el prestador del servicio y el usuario, ya que ambos buscarán el mayor beneficio económico. Sin embargo, no se puede perder de vista que mejores prestaciones, requerirá de mayores recursos que necesariamente tendrán que ser cubiertos por los usuarios o con un subsidio.
- **Costos.** Se pueden entender de diferentes maneras, tales como: el valor del tiempo de cada usuario, o los costos que el sistema de transporte esté generando al entorno, entiéndase como contaminación, ruido, congestión, imagen, entre otras externalidades.

Desde el punto de vista del usuario, éstas serían las variables del transporte a evaluar para elegir entre las diferentes alternativas, si estas existen y hacer uso de un servicio u otro.

III.1.2. "Tiempo" una variable fundamental en el NS del transporte público de pasajeros.

Los servicios de transporte son considerados un elemento fundamental de la economía de una región, ya que éstos permiten el traslado de personas y mercancías, sin embargo, se ha identificado que los tiempos son una parte fundamental en los recorridos ya que repercute en pérdidas económicas para el usuario, operador del servicio, autoridades y entorno.

Desde el punto de vista del usuario, se desea disponer de servicios de transportes rápidos, que permitan realizar el viaje en poco tiempo, ya que la acción de transportarse, no se trata de un fin por sí mismo, sino de un medio para alcanzar un fin (trabajo, educación, diversión, recreación o servicios, etc.).

Una vez que el usuario decide transportarse y de no ser necesario llegar a su destino (a una hora específica), estará en posibilidades de evaluar: su seguridad, comodidad y la tarifa, por el simple hecho de no ser necesario llegar en el menor tiempo posible.

La perspectiva del prestador del servicio, es obtener mayor utilidad económica a través del uso eficiente de sus recursos y la correcta programación de sus planes e itinerarios de operación; esto se puede ver comprometido por diferentes externalidades como: el tránsito vehicular, la mala programación de los dispositivos de control, mal comportamiento de los usuarios o mala conformación del entorno.

Los servicios de transporte con mucha pérdida de tiempo, más allá de afectar de manera directa a los usuarios y prestador del servicio, afecta la economía ya que representa mano de obra y recursos inutilizados.

La problemática se agrava, si se consideran las externalidades que tanto los vehículos de transporte público y particulares generan al entorno, por la quema de combustibles fósiles y la generación de ruido; que son factores que con el tiempo generan problemas de salud a la sociedad; costos que deberán ser absorbidos por la población y el Estado.

En ese sentido, autoridades y organizaciones han desarrollado acciones que permiten reducir las externalidades que el transporte está generando a la sociedad, entre las que destacan el desarrollo de servicios de transporte público de mayor capacidad, con trato preferencial y la implementación de tecnologías limpias.

III.2. Trato preferencial al transporte público de pasajeros de superficie en la Ciudad de México.

Entiéndase como trato preferencial al transporte público, a la sección de vía exclusiva o preferente por la cual circulan los vehículos de transporte público de superficie de mediana y alta capacidad; privilegio que se les otorga debido a la eficiencia ocupacional que se puede obtener con respecto a vehículos particulares, combis y vagonetas.

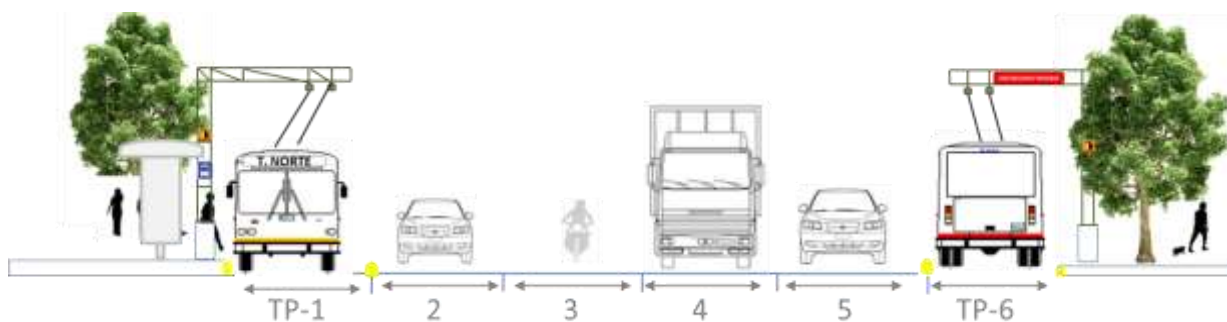
Para el caso del transporte público de la ZMVM, el trato preferencial que se otorga a los distintos servicios de transporte, depende de las políticas que la ahora Secretaría de Movilidad (SEMOVI) ha implementado.

La SEMOVI ha buscado mejorar la calidad de los servicios de transporte de superficie, desarrollando el Programa Integral de Movilidad (PIM 2013-2018) y la Ley de Movilidad 2014, donde se proyecta una red de transporte público conectada, que retoma y reconoce formalmente la idea que se tuviera con la creación de los ejes viales, donde se priorizó al transporte público, como:

“Corredor de Transporte”: *Transporte público de pasajeros colectivo, con operación regulada, controlada y con un recaudo centralizado, que opera de manera preferencial o exclusiva en una vialidad, total o parcialmente confinada, que cuenta con paradas predeterminadas y con una infraestructura para el ascenso y descenso de pasajeros, terminales en su origen y destino, con una organización para la prestación del servicio con personas morales.* (Movilidad, 2010)

Actualmente los servicios de trolebuses, en los denominados “Corredores Cero Emisiones” y el servicio de la Línea 4 y 7 del Sistema Metrobús, operan con carriles exclusivos en la extrema derecha, entendiéndose como un servicio de autobús rápido, Bus Rapid Service (BRS).

Figura 18. Concepto funcional BRS, "Corredor Cero Emisiones" Eje Central Lázaro Cárdenas.



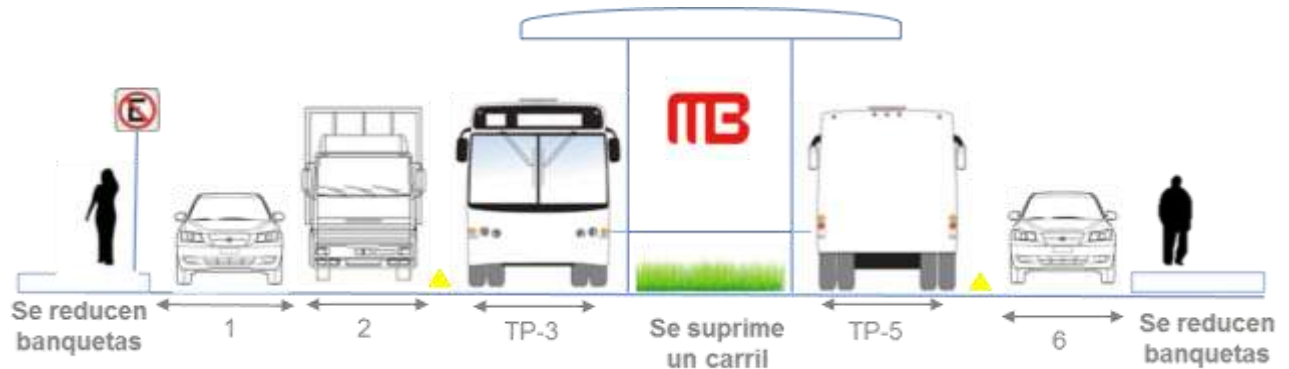
Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Adicionalmente, se cuenta con Servicios de Autobuses de Tránsito Rápido (Bus Rapid Transit BRT), que operan con carriles centrales de uso exclusivo y estaciones a 1 metro sobre el nivel

de la carpeta asfáltica. Por su diseño, se suprimen los giros a la izquierda para el tránsito mixto, condicionándolo a realizar recorridos adicionales, y se afecta en mayor medida la capacidad vial, pues se requiere alojar estaciones al centro de la vialidad.

En la Ciudad de México operan con este esquema los servicios de Metrobús Líneas 1, 2, 3, 5 y 6, (ver figura 19).

Figura 19. Concepto funcional BRT, Metrobús línea 2 estación UPIICSA.



Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

III.3. Enfoque de calidad del servicio (Método de Ishikawa) aplicado a la Línea A de Trolebuses.

La calidad de los servicios es subjetiva, porque está directamente relacionada con lo que cada usuario percibe y el juicio que realice de lo que está recibiendo; por tanto, el grado de calidad de un servicio dependerá de la capacidad que el prestador tenga para conocer y comprender las necesidades del cliente, así como del esfuerzo y eficacia con que desarrolle cada uno de sus procesos.

Para conocer la calidad de un servicio, es inevitable estar al tanto de las necesidades del consumidor, a través del contacto (entrevistas, encuestas sobre puntos de vista) o ser usuario; solo así estaríamos en condiciones de indagar un resultado.

La eficiencia de los procesos, se puede revisar haciendo uso de diversas estrategias, en este caso se analizará haciendo uso del Método de Ishikawa o diagrama de causa y efecto.

El Método de Ishikawa fue desarrollado por el Doctor Kaoru Ishikawa, químico industrial japonés, considerado el padre del análisis científico de las causas de los problemas industriales. Su análisis se orienta a que una falla puede deberse a diversas causas de las partes que contribuyan a su desarrollo, como pueden ser: maquinaria, mano de obra, medio ambiente, materiales e incluso de las medidas. Sin embargo, al desarrollar un diagrama se pueden agregar u omitir procesos, ésto dependerá del giro o complejidad del análisis.

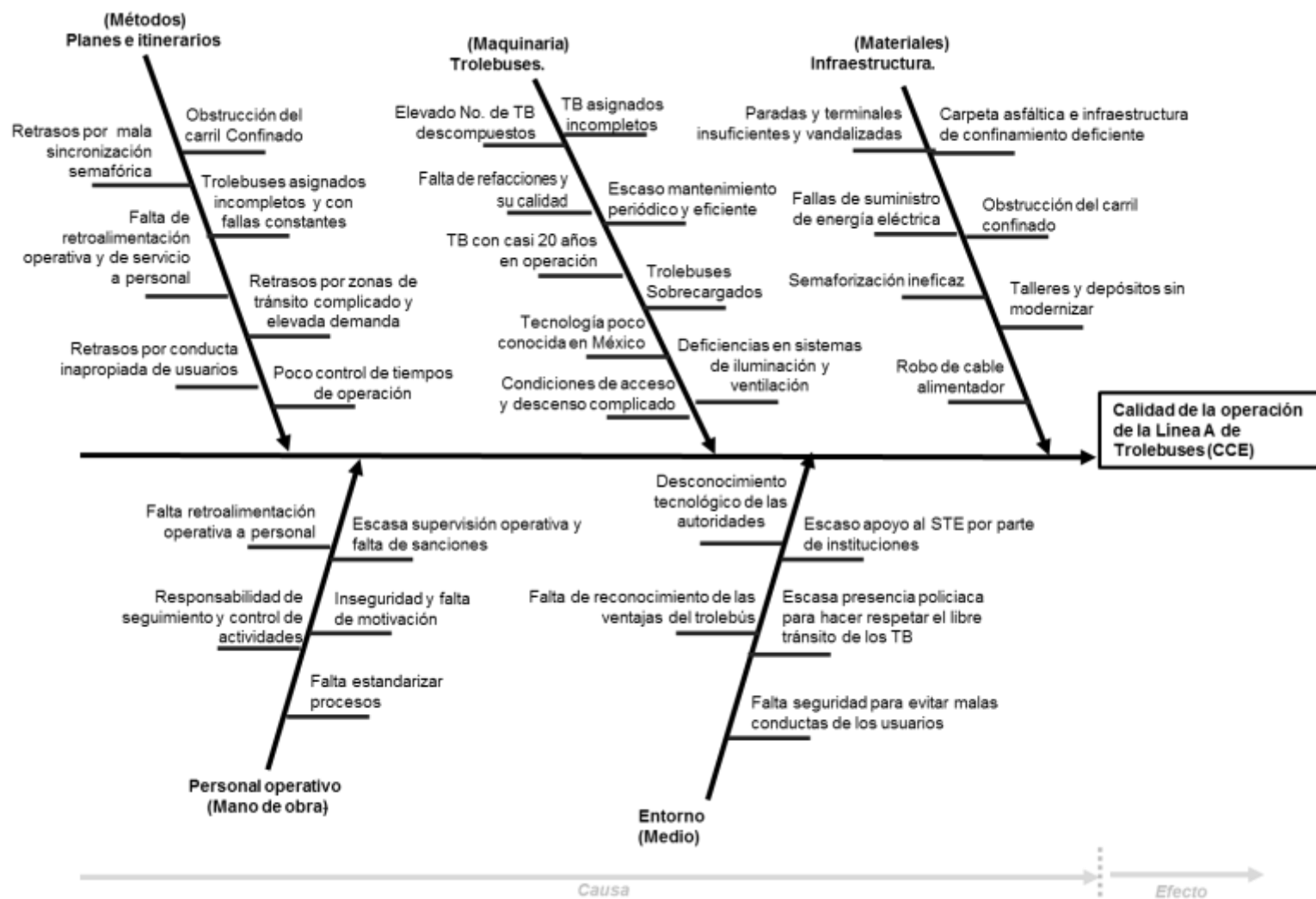
Mediante la aplicación del Modelo de Ishikawa desarrollado para analizar las causas de los efectos negativos que está teniendo la operación actual de la Línea “A” de trolebuses, se abordaron cinco componentes, tratando de integrar los elementos que (Sussman, 2000) define como componentes del sistema de transporte desde la perspectiva interna y externa:

- **Planes e itinerarios:** Se revisará si los métodos de operación son los adecuados, así como las causas que pudieran estar generando efectos negativos a los regímenes de operación proyectados.
- **Equipo Operativo (trolebuses):** Se explorará si se encuentran en las mejores condiciones físicas y mecánicas y si son los adecuados y necesarios para la operación y explotación del servicio.
- **Personal operativo:** Se revisará si se cuenta con el personal y si está totalmente capacitado para desempeñar sus labores, e incluso si en realidad está ejecutando su trabajo como le fue indicado.
- **Infraestructura:** Se examinarán las condiciones de los carriles, paradas, terminales; además de revisar, infraestructura eléctrica, talleres y depósitos, ya que son elementos indispensables para la operación.
- **Medio o entorno:** Por el tipo de servicio es necesario evaluar si el entorno compuesto por el gobierno, instituciones, competidores, proveedores, sociedad y usuarios del servicio, es el adecuado.

Por el tipo de servicio las causas pueden ir ligadas una de otra, por lo que es necesario identificar y evaluar en qué sección tiene mayor impacto y abordarla, según sea el caso, en la página siguiente se presenta la figura 20, donde se puede observar el diagrama de Ishikawa desarrollado para la Línea A de Trolebuses.

Para realizar el análisis de cada uno de los componentes, fue necesario solicitar información y autorización a la Dirección de Transportación del STE, para poder formalizar los estudios correspondientes y tener acceso a documentación y registros referentes a la Línea A de trolebuses, igualmente se solicitó su apoyo para ingresar a las áreas correspondientes.

Figura 20. Modelo de Ishikawa aplicado a la operación de la Línea A de Trolebuses Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.



Fuente: Elaboración propia con datos de campo.


Capítulo IV. Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses “Corredor Cero Emisiones” Eje Central Lázaro Cárdenas.


La inquietud por realizar la investigación de la Línea A de trolebuses, surgió debido a que es una tecnología que ha estado presente en la Ciudad de México por varias décadas y que ha presentado diferentes cambios y mejoras en su operación. Además de que ha sido la línea con mayor demanda de usuarios por muchos años, tan solo en el año 2016, esta línea transportó el 50 % del total de usuarios de la red de trolebuses.

I.V.1. Metodología para determinar el Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses “Corredor Cero Emisiones” Eje Central Lázaro Cárdenas.

Para conocer la utilidad o percepción que los usuarios tienen de la operación de la Línea A de Trolebuses, fue necesario elaborar la siguiente encuesta, Figura.21.

Figura 21. Encuesta aplicada a los usuarios de la Línea A de Trolebuses.





Sexo: F M Edad: _____ Ocupación: _____ Dirección: N-S S-N Encuesta No _____

1. ¿Cada cuánto usa el servicio? R= _____
2. ¿De qué parada a qué parada utiliza el servicio? R= _____
3. ¿Cómo llegó a la parada donde abordó el servicio? R= _____
4. ¿Tomará otro modo de transporte al bajar del trolebús o llega a su destino? R= _____
5. ¿Abordó a la primera unidad que pasó? SI NO ¿Por qué? y ¿cuántas dejó pasar?

6. ¿Cuánto tiempo estima usted que esperó en la parada al trolebús? R= _____ minutos.

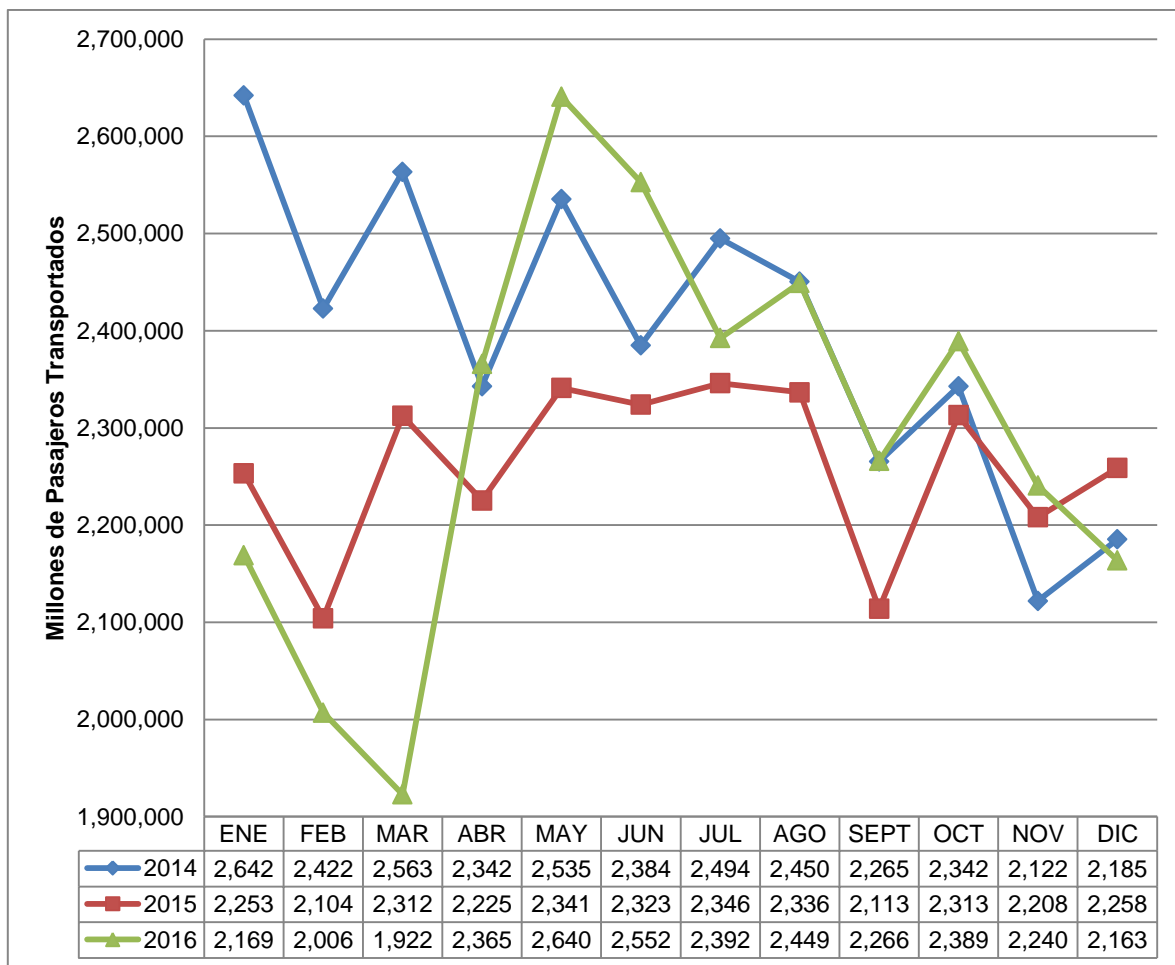
¿Cómo califica las siguientes variables?

	Calificación.
7. Tiempo de espera del trolebús en la parada.	
8. Las condiciones para abordar y descender del trolebús.	
9. El sistema de cobro (alcancía).	
10. La rapidez de servicio a bordo del trolebús.	
11. La ocupación del trolebús.	
12. La seguridad a bordo del trolebús.	
13. La higiene del trolebús.	
14. El trato del operador con los usuarios.	
15. La pericia y modo de conducción del operador.	
16. Las condiciones físicas y mecánicas del trolebús.	
17. ¿En pesos cuánto estaría dispuesto a pagar si el servicio mejora?	\$

Fuente: Elaboración propia con apoyo del personal de la Gerencia de Trolebuses del STE.

Se determinó el tamaño de una muestra representativa de la demanda, para aplicar esta encuesta, para esto se solicitó información referente al número de pasajeros transportados por la Línea A. Amablemente la Dirección de Transportación facilitó el registro de la venta de boletos diarios del periodo 2014-2016, que integran días hábiles y festivos así, como fines de semana.

Gráfica 1. Pasajeros transportados por la Línea "A" de Trolebuses “Corredor Cero Emisiones” Eje Central Lázaro Cárdenas, periodo 2014-2016.



Fuente: Elaboración propia, con datos proporcionados por la Dirección de Transportación del STE.

Se observa que en los meses de abril; a junio de 2016, la demanda incrementó notablemente el número de pasajeros; como consecuencia de la contingencia ambiental que se vivió en la ZMVM, situación por la cual el Gobierno de la Ciudad de México otorgó el servicio de trolebuses de manera gratuita.

La metodología que se utilizó para definir el tamaño de una población promedio diaria de usuarios, fue basada en identificar los tres días de mayor demanda de los 12 meses del año

2016. Sólo se tomó este año, para encuestar a los usuarios más actuales. Una vez conocidos los resultados, se promediaron a partir de dicho valor, se obtuvo un volumen promedio crítico de **90,290** pasajeros diarios que pagan boleto.

Conocido el número de usuarios promedio diario, se hizo uso de la siguiente ecuación estadística.

$$\text{Ecuación 1. } n = \frac{k^2(p)(q)(N)}{(e^2(N-1))+k^2(p)(q)}$$

Dónde:

- Tamaño de la muestra **n**, dato objetivo.
- Tamaño de la población **N**.
- Nivel de confianza **K**, que para este caso es del 95 %.

Nivel de confianza	75.0%	80%	85.0%	90.0%	95.0%	95.5%	99.0%
K=	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2.00	2.58

- Error muestral **e**, se va a aceptar un error del 5% por lo tanto **e=0.05**.
- Proporción con característica **p**, en este caso **p= 0.5**.
- Proporción sin característica **q=p-1**, por lo tanto **q= 0.5**.

Una vez identificados y definidos todos los valores se tienen que:

$$\text{Ecuación 2. } n = \frac{1.96^2(0.5)(0.5)(90,290)}{(0.05^2(90,290-1))+1.96^2(0.5)(0.5)} = 382.5 \approx \mathbf{383 \text{ encuestas}}$$

Dado que de los datos proporcionados por la Dirección de Transportación, únicamente se considera el número de los boletos vendidos, es decir, de usuarios que pagan su viaje, se decidió que el número de encuestas aplicadas fuera de 400 considerando (usuarios de cortesía).

Las encuestas fueron desarrolladas en dos etapas: la primera mitad durante la tercera semana de Junio de 2017 antes de las vacaciones de verano y la segunda parte en la primera semana de septiembre de 2017 después de ese mismo periodo vacacional.

En un principio, se deseaba aplicar las encuestas a bordo de los trolebuses, no obstante, al realizar una prueba piloto, fue posible identificar que esto sería complicado, ya que las unidades circulaban demasiado llenas y los usuarios no prestan atención al encuestador. Por este motivo, se decidió aplicar en las paradas con mayor demanda, en este caso de la zona centro de la Ciudad.

Las entrevistas se hicieron regularmente después de las 2 de la tarde puesto que por las mañanas era reducido el número de pasajeros dispuestos a colaborar en el ejercicio ya que disponen de poco tiempo para atender al encuestador.

IV.2. Percepción actual del Nivel de Servicio ofrecido a los usuarios de la Línea A de Trolebuses, Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.

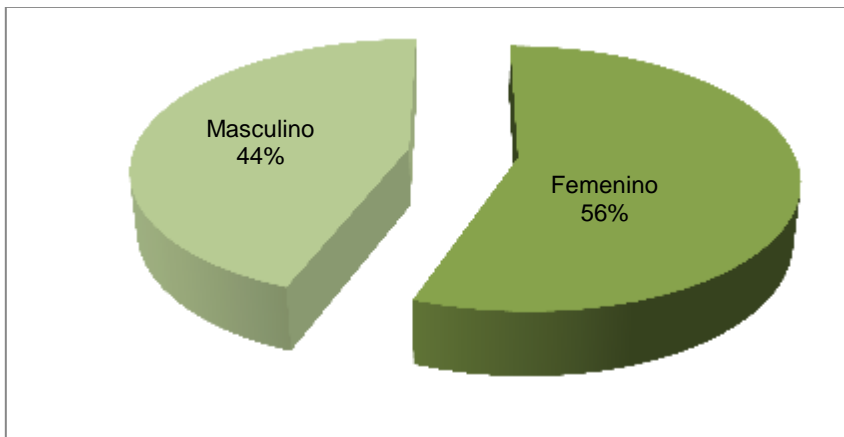
La encuesta tiene como propósito identificar cuál es la percepción que los usuarios tienen del servicio, a su vez nos proporcionó información general y particular, que permitió evaluar y diagnosticar cuál es el nivel de servicio de la Línea A de Trolebuses.

IV.2.1. Información general de los usuarios de la Línea A de Trolebuses.

En características generales, se contemplan aspectos y propiedades relacionados al usuario, tales como: el género, rango de edad, ocupación, sentido en cual se hace uso del servicio, así como la frecuencia con la cual lo utilizan.

Al realizar el análisis de la información, se obtuvo que de las personas encuestadas (seleccionadas al azar), la mayoría de las que hacen uso del servicio son mujeres.

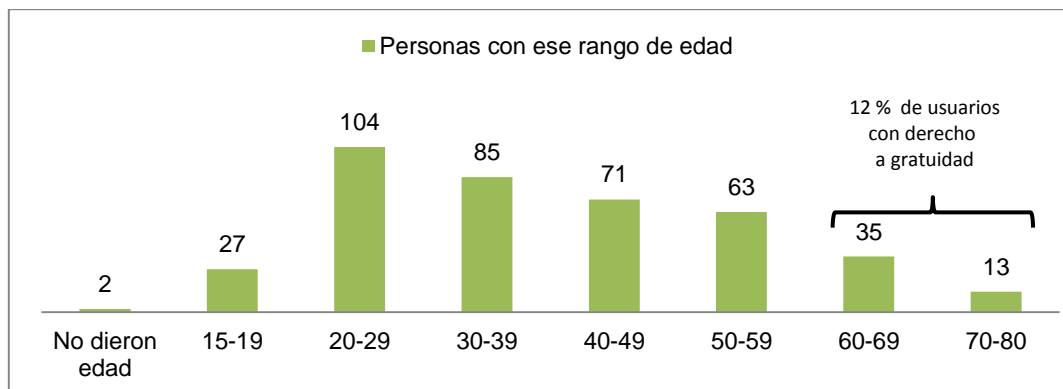
Gráfica 2. Porcentaje de mujeres y hombres encuestados.



Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

El rango de edad de las personas a las cuales se les realizó la encuesta, es de 15 a 80 años, por lo que al clasificar las edades en categorías de diez años, se tiene que la edad promedio de los usuarios va de 20 a 50 años.

Gráfica 3. Rango de edades de los usuarios del Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.

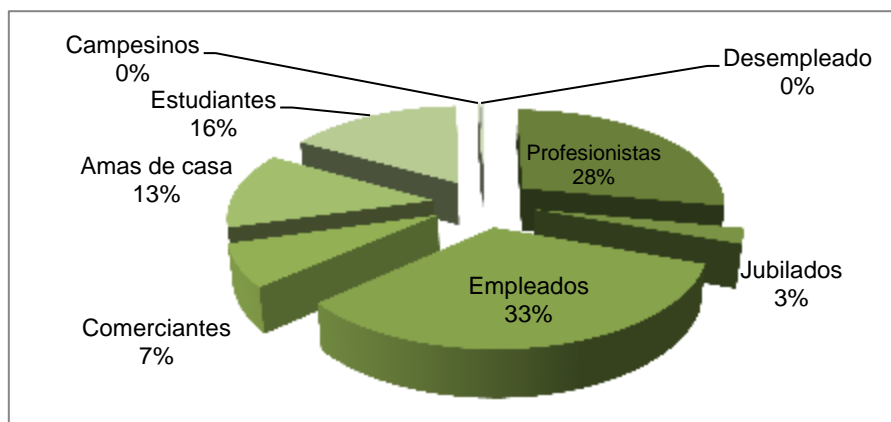


Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

En la gráfica anterior, se indica que el 12% de las personas encuestadas son adultos mayores, por lo que de acreditar su edad con alguna credencial (INAPAM, INSEN, GDF o INE), estarían en condiciones de viajar de manera gratuita, sin embargo, en este dato no se contemplan uniformados, personas con discapacidad, niños menores de 5 años, hijos del personal del STE y jóvenes afiliados al programa INJUVE, entre otros, ya que a estas personas también se les otorga la gratuidad.

De las personas encuestadas se tienen diferentes ocupaciones. A continuación, se presentan los porcentajes de las respuestas obtenidas.

Gráfica 4. Ocupación de usuarios del Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.



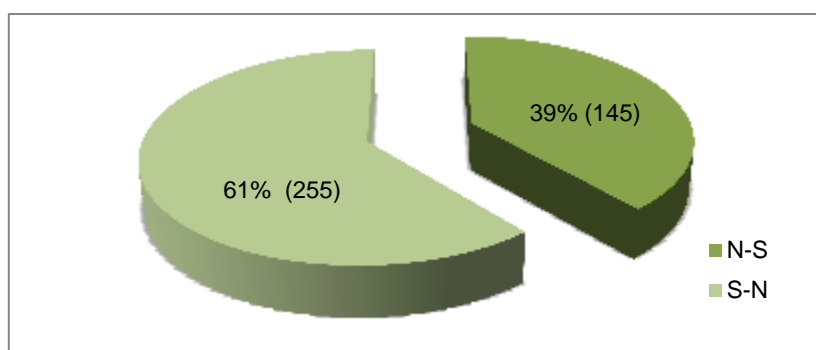
Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

El comportamiento de la demanda, para el caso del sentido Norte, se observó con mayor concentración de usuarios en la franja horaria de 18 a 21 horas, con respecto a las demás

horas del día; muy particularmente para la parada de Madero, en donde se generan grandes filas para poder abordar al trolebús.

En el sentido Sur, se observó menor demanda, pero constante; en estas condiciones fue posible encuestar al siguiente porcentaje de usuarios por sentido.

Gráfica 5. Porcentaje de usuarios encuestados por sentido.



Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Por otra parte, es necesario conocer la regularidad de uso del servicio, ya que esta información es útil para conocer el tipo de usuario que se tiene, es decir, si se trata de usuarios regulares, regulares en ruta nueva, potenciales o turista. Por tratarse de un servicio diametral, se realizó el análisis en ambos sentidos Norte y Sur. Los entrevistados reconocieron hacer uso del servicio en ambos sentidos, esto dependiendo de si van o regresan del motivo de viaje.

Tabla 4. Frecuencia de uso de usuarios encuestados.

Frecuencia de uso	Norte-Sur		Sur-Norte		General	
	No.	%	No.	%	Total	%
4 x año	1	0.6	1	0.4	2	0.5
2 x año	1	0.6	3	1.2	4	1
3 x mes	2	1.3	2	0.8	4	1
2 a 3 x semana	1	0.6	3	1.2	4	1
1 x año	2	1.3	3	1.2	5	1.25
4 x semana	8	5.2	7	2.9	15	3.75
2 x mes	8	5.2	11	4.5	19	4.75
L-S	8	5.2	19	7.8	27	6.75
L-D	12	7.7	17	6.9	29	7.25
1 x mes	8	5.2	22	9.0	30	7.5
2 x semana	17	11.0	18	7.3	35	8.75
3 x semana	17	11.0	20	8.2	37	9.25
1 x semana	19	12.3	34	13.9	53	13.25
L-V	51	32.9	85	34.7	136	34
Total	155	100	245	100	400	100

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Con la tabla 4, es posible identificar el tipo de usuarios que se tienen de acuerdo con su frecuencia de uso.

Un usuario regular en ruta cotidiana es aquél que por sus actividades, hace uso del servicio de manera diaria o constante, como empleados, trabajadores y niños de edad escolar que se ven obligados a utilizar el servicio. En este estudio los usuarios cautivos representan el 84%.

Tabla 5. Porcentaje de usuarios regulares.

Usuarios cautivos						
Frecuencia de uso	Norte-Sur		Sur-Norte		General	
	No.	%	No.	%	Total	%
L-V	51	32.9	85	34.7	136	34.0
1 x semana	19	12.3	34	13.9	53	13.3
3 x semana	17	11.0	20	8.2	37	9.3
2 x semana	17	11.0	18	7.3	35	8.8
L-D	12	7.7	17	6.9	29	7.3
L-S	8	5.2	19	7.8	27	6.8
4 x semana	8	5.2	7	2.9	15	3.8
2 a 3 x semana	1	0.6	3	1.2	4	1.0
Totales	133	86	203	83	336	84

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Para el caso de la Línea A de trolebuses, por su recorrido y diversidad de usos del suelo y actividades que se desempeñan en la zona centro, el 16% de los usuarios son eventuales, pues utilizan el servicio con poca frecuencia, como se muestra enseguida.

Tabla 6. Porcentaje de usuarios eventuales.

Usuarios eventuales						
Frecuencia de uso	Norte-Sur		Sur-Norte		General	
	No.	%	No.	%	Total	%
1 x mes	8	5.2	22	9.0	30	7.5
2 x mes	8	5.2	11	4.5	19	4.8
1 x año	2	1.3	3	1.2	5	1.3
2 x año	1	0.6	3	1.2	4	1.0
3 x mes	2	1.3	2	0.8	4	1.0
4 x año	1	0.6	1	0.4	2	0.5
Totales	22	14	42	17	64	16

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

IV.2.2. Evaluación y diagnóstico del Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses.

En esta parte, se abordan aspectos relacionados con las propiedades y cualidades del servicio, mismas que el usuario contempla y evalúa para utilizar y determinar la calidad de la prestación que recibe.

Los aspectos más importantes para hacer uso de un servicio de transporte son: tiempo (rapidez), confiabilidad, seguridad, comodidad, conectividad y tarifa.

Desde ese sentido es importante conocer cómo llegan los usuarios a la parada, para abordar el servicio, lo cual se asocia con el intercambio modal.

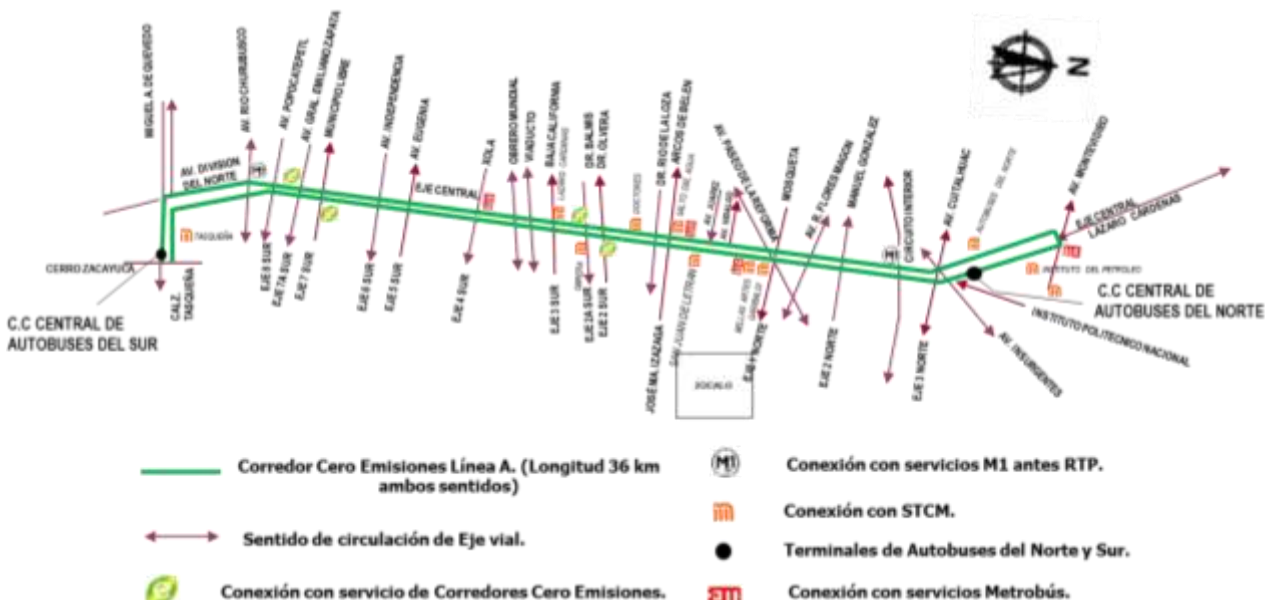
Tabla 7. Cómo llegan los usuarios a la parada para utilizar el servicio.

Modo de transporte	Número	Porcentaje %
Caminando	341	85.3
Metro	41	10.3
Microbús	9	2.3
Coche	3	0.8
Autobús urbano	2	0.5
Metrobús	2	0.5
Caminado o en bicicleta	1	0.3
Taxi	1	0.3

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

De la misma manera, es importante conocer e identificar la conectividad que el servicio tiene con vialidades, modos y servicios de transporte en la Ciudad, ya que con esto podríamos evaluar la funcionalidad, utilidad y conectividad del servicio.

Figura 22. Conectividad de la Línea A de trolebuses, con vialidades, modos y servicios de transporte de la Ciudad de México.



Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

De los datos obtenidos en campo y recorridos de Norte a Sur y viceversa, es necesario realizar un análisis para ambos sentidos, por lo que se preguntó a los usuarios si ¿tomará otro medio de transporte al bajar del trolebús o llega a su destino?, entendiendo que las personas que caminan es porque su destino está cerca a la parada del trolebús.

Tabla 8. Desplazamiento y conectividad de los usuarios al bajar del trolebús.

Modo de transporte	Norte-Sur		Sur-Norte	
	Número	Porcentaje %	Número	Porcentaje %
Caminando	120	77.4	159	64.9
Metro	20	12.9	27	11.0
Microbús	9	5.8	18	7.3
Autobús urbano	1	0.6	13	5.3
Autobús foráneo	0	0.0	13	5.3
RTP (M1)	2	1.3	4	1.6
Taxi	0	0.0	4	1.6
Combi	0	0.0	3	1.2
Caminando o taxi	0	0.0	1	0.4
Auto particular	0	0.0	1	0.4
Metrobús	2	1.3	1	0.4
Trolebús	1	0.6	1	0.4

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Con la información anterior, se pueden corroborar los comentarios hechos por los usuarios, quienes describieron que el servicio les resulta funcional, pues les permite llegar caminando a su destino.

Asimismo, es de interés que en ambos sentidos se tiene conexión con el Servicio de Transporte Colectivo Metro, el cual permite conectar con otras zonas de la Ciudad, así como con las terminales de autobuses del Sur y del Norte.

Un elemento fundamental que determina la percepción que el usuario pudiera tener del servicio, es su regularidad y disponibilidad de espacios para poder abordar la unidad que lo trasladará, por lo que se preguntó al usuario ¿Aborda a la primera unidad que pasó?, obteniendo la Tabla 9.

Tabla 9. Porcentaje de usuarios que abordan a la primera unidad que pasa.

¿Aborda a la primera unidad que pasó?	Norte-Sur				Sur-Norte				General			
	Sí aborda		No aborda		Sí aborda		No aborda		Sí aborda		No aborda	
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
	55	35.48	100	64.52	64	26.12	181	73.88	119	29.75	281	70.25

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

De la información obtenida se puede concluir que en horas de máxima demanda, 7 de cada 10 usuarios, no abordan al primer trolebús que pasa, por lo tanto es necesario saber el motivo, a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10. Motivo por el cual no abordan a la primera unidad que pasa.

Dirección	Norte-Sur		Sur-Norte		General	
	No.	%	No.	%	No.	%
¿Por qué?						
Lleno	67	67	162	89.5	229	81.5
Lleno, no para	4	4	5	2.8	9	3.2
Lleno, no pasa T. Taxqueña / T. Norte	15	15	4	2.2	19	6.8
No pasa T. Taxqueña / T. Norte	14	14	10	5.5	24	8.5
Total	100		181		281	

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

El motivo por el cual los usuarios no logran abordar el trolebús es porque, pasa muy lleno y corresponde al 81.5 %. Por lo que se les preguntó en promedio cuantas unidades dejan pasar para poder viajar, a lo que respondieron:

Tabla 11. Porcentaje de unidades que deja pasar el usuario, para poder abordar.

¿Cuántos trolebuses deja pasar?	1	2	3	4	5	6	7	10	No sabe
Norte-Sur	12%	35%	36%	10%	3%	0%	0%	2%	2%
Sur-Norte	14%	25%	33%	14%	7%	2%	1%	3%	0%
General	14%	29%	34%	12%	6%	1%	1%	2%	1%

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

En la tabla anterior, es posible identificar que el 29% y 34% de los encuestados dejan pasar, para poder abordar de 2 a 3 trolebuses respectivamente. Adicionalmente, se observó una situación más crítica para el sentido Norte-Sur; esto se debe a la falta de asignación de trolebuses hacia la terminal del Sur, esta información puede ser corroborada cualquier día hábil en un horario de 18 a 21 horas en las paradas Madero e Independencia.

Otra variable que el usuario examina para determinar la percepción de la calidad del servicio, es el tiempo, por lo que se preguntó a todos los usuarios, el tiempo promedio que ellos estiman que esperan en la parada para poder abordar al trolebús, a lo que ellos contestaron, lo que se presenta en la tabla 12.

Tabla 12. Tiempo estimado de espera por usuarios para abordar el trolebús.

Tiempo estimado de espera en la parada al trolebús por usuario	No. de personas	Porcentaje
10 minutos	93	23.3%
15 minutos	88	22.0%
20 minutos	72	18.0%
30 minutos	59	14.8%
5 minutos	37	9.3%
40 minutos	13	3.3%
25 minutos	11	2.8%
60 minutos	8	2.0%
7 minutos	6	1.5%
45 minutos	4	1.0%
1 minuto	2	0.5%
3 minutos	2	0.5%
4 minutos	2	0.5%
8 minutos	2	0.5%
35 minutos	1	0.3%

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Para poder evaluar el nivel de servicio que los usuarios perciben de la operación actual, se les solicitó que calificaran cada una de las variables a continuación indicadas en un rango de 5 a 10. Para conocer la opinión de los pasajeros, se les otorgó a cada uno de los entrevistados una tarjeta, para calificar de acuerdo a su criterio personal.

Tabla 13. Percepción del Nivel de Servicio.

NS	PERCEPCIÓN	CALIFICACIÓN
A	MUY BIEN	10
B	BIEN	9
C	ACEPTABLE	8
D	REGULAR	7
E	MALO	6
F	MUY MALO	5

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados que en la Tabla 14 se presentan, indican el valor promedio del total de las encuestas aplicadas y la calificación que los usuarios otorgaron a su actual satisfacción por la operación de la Línea "A" de trolebuses.

Tabla 14. Calificación de variables para determinar el Nivel de Servicio.

¿Cómo califica las siguientes variables?	Calificación	Percepción
Tiempo de espera del trolebús en la parada	7.0	Regular
Las condiciones para abordar y descender del trolebús	7.4	Regular
El sistema de cobro (alcancía)	8.7	Casi bien
La rapidez de servicio a bordo del trolebús	8.0	Aceptable
La ocupación del trolebús	6.6	Malo
La seguridad a bordo del trolebús	7.8	Casi aceptable
La higiene del trolebús	7.3	Regular
El trato del operador con los usuarios	8.1	Aceptable
La pericia y modo de conducción del operador	8.0	Aceptable
Las condiciones físicas y mecánicas del trolebús	7.0	Regular
Calificación:	7.6	Aceptable/Regular

Elaboración Propia con datos de campo.

Tiempo de espera del trolebús en la parada. Se obtuvo una calificación de 7.0, indicando, por parte del usuario una percepción regular, aunado a esto, indican que esperan más de 10 minutos en la parada para poder viajar.

Las condiciones para abordar y descender del trolebús. La calificación alcanzada es de 7.4, entendiendo que los usuarios perciben el área de ascenso y descenso de los trolebuses como regular; algunos encuestados mencionaron que aunque las condiciones son mucho mejores que las de otros servicios que operan en la ZMVM, pues los estribos son amplios, les resultan demasiado altos para poder subir y bajar con facilidad.

El sistema de cobro (alcancía). Esta variable alcanzó una calificación de 8.7, por tanto, los usuarios juzgan al sistema de cobro utilizado como casi bueno, ya que mencionaron que resulta muy práctico. Sin embargo, es inadecuado cuando no se dispone de la tarifa exacta, ya que no da cambio.

La rapidez del servicio a bordo del trolebús. Los usuarios califican el tiempo de traslado a bordo del trolebús como aceptable. Comentan que una vez que logran abordar al trolebús, el servicio es bueno, ya que las unidades circulan rápido y se han percatado que cuando se detienen o reducen la velocidad, se debe a situaciones ajenas que no tienen que ver con los operadores, tales como son: la invasión del carril y demasiados semáforos en rojo.

La ocupación del trolebús. La calificación es de 6.6, lo que indica que los usuarios tienen una apreciación mala del servicio, ya que comentaron que los trolebuses a todas horas circulan llenos. Argumentan que entienden y comprenden que la demanda del servicio es alta, debido a la cantidad de población que habita en la zona, pero que es necesario que se cuente con más trolebuses para poder satisfacer las necesidades de transportación de la comunidad.

La seguridad a bordo del trolebús. La calificación es de 7.8, es decir, la seguridad se evalúa como casi buena. Los usuarios comentan sentirse seguros a bordo del trolebús, no obstante, es común escuchar comentarios y ver actitudes de personas sospechosas que aprovechando la aglomeración del trolebús, despojan sin violencia a los usuarios de objetos tales como son: carteras, monederos, celulares o cualquier cosa de valor a la vista, situación que pudo ser corroborada con jefes de la terminal y reguladores del servicio, al recibir un creciente número de constantes quejas.

En este mismo sentido, algunos usuarios comentaron que en la zona de la colonia Doctores, es común que por las tardes y noches ya cuando la demanda ha disminuido, se suban personas a solicitar dinero de manera intimidante; para revisar la situación se notificó al personal de la Gerencia de Transportación, quienes comentaron que las personas responsables ya fueron detenidas. La aprehensión se llevó a cabo con apoyo de los operadores, la Secretaría de Seguridad Pública (SSP) de la Ciudad de México.

El procedimiento sugerido es el siguiente: cuando el operador se percató que se está llevando a cabo un asalto, deja que se lleve a cabo, continua con su marcha de manera normal hasta encontrar el primer botón de pánico, colocado en cualquiera de las dos aceras del Eje Vial; lo oprime y se identifica con el personal de monitoreo, proporcionando: su nombre, número de trolebús y refiere la situación; aporta la descripción y ubicación en donde se bajaron los asaltantes. De manera inmediata, se comienza el operativo de rastreo con todas las cámaras de la zona, se alerta a las patrullas cercanas al punto; el operador debe esperar a un lado del poste hasta que se le informe si la detención se concretó o no; si fue posible, regresa al trolebús e informa a sus pasajeros y esperan a que el personal de la Secretaría de Seguridad Pública (SSP), presente a los responsables para su identificación y se proceda con la detención.

La higiene del trolebús. Los usuarios de la Línea A asignaron un 7.3 a la limpieza interior del trolebús, por lo cual se interpreta como regular. Los usuarios comentaron que esto no depende del todo del organismo, ya que ellos mismos ensucian; sí se requiere de un programa de lavado exterior, ya que los trolebuses están muy sucios, principalmente los cristales, que están demasiado percutidos, lo que limita la visibilidad al exterior, más aún cuando es de noche.

El trato del operador con los usuarios. Los operadores alcanzaron una calificación por parte de los usuarios de 8.1, lo que indica que su comportamiento es aceptable. Los pasajeros comentan que dentro de los operadores, hay personal muy amable que siempre está para apoyar; pero que existe una parte menor que se muestra indiferente, situación por la cual no se puede generalizar.

La pericia y modo de conducción del operador. Esta variable fue evaluada con 8.0, lo que indica que el modo de conducir del operador es aceptable. Sin embargo, algunas personas encuestadas comentaron que la manera de arrancar resulta agresiva, situación que desconocen a qué se deba. Al preguntar esta situación al personal de la Gerencia de Transportación, se

explicó que el torque de esta tecnología es así, y que se ha trabajado para resolverse, pero que no es una mala práctica del operador.

Las condiciones físicas y mecánicas del trolebús. Al respecto, la percepción de los usuarios corresponde a 7.0, por lo tanto, el usuario considera a las condiciones de los trolebuses como regulares, una parte de los encuestados comentan que es común observar trolebuses descompuestos sobre el recorrido. Asimismo, otros entrevistados comentan que los operadores les piden pasar al trolebús de atrás por fallas del trolebús en el que viajaban.

Una vez interpretados los resultados obtenidos de la encuesta, así como de algunas opiniones de manera sintética por los usuarios, se puede concluir que el servicio de la Línea "A" de trolebuses del Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas, a pesar de sus condiciones de operación actuales, recibe una calificación de **7.6**; por lo tanto, cuenta con una percepción que se encuentra entre regular y aceptable.

Se realizó una pregunta adicional que sale de los alcances de esta investigación, pero que resulta importante conocer, ya que gran parte de los regímenes y condiciones de operación se deben a la tarifa; pues de ello depende la inversión y el mantenimiento que el servicio pueda tener. Se preguntó, ¿en pesos cuánto más estaría dispuesto a pagar si el servicio mejora? Las respuestas obtenidas, se detallan en la Tabla 15.

Tabla 15. Disposición a pagar si el servicio mejora.

Comentario	No de personas	%
5 pesos	142	35.5
6 pesos	108	27
Que se quede en 4 pesos	83	20.75
7 pesos	23	5.75
10 pesos	15	3.75
8 pesos	14	3.5
Sin comentarios	9	2.25
5.5 pesos	1	0.25
12 pesos	1	0.25
15 pesos	1	0.25
20 pesos	1	0.25
Lo que sea pero que mejore	1	0.25
Que cueste menos	1	0.25

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

De las respuestas obtenidas, se logró conocer que el 35 % y el 27 % de los entrevistados se muestran consistentes en que una mayor calidad en el servicio recibido, podría ser recompensado con una mayor tarifa; por lo que asimilarían un incremento de uno y dos pesos, únicamente si el servicio realmente se ve mejorado.

IV.3. Análisis de calidad de la Línea "A" de Trolebuses Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas, con relación al Modelo de Ishikawa.

En la sección anterior, fue posible evaluar y conocer la percepción del nivel de servicio que los usuarios tienen de la Línea A de trolebuses. Ahora es necesario describir y analizar su funcionamiento, conforme a los métodos y procesos utilizados.

Para esto, se retomará la idea que se planteó en el apartado III.3, donde se explicó el enfoque de calidad del servicio y el empleo del Método de Ishikawa, aplicado a la Línea A de Trolebuses.

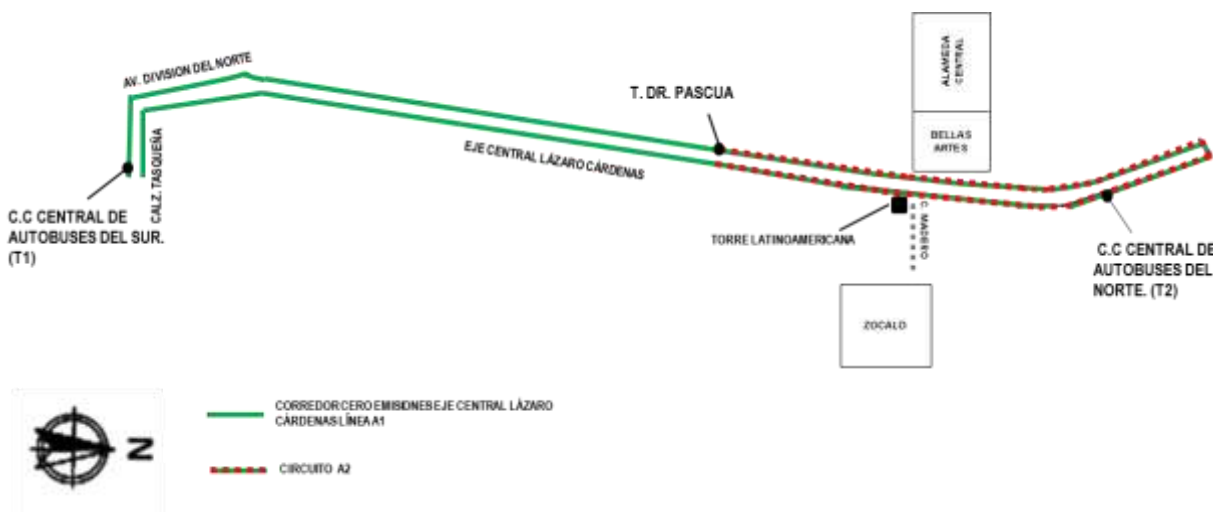
IV.3.1. Planes e itinerarios de operación.

La Línea A de Trolebuses "Corredor Cero Emisiones" Eje Central Lázaro Cárdenas tiene una longitud de 36.6 km; por su recorrido diseñado de Norte a Sur y viceversa transita por el centro de la Ciudad de México, por lo que se puede considerar un servicio de transporte público urbano de pasajeros, de tipo diametral.

El recorrido y la diversidad de usos del suelo a lo largo del corredor, permiten tener un alto índice de renovación y una demanda mayor y permanente para arribar y salir de la zona centro; esto en ambos sentidos. Por lo que se puede también considerar un servicio doblemente radial.

Desde el inicio de su operación el 1 de agosto de 2009, se supo que presentaría una alta demanda de usuarios en la zona centro, al ser el único servicio de transporte que se ofrecería a lo largo del Eje Central Lázaro Cárdenas.

Figura 23. Línea "A" de Trolebuses "Corredor Cero Emisiones" Eje Central Lázaro Cárdenas.



Fuente: Elaboración propia.

Esta situación, dio la pauta para desarrollar un circuito más corto dentro de la misma línea, operando de la Terminal de Autobuses del Norte a la Terminal Doctor Pascua y viceversa; a este recorrido el STE lo denomina Línea A2 y actualmente opera compartiendo paradas e infraestructura con la Línea A1 en la zona de confluencia.

En la operación, se pueden observar diferentes destinos como son: Consulado, Tlatelolco y Poniente 112 en la dirección Norte y Doctores, Ajusco en dirección Sur. No obstante, estos servicios son implementados cuando existe algún motivo que impide el paso de los trolebuses (manifestaciones, eventos especiales, reparaciones), cuando se presenta una demanda mayor en alguna sección, o simplemente para hacer más eficiente la línea cuando se cuenta con pocas unidades.

Un claro ejemplo, es el caso que actualmente se vive con la construcción de un puente vehicular en la Av. Montevideo y Eje Central, donde se genera alta carga de tránsito vehicular, escenario que ocasiona que un recorrido de 7 minutos, detenga a los trolebuses de 30 a 45 minutos; circunstancia por la cual se retornan algunos vehículos en la Av. Poniente 112, logrando con esto agilizar el servicio.

La Línea "A" de trolebuses fue proyectada para operar en carriles laterales de uso preferencial con derecho de vía de tipo B en ambos sentidos de circulación, en sentido del flujo general y en contraflujo. Sin embargo, en la actualidad las condiciones son muy similares a las de carriles con derecho de vía tipo C, pues es común observar la obstrucción al libre tránsito de los trolebuses.

El servicio actualmente se proporciona de las 5:00 a 23:00 horas, pero en apoyo a pasajeros que por diversos motivos requieren del servicio fuera del horario habitual; el STE ofrece en sus "Corredores Cero Emisiones" corridas con menor frecuencia de las 23:00 a 5:00 horas, a este servicio se le denomina Noche-bus.

La Gerencia de Transportación del STE, actualmente es el área responsable de desarrollar los planes e itinerarios de operación de las 8 líneas activas y en particular, de la Línea A de trolebuses. Además, se encarga de la asignación de roles de trabajo del personal operativo y de la gestión de todo lo necesario para la correcta operación de los servicios.

Cada año, los programas de operación se basan en la información del año anterior y una vez que fueron desarrollados, deben ser revisados y autorizados por la Alianza de Tranviarios de México (ATM), que es el Sindicato; para que éste lleve a cabo la asignación de las jornadas de sus operadores.

De igual manera, le corresponde a la Gerencia de Transportación la asignación de trolebuses en operación. Actualmente, se tienen asignados 85 trolebuses a la Línea A, aunque en el proyecto inicial se contemplaban 120 trolebuses, número que nunca fue posible conseguir.

De acuerdo con información proporcionada por la Gerencia de Transportación, se tiene que los planes de operación para la Línea A de trolebuses en el año 2017 consideraron lo siguiente:

Tabla 16. Planes de operación del Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.

Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.										
Línea	Terminales	Número de paradas		Longitud (Km)	Trolebuses programados	Intervalo de paso (min.)	Tarifa (pesos)		Distancia promedio entre paradas (metros)	Tiempo de ciclo (minutos)
		S-N	N-S				Día	Noche		
A1	T. Norte- T. Sur	51	42	36.6	60*	2*	4	7	333.55	135.0*
A2	T. Norte -T. Dr. Pascua	26	17	16.5	25*	2*	4	7	383.72	62.0*

Fuente: Elaboración propia con información de la Gerencia de Transportación del STE. Los datos que cuentan con (*) en campo no se están cumpliendo.

Al realizar diferentes observaciones en campo, así como revisiones de los informes diarios de jefes de terminal, se pudo observar que los planes e itinerarios no se están cumpliendo por diferentes motivos, como por ejemplo:

1. Los intervalos de paso no se están respetando porque los trolebuses se están inyectando de las terminales de acuerdo con la disponibilidad y a criterio de los jefes de terminal.
2. Los tiempos de ciclo no se están cumpliendo, ya que en los informes diarios de los jefes de terminal, los registros de tiempos son muy variables.

La problemática es resultado de la constante obstrucción del carril confinado, de las malas prácticas del personal operativo, mala sincronización de semáforos o de cualquier otra eventualidad que obstruya el libre tránsito de los trolebuses.

De acuerdo con el último estudio elaborado por la Subgerencia de Planeación del STE, desarrollado en el segundo semestre de 2017, se tiene que los datos de tiempo promedio de terminal a terminal son los siguientes. Tabla 17.

Tabla 17. Variación de tiempos de recorrido y ciclo en la Línea A.

Línea	Terminal	Tiempos actuales de:		Tiempo proyectados de:		Terminal
		Recorrido	Ciclo	Recorrido	Ciclo	
A1	C. de Autobuses del Norte (T1)	105 min	189 min	70 min	135 min	C. de Autobuses del Sur (T2)
	C. de Autobuses del Sur (T2)	84 min		65 min		C. de Autobuses del Norte (T1)
A2	C. de Autobuses del Norte (T1)	60 min	94 min	37 min	62 min	Dr. Pascua
	Dr. Pascua	34 min		25 min		C. de Autobuses del Norte (T1)

Fuente: Elaboración propia con información de la Gerencia de Transportación y la Gerencia de Planeación del STE.

En la tabla anterior, se presenta la variación de tiempo de recorrido y tiempo de ciclo que se tiene en cada uno de los servicios. El personal operativo comenta que los tiempos actuales pueden variar, de acuerdo con la hora del día y otras circunstancias, pudiendo ser mayores o menores.

3. El número de trolebuses asignados para la explotación del servicio, rara vez se encuentra, disponible y en condiciones adecuadas para operar, ya que fallan constantemente antes y durante la operación.
4. El personal operativo no respeta las reglas de operación que le fueron indicadas, ya que no se respeta el intervalo de paso entre los trolebuses, límites de velocidad, así como horarios y jornadas de trabajo; este último puede ser consecuencia de la variación del tiempo de recorrido.
5. Existe escasa supervisión operativa y mínima aplicación de sanciones al personal operativo, ya que es común observar trolebuses juntos o con intervalos muy abiertos, sin que se implementen acciones concretas para regular el servicio de manera más efectiva, esta situación causa desagrado entre los usuarios.
6. Se observaron conductas inapropiadas de los usuarios, como por ejemplo.
 - a) No suben con su tarifa en mano.
 - b) No respetan las áreas de ascenso y descenso.
 - c) Permanecen en la primera sección del trolebús.
 - d) Obstruyen el pasillo con mochilas y bultos.
 - e) No utilizan la parte trasera del salón de pasajeros del trolebús.
 - f) Obstruyen la zona de descensos.
 - g) No anticipan su bajada.

Estas situaciones no permiten el correcto flujo de los demás ocupantes dentro del trolebús y complica la operatividad del servicio.

Es importante mencionar que cada una de las causas antes mencionadas es efecto de otras variables del sistema, que serán desarrolladas más adelante, pues tienen que ver con situaciones del entorno, el personal y el equipo operativo.

IV.3.2. Personal operativo.

Se cuenta con personal operativo y experiencia en la explotación del servicio de trolebuses desde hace más de 60 años, pero el personal desobedece reglas y presenta conductas inapropiadas, que son causa de efectos negativos en la explotación del servicio, tales como:

1. Los operadores no respetan los límites de velocidad, dando alcance al trolebús delantero y no se cumple el número de vueltas asignadas a sus jornadas de trabajo. Esto también puede depender de las condiciones externas, el tránsito, situación que no debería de afectar, puesto que el servicio está diseñado a operar con un carril preferencial.

Se identificó que personal operativo muestra cierto desagrado por sus labores y condiciones de trabajo, ya que comentan que el estado de los trolebuses no es el adecuado para desarrollar su labor de manera segura.

2. Los jefes de terminal no siempre procuran que el intervalo sea homogéneo, pues se observó que en las terminales, la salida de los trolebuses se realiza con intervalos muy cerrados o abiertos.

En el registro y control de horarios de llegadas y salidas de terminal, se observó que no se está capturando de una manera estandarizada la información, pues cada jefe de terminal llena su Informe Diario de Terminal de manera distinta; se omite información elemental como lo es la hora de llegada a la terminal; por ejemplo.

El personal de apoyo en terminal, no siempre está dispuesto a realizar trabajos que no estén descritos en su contrato, situación que dificulta y condiciona la operatividad de las terminales.

3. Es deficiente la supervisión y el control de actividades, ya que en la captura de información en los formatos, se detectó que existe inconsistencia con lo observado en campo, básicamente en la captura de horarios.

Se dispone de personal y vehículos asignados exclusivamente a la supervisión del servicio. Sin embargo, durante el período de estudio, no fue posible observar la presencia de los mismos, motivo que está generando que no se tenga control sobre los programas de explotación del servicio y el personal operativo, pues saben que no se está teniendo control y seguimiento de sanciones.

4. Es necesaria la retroalimentación, para que el personal operativo conozca la percepción que el usuario tiene del servicio, pues cada vez es más común que los pasajeros indiquen que algunos operadores son groseros y no realizan la parada, aun cuando observan que es un pasajero de la tercera edad.

En este sentido el Sr. Sergio Paul Borja Macías, Jefe de Instrucción Operativa de Trolebuses, comenta que por lo menos una vez al año todos los operadores reciben una capacitación, misma que está programada con base en las quejas que se tienen de los usuarios, ya que se conoce la situación y se ha estado trabajando en ello. En este sentido, se pudo corroborar la información, pues fue posible estar presente en las capacitaciones que los operadores reciben.

5. Se observó que el personal directivo no está generando o buscando los canales, para mantener y promover el uso de esta tecnología para el transporte público colectivo de pasajeros, ya que se observó que se carece de programas para mejorar el servicio.

IV.3.3. Equipo de transporte (trolebuses).

Los trolebuses se tienen que considerar como una parte fundamental de la operación, ya que son los equipos de transporte con los cuales se proporciona el servicio y es indispensable que se encuentren en condiciones adecuadas para operar.

De los trolebuses asignados para la explotación en la Línea “A”, se pudieron identificar diversas causas que afectan a la operación actual, haciéndose necesario realizar ajustes a los planes e

itinerarios, ya que se tienen que modificar intervalos y roles de trabajo. Las principales causas son:

1. No se dispone de los 85 trolebuses asignados a la explotación del servicio, ya que la flotilla de trolebuses del STE ha presentado bajas y por lo tanto, en la Línea A.
2. De los trolebuses disponibles comúnmente se presentan descomposturas durante la operación, por lo que se solicitó el “informe diario de carros cambiados”, formato en el cual el expedidor de trolebuses registra las unidades que ingresan al depósito por diversas situaciones.

En este formato el expedidor de trolebuses registra: el número económico, corrida, el motivo por el cual reingresa al depósito, el operador que lo hace, así como la hora de llegada y la hora que se incorpora nuevamente a sus labores, en caso de que así sea. Al revisar detenidamente el último reporte, del 01 al 15 de diciembre de 2017, se pudo registrar que tan solo de la línea A ingresaron 210 trolebuses por diferentes motivos. (Tabla 18).

Tabla 18. Porcentaje y número de fallas en los trolebuses de la Línea A, que fueron motivo de ingreso a los depósitos.

No.	Falla	Línea		Línea A	%	No.	Falla	Línea		Línea A	%
		A1	A2					A1	A2		
1	Llanta pinchada	78	20	98	47	15	Sobre corriente	3	0	3	1
2	Corta corriente	20	8	28	13	16	Birlo roto	2	0	2	1
3	Convertidor	9	1	10	5	17	Fuga de aire	2	2	4	2
4	Compresor	7	0	7	3	18	Electrizado	1	0	1	0
5	Rota cámara	7	1	8	4	19	Porta carbón	1	0	1	0
6	Secuencia	7	1	8	4	20	Por Choque	1	0	1	0
7	Masa	6	1	7	3	21	Retriver	1	0	1	0
8	Suspensión	6	0	6	3	22	Pasa manos roto	1	0	1	0
9	Diferencial	6	1	7	3	23	Ventanilla rota	1	0	1	0
10	Puertas	5	3	8	4	24	Reversa	0	1	1	0
11	Frenos	5	1	6	3	25	No corriente	0	1	1	0
12	Dirección	4	6	10	5	26	Despitonado	0	2	2	1
13	Rin roto	4	0	4	2	27	Conexión rota	0	1	1	0
14	No tracciona	3	0	3	1		Totales	167	43	210	

Fuente: Elaboración propia, con datos del Informe diario de carros cambiados. Los números que en esta tabla se muestran únicamente representan las fallas del periodo 01-15/12/2107.

El personal del STE comenta que estas fallas son consecuencia del uso, de la sobrecarga de las unidades y de las jornadas de trabajo a las que son sometidas, así como de la falta de mantenimiento por escasez de refacciones.

3. En el mismo sentido, se desconoce si el Área de Calidad e Ingeniería ha realizado cambios a los estándares de calidad, para realizar la compra de materiales y refacciones de ciertas características, que garanticen su durabilidad y desempeño, ya que se tiene el registro de materiales con menor durabilidad.

4. Se desconoce si el Área de Mantenimiento está cumpliendo con los planes de mantenimiento, no obstante, la Gerencia de Transportación cuenta con el siguiente programa.
 - a) **Mantenimiento preventivo**, cada 5 mil kilómetros o 35 días, lo que ocurra primero.
 - b) **Mantenimiento correctivo a diario**, trabajos que se realizan a diario con base en los reportes de fallas de cada unidad.
 - c) **Mantenimiento predictivo**, estos trabajos se realizan con base en lo que ya se tiene previsto a reemplazar por uso o vida útil, tales como neumáticos, carbones, limpiadores, etc.

Es oportuno realizar un análisis de algunos aspectos que están causando efectos negativos en la percepción del usuario; ya que tienen que ver con la apariencia física de los trolebuses, tales como son:

5. La higiene de los trolebuses. Si bien son trapeados en cada terminal antes de iniciar su recorrido, el aseo del exterior no está siendo atendido, pues los cristales están percutidos y las carrocerías están demasiado sucias.
6. Los sistemas de ventilación. No funcionan del todo bien ya que los pasadores de los cristales no atorán, de igual manera se carece de gomas de acoplamiento en los sistemas de puertas.
7. El sistema de iluminación. En algunos trolebuses, no funciona en su totalidad debido a que existen lámparas fundidas y en mal estado o con cortos eléctricos.
8. Condiciones de ascenso y descenso. Los usuarios consideran aceptables las áreas para abordar y descender de los trolebuses en comparación con otros modos de transporte de la Ciudad, ya que los escalones son amplios y en algunas unidades se instalaron rampas para discapacitados. Sin embargo, para garantizar la movilidad de todas las personas, especialmente adultos mayores y pasajeros en sillas de ruedas, los escalones tal vez sean inadecuados.

Otro aspecto importante que tiene que ver con las condiciones de los trolebuses y que fue posible conocer gracias a un recorrido realizado por los patios y talleres del depósito de San Andrés Tetepilco. Se refiere al funcionamiento de diferentes sistemas auxiliares indispensables para la conducción de los trolebuses, mismos que crean desagrado e inseguridad en el personal operativo.

9. El asiento del operador, resulta incómodo y deteriorado para una jornada de conducción de 9 horas, situación que genera dolores de espalda.
10. Sistema de limpiadores inservibles, o en el mejor de los casos, sólo cuentan con el limpiador izquierdo del operador, así mismo los parabrisas están estrellados y percutidos, condiciones que limitan la visibilidad, especialmente cuando se circula en contraflujo.

11. Luces exteriores. En unos trolebuses los cuartos no prenden y el sistema de luces direccionales son inservibles, algunas unidades ni siquiera cuentan con los sistemas de mandos.
12. Elementos del panel de control como: manómetros, voltímetros y amperímetros, no funcionan; situación que los operadores argumentaron en la capacitación, ya que resulta indispensable para conocer la presión de aire.
13. El claxon en casi todos los trolebuses no funciona y en algunos trolebuses se han habilitado botones alternos en otros lugares del panel de control; es una herramienta fundamental para la operación.
14. Direcciones exageradamente duras por la falta de lubricación y mantenimiento, en este caso, existe el registro de operadores con intervenciones quirúrgicas por problemas de espalda y hombros, situación que se ha atribuido a la mala postura y a los esfuerzos que su trabajo requiere.
15. El sistema de apertura y cierre de puertas, presenta fallas constantemente pues pierden presión y recurrentemente son dañadas por los esfuerzos adicionales que los usuarios le generan en horas de alta demanda.
16. El Timbre continuamente presenta cortos y no suena, lo que ha ocasionado malos entendidos entre los pasajeros y los operadores.
17. Llantas lisas o muy recocidas, esto se debe al uso y al excesivo número de recubrimientos a las que han sido sometidas. El personal operativo comenta que en temporada de calor, la problemática se incrementa, pues se tiene el mayor registro de llantas ponchadas y reventadas.

Estas situaciones han ocasionado que el personal operativo demuestre inconformidad para trabajar, ya que argumentan que se pone en riesgo a la sociedad y particularmente a su propia integridad.

IV.3.4. Infraestructura para el servicio.

Son los elementos físicos de equipamiento urbano que influyen de manera directa en la operación del servicio: carriles, estaciones y terminales, así como sistemas de alimentación, entre otros.

1. **Estaciones.** A pesar de que están bien definidas para realizar el ascenso y descenso de pasajeros, en algunos puntos son inseguras, están sucias y vandalizadas, incluso se pudo observar que resultan insuficientes para resguardar a los pasajeros de las inclemencias del tiempo.

En paradas con mayor demanda, se observaron conductas inapropiadas por parte de los usuarios. Esta situación se está resolviendo, realizando el descenso de los usuarios algunos metros antes de las paradas, no obstante, esto incrementa los tiempos de recorrido.

En la zona centro se identificó que las paradas son utilizadas por el comercio informal, lo que genera inseguridad e inconveniencia a los usuarios.

Figura 24. Parada Madero, deficiencias para alojar a los usuarios.



Fuente: Fotografía propia capturada de campo.

Al respecto se investigó, sobre la propiedad, mantenimiento y limpieza de las estaciones. Son propiedad de la Secretaría de Movilidad (SEMOVI) y es su responsabilidad darles mantenimiento, mientras que la limpieza del Mueble Único de Publicidad Iluminada (MUPI), corresponde a las empresas propietarias de la misma.

Figura 25. Parada Madero, descenso de pasajeros metros antes de la parada.



Fuente: Fotografía propia capturada de campo.

- 2. Terminales.** Se carece de infraestructura, particularmente para garantizar el resguardo de los usuarios mientras esperan abordar el trolebús, ante las inclemencias del tiempo, así como para generar mayor identidad y presencia del servicio en las terminales Sur y Norte.

Se necesita mayor espacio para alojar apropiadamente a los trolebuses, ya que impiden el correcto control de los jefes de terminal y de la reparación de las posibles descomposturas que se presenten.

- 3. Carriles.** Las vías por las cuales circulan los trolebuses, están considerados como carriles de uso exclusivo. Sin embargo, actualmente se presenta la invasión del carril, por todo tipo de usuarios: peatones, ciclistas, triciclos de carga, motociclistas, vehículos repartidores, vehículos oficiales, unidades de servicio y de emergencia, taxis y vehículos particulares.

Figura 26. Obstrucción de carril por un vehículo de emergencia.



Fuente: Fotografía propia capturada de campo metros antes de la parada de Madero.

Al respecto es necesario mencionar que existe escasa vigilancia policiaca que haga valer el carril exclusivo del trolebús, como se hizo en el año 2009 cuando comenzó a operar el corredor. Con ello habría mayor control sobre los tiempos de recorrido.

Esta situación, está generando problemas al sistema de suspensión y neumáticos, debido a los constantes esfuerzos y golpeteos a que son sometidos con los elementos de confinamiento (boyas).

Por lo que respecta a las condiciones de la superficie de rodamiento, actualmente se observa un alto grado de deterioro, pues presenta ondulaciones, baches y agrietamientos, situación que obliga a reducir la velocidad de circulación, que de igual manera repercute en el funcionamiento de los sistemas de dirección, suspensión y neumáticos de los trolebuses, inclusive en el confort de sus ocupantes.

Estas problemáticas representan una variable fundamental en la operatividad del servicio, pues se incrementan los tiempos de recorrido y por tanto, los tiempos de ciclo.

Cuando ocurren estas averías no suele ser causa suficiente para detener el servicio, ya que el trolebús puede pasar a baja velocidad o con volantes.

Los daños por externalidades representan el 20%, de las fallas, debido a choques con los postes, caída de ramas y un evento que en los últimos meses se ha incrementado de manera notables, el robo del cable alimentador. El 10 % restante de las averías, se debe al uso y la falta de mantenimiento.

El personal operativo y de mantenimiento a trolebuses, identifica a la variación de corriente en la línea de alimentación eléctrica, como constante de fallas de secuencia y sobrecorriente en los trolebuses. Al respecto, el personal del Área de Instalaciones Eléctricas indica que la problemática se debe a la saturación de la línea, es decir, porque operan varios trolebuses en la misma sección, y/a que la energía eléctrica que circula por la sección no es suficiente para alimentar a tantos trolebuses al mismo tiempo, por lo cual, se debe a una causa operativa, al no tener buena coordinación y control de los trolebuses en operación.

5. Sistema de comunicación.

El Servicio de Transportes Eléctricos, cuenta con un Puesto Central de Control (PCC), área encargada de controlar el suministro de energía de todas las Subestaciones distribuidas a lo largo de la ciudad, mismas que se encargan de abastecer de energía a la red de trolebuses, las 24 horas del día los 365 días del año.

Dentro del PCC existe un espacio alterno, el Centro de Comunicaciones (CC), área encargada de atender urgencias y emergencias que pudieran surgir en los servicios operados por el STE.

El CC clasifica las llamadas en urgencias y emergencias con base en la gravedad de la situación. Se clasifica como urgencia, cuando en el incidente existen de por medio vidas humanas, y emergencias, cuando la situación es menor, dándole prioridad a las urgencias.

La comunicación del CC con el personal operativo es vía telefónica, a través de un número gratuito 01800 o un número fijo, esto lo pueden hacer los operadores desde cualquier teléfono público y para el caso de jefes de terminal, reguladores de servicio y personal de supervisión, la comunicación es a través de radios de comunicación que son propiedad del STE.

El CC es el responsable de atender las solicitudes del personal operativo, así como de canalizar e informar al área correspondiente de la situación, para brindar la atención de manera inmediata.

V. Propuestas y recomendaciones para mejorar el Nivel de Servicio de la Línea A de Trolebuses Corredor Cero Emisiones Eje Central Lázaro Cárdenas.

V.1. Propuestas para mejorar la operación de la Línea A de Trolebuses, sin costo adicional.

La metodología del Modelo de Ishikawa, proporciona información para identificar las principales causas que generan efectos negativos, por lo que otorga la posibilidad de dirigir los esfuerzos para la atención de tales motivos.

Se identificó que el STE y la Línea A de Trolebuses, cuentan con la estructura organizacional y operativa necesaria para ofrecer un servicio adecuado. Sin embargo, el entorno y en particular, su derecho de vía, así como el personal operativo, son áreas que necesitan retroalimentación y una posible reestructuración, adicionalmente se identificaron deficiencias en los trolebuses e infraestructura para el servicio.

V.1.1. Garantizar los tiempos de recorrido.

El Gobierno de la Ciudad de México otorgará trato preferencial a los corredores de transporte público de pasajeros. Sin embargo, el carril confinado para el tránsito de trolebuses en el Eje Central Lázaro Cárdenas recurrentemente es obstruido, afectando con ello de manera directa a los tiempos de recorrido. Por esta circunstancia se considera imprescindible el apoyo de las autoridades de tránsito, para la supervisión continua del derecho de vía y en su caso, la correspondiente aplicación de sanciones a quienes indebidamente obstruyan el carril reservado para el trolebús.

Es necesario que ante cualquier eventualidad, como construcciones, mantenimiento, manifestaciones o eventos especiales, se garantice el libre tránsito de los trolebuses sobre el carril confinado.

En el mismo sentido, es de carácter urgente que en la terminal de Doctor Pascua, se agilice la correcta inyección de los trolebuses de la Línea A2, pues se identificó a la intersección de Chimalpopoca con Eje Central Lázaro Cárdenas, como un punto conflictivo que detiene a las unidades y dificulta garantizar la regularidad en los intervalos de paso, lo cual se puede lograr asignando oficiales de tránsito en el punto. Así mismo, es necesario revisar la sincronización del sistema de semáforos, buscando dar prioridad de paso al servicio.

En el cruce de Montevideo y Eje Central, es necesario que se agilice y se garantice el paso preferencial del trolebús, pues durante la construcción del puente en dicho sitio, se registran demoras extraordinarias, que impiden la regularidad de los tiempos de paso entre dos vehículos consecutivos. Se recomienda la presencia de oficiales de tránsito para coadyuvar en la atención de este conflictivo sitio. Lo mismo se debería de considerar en futuras obras asociadas con algún arco o intersección del recorrido de la Línea A.

Garantizar la exclusividad del carril confinado del trolebús, se reflejara en mayor regularidad de los tiempos de recorrido en la Línea A de trolebuses “Corredor Cero Emisiones” Eje Central Lázaro Cárdenas. Con ello sería posible garantizar al usuario:

1. Mayor rapidez del servicio.
2. Normalizar y garantizar el intervalo y la frecuencia de paso de los trolebuses.
3. Disminuir el tiempo de espera y la aglomeración de las paradas.
4. Optimizar el índice de ocupación de los trolebuses y por tanto, mejorar la comodidad a bordo de estos; además, se contribuirá a limitar la posibilidad de robo.

También, aportarían beneficios para la organización y la operación del servicio, como:

5. Estandarizar los tiempos de recorrido y por tanto, los tiempos de ciclo, logrando tener mayor disponibilidad y control de los trolebuses, así como del personal operativo.
6. Ofrecer mejores velocidades comerciales del servicio.
7. Mejorar el control motivación y seguridad de los operadores, así como el manejo de sus jornadas de trabajo.
8. Identificar si los planes e itinerarios de operación planteados son los adecuados o si requieren ajustes.
9. Tener mejor control y administración de la demanda, evitando los elevados índices de ocupación, en los trolebuses, pues habría mayor regularidad en el servicio.
10. Mejorar la distribución de los trolebuses, impidiendo que se descuide la zona Sur de la línea.
11. Evitar la aglomeración de trolebuses en las terminales.
12. Evitar que en las estaciones de alta demanda, se generen larga filas de usuarios en espera del trolebús, mejorando la imagen del servicio.

V.1.2. Control y eficiencia en las labores del personal operativo y de supervisión.

Es necesario que el personal directivo y de la Alianza de Tranviarios de México unan esfuerzos para mejorar los servicios que otorga este organismo público descentralizado.

Conjuntamente, operadores del servicio y personal de la Dirección de Transportación, deben realizar una inspección en campo de las problemáticas que se viven en las terminales, recorridos y depósitos a fin de identificar las necesidades reales y generar las acciones para su corrección así como el seguimiento correspondiente.

Se deben realizar y formalizar manuales de procedimientos, que permitan estandarizar cada uno de los procesos relativos a la operación, pues se identificó que cada una de las labores se desempeña de manera distinta por el personal involucrado. Capacitar a todo el personal operativo con relación a dichos procedimientos, establecer sanciones por incumplimiento.

Igualmente se debe garantizar la permanencia de los reguladores de servicio, así como una correcta comunicación entre cada una de las personas responsables de la coordinación del

servicio, es necesario que este personal cuente con el perfil para hacer valer el reglamento interior; con esto se pretende que el servicio sea monitoreado y se garantice la regularidad de paso.

De garantizar el libre tránsito de los trolebuses, revisar y definir los procesos de las terminales y mantener una buena comunicación entre el personal involucrado, la Gerencia de Transportación estaría en condiciones de:

1. Exigir a los jefes de terminal, que la información sea registrada de manera correcta, ya que estos datos resultan indispensables para obtener estadísticas de tiempos de recorridos y de ciclo, mismos que permitan generar análisis y ajustes correspondientes a los planes y programas de operación.
2. Exhortar al personal de supervisión operativa, a vigilar y monitorear qué tanto operadores como jefes de terminal desempeñen sus actividades de manera adecuada, y así hacer efectivo el reglamento interno.
3. Obtener reportes periódicos de incidencias, que permitan desarrollar áreas de oportunidad para mejorar el servicio.
4. Garantizar que los operadores conserven su intervalo de paso entre unidades consecutivas.
5. Ofrecer velocidades que garanticen al usuario seguridad y regularidad de paso.

V.1.3. Seguridad y vigilancia de la infraestructura y del servicio.

Existen externalidades que afectan la operatividad e imagen del servicio, sin embargo, supera a los alcances y el control del STE, motivo por el cual, se debe trabajar de manera conjunta y coordinada con la Secretaría de Seguridad Pública (SSP-CDMX).

Una problemática que se debe de resolver de manera inmediata, es el robo de cable alimentador, situación que el personal correspondiente del STE, debe de revisar con la SSP-CDMX, a fin de garantizar el resguardo de la infraestructura.

En el mismo sentido de la seguridad y el control del servicio, se debe solicitar personal de la SSP-CDMX en terminales y paradas con alta demanda, así como mantener estricta vigilancia a lo largo del corredor, como se hace en los demás sistemas de transporte de la ciudad, evitando con esto el robo a bordo de los trolebuses, el daño de paradas y terminales.

Evitándose el robo del cable alimentador, se reduciría la interrupción de servicio, así como la fuga de recursos por gastos innecesarios. Tener personal de seguridad en paradas con alta demanda y terminales permitiría agregar valor al servicio, además que éste puede apoyar al control y orientación de los usuarios.

V.2. Propuestas de bajo costo que contribuirían a mejorar el servicio de la Línea A.

Con el conjunto de acciones anteriormente descritas, que no significan ninguna erogación adicional para el STE, se estaría en posibilidad de ofrecer una mejor calidad de servicio al usuario.

No obstante, para conseguir una mejoría aún más notoria, sería necesaria la inversión de recursos para el sistema de información al público usuario, el sistema de señalización horizontal y vertical a lo largo del eje vial y la mayor disponibilidad de vehículos para proporcionar el servicio.

V.2.1. Acciones orientadas al comportamiento de los usuarios.

Se observaron comportamientos y actitudes de los usuarios que complican la correcta operación, por lo que, se sugiere que se refuerce la información proporcionada al usuario y se le concientice sobre que su comportamiento repercute en la adecuada operación del servicio. Un eficiente sistema de información, ayudaría a agilizar el servicio. La información se recomienda que sea publicada en terminales, paradas (MUPI) y trolebuses, según sea el caso.

Si bien la información al público ya existe, no está cumpliendo eficazmente su propósito, porque carece de visibilidad o ha sido vandalizada.

Tabla 19. Información necesaria para mejorar el servicio.

Información	Terminales y paradas de alta demanda	Paradas (MUPI)	Trolebuses
Terminal de destino			X
Larguillo de recorrido y conexión con otros servicios así como puntos de interés sobre el recorrido	X		X
Marcar y delimitar zonas de ascenso y descenso en paradas y terminales	X	X	
Tarifa exacta del servicio	X	X	X
Prohibir el acceso a vendedores y personas en estado inconveniente y con bultos demasiado voluminosos	X	X	X
Subir con pasaje en mano	X	X	
No obstruir el flujo dentro del trolebús, con mochilas o bultos	X	X	X
Recorrerse hacia atrás			X
Anticipar su bajada			X
No obstruir el área de descenso	X		X
No viajar sobre las rampas de discapacitados	X		X
Plano de barrio	X	X	
No tirar basura, No fumar, No consumir alimentos y ser cortés	X	X	X

Fuente: Elaboración propia, con base en lo observado en campo.

En la tabla anterior, se presenta de manera general la información que se sugiere que debe ser instalada, así como los sitios en los cuales se observó que es necesario incluirla. A continuación se mencionan los beneficios y algunas consideraciones al respecto.

- i. **Terminal de destino.** Es indispensable que se estandarice una bandera de destino para cada terminal y la leyenda de Línea A1 y A2, en la cual se implementen colores e imágenes que permitan facilitar al usuario la identificación del recorrido y terminal de destino de la unidad.
- ii. **Marcar y delimitar zonas de ascenso y descenso en paradas y terminales.** Ayudaría a reducir los tiempos de recorrido, pues se espera que los usuarios respeten estas áreas, logrando realizar la parada únicamente en los sitios debidamente señalados, Para reforzar esta propuesta, se puede considerar la vigilancia de personal de SSP-CDMX.
- iii. **Tarifa exacta del servicio, subir con pasaje en mano.** Ayudaría a los usuarios potenciales y turistas a saber el costo exacto y que no se da cambio y a solicitar su apoyo para subir con su pasaje en mano, lo que permitirá agilizar el ascenso al trolebús y por tanto, reducir los tiempos de parada.
- iv. **No obstruir el flujo dentro del trolebús, con mochilas o bultos, recorrerse hacia atrás, anticipar su bajada y no obstruir la zona de descenso.** Contribuiría a tener mejor distribución de los usuarios y mayor fluidez a bordo del trolebús.
- v. **No tirar basura, no fumar, no consumir alimentos, ser cortés, prohibir el acceso a vendedores, personas en estado inconveniente o con bultos demasiado voluminosos.** Permitiría mejorar la percepción del servicio y mitigar olores. Sin embargo, es necesario realizar las consideraciones necesarias, para permitir o no el abordar con maletas de viaje o bultos voluminosos, ya que es un servicio que conecta con dos terminales foráneas y que pasa por zonas comerciales.
- vi. **No viajar sobre las rampas de discapacitados.** Ayudaría a garantizar su vida útil y funcionalidad cuando éstas se requieran.
- vii. **Planos de barrio.** Permitiría orientar a usuarios potenciales y turistas, creando mayor valor del servicio.

V.2.2. Trabajos orientados al mantenimiento de señalización horizontal y vertical.

Se observó que tanto la señalización horizontal como vertical requieren de mantenimiento, ya que las marcas en el pavimento y señales de tránsito son poco visibles, situación por la cual se pudiera estar generando la invasión del carril confinado.

Se recomienda remarcar señales en el pavimento, lavar y reparar letreros que ayuden a la operación de la Línea A; con esto, se contribuiría a garantizar los tiempos de recorrido, así como las posibles medidas que las autoridades de tránsito deseen implementar para hacer valer el carril confinado.

Asimismo, es necesario solicitar la compañía responsable y a SEMOVI que los dispositivos de control (semáforos) a lo largo del corredor, que se realice la sincronización y el mantenimiento

correspondiente y en forma periódico, a fin de garantizar su adecuado funcionamiento y obtener olas de verde que favorezcan y se acoplen a la operación de la Línea A, dando prioridad al servicio en las vialidades que confluyen al corredor.

V.2.3. Trabajos orientados al mantenimiento de los trolebuses.

Las condiciones de los trolebuses afectan negativamente la operación del servicio, por lo que se recomienda que se desarrolle un plan para garantizar la disponibilidad y operatividad de por lo menos, los 85 trolebuses asignados a la explotación de la Línea A.

En el entendido que de los trolebuses que actualmente operan, en su mayoría requieren de mantenimiento, es necesario que cada uno de estos sea inspeccionado de manera exhaustiva, logrando con esto conocer las condiciones y necesidades específicas de trabajos a realizar por cada unidad.

En estos trabajos de mantenimiento, se deben contemplar los cinco sistemas que integran al trolebús. Se sugiere que los trabajos se realicen con materiales de buena calidad, que garanticen su durabilidad y desempeño. A su vez, es necesario enfatizar que es obligatorio contemplar los elementos de conducción, que permitan otorgar a los operadores las condiciones para desempeñar en forma adecuada y segura su labor.

Aunque es necesario, el remozamiento de los trolebuses, como se ha hecho anteriormente; es decir, la apariencia física, es importante dar prioridad y profundizar en cuestiones mecánicas, eléctricas y de atención al usuario, mismas que garanticen la buena operatividad del trolebús.

Resulta indispensable garantizar que se lleve a cabo de manera constante el mantenimiento a los trolebuses, pues no hay que perder de vista que son unidades con una prolongada vida útil y que son expuestas a rigurosas jornadas de trabajo. De la misma manera, se recomienda que se revise el periodo de lavado de la carrocería y se mantenga la limpieza en terminales, buscando con esto que se presenten limpios los trolebuses a operar.

Con estas propuestas se mejoraría el servicio, viéndose beneficiado el usuario en los siguientes aspectos:

1. Garantizar el intervalo de paso del trolebús.
2. Mejorar la rapidez del servicio.
3. Reducir el índice de falla en los equipos de transporte y evitar con ello que los pasajeros sean pasados a otra unidad.
4. Generar mayor seguridad a bordo del trolebús, al observar que todos sus elementos funcionan de manera correcta.

Con estos cambios, también se vería beneficiado el STE ya que se garantizaría:

5. Cumplimiento en mayor medida de los planes de operación.

6. Revisar si los planes de operación son los adecuados para la explotación del servicio.
7. Mejorar la imagen y funcionalidad del servicio en general, los elementos técnicos (mecánicos, eléctricos y electromecánicos).
8. Evitar que las unidades necesiten ser reparadas en las terminales.
9. Evitar que los trolebuses permanezcan largos periodos de tiempo en los talleres.
10. Mejorar las condiciones de trabajo de los operadores, así como generar un clima de trabajo más agradable.
11. Eliminar los prejuicios de unidades viejas.

V.2.4. Acciones orientadas al mantenimiento de infraestructura eléctrica y línea elevada.

Como medida preventiva y en el entendido de que las instalaciones eléctricas se encuentran en condiciones operativas adecuadas, se recomienda realizar un plan de mantenimiento a línea elevada y subestaciones.

Con esto, se buscaría que sean sustituidos los elementos que requieran ser reemplazados por deterioro o mal estado. Se esperaría que los trolebuses no sean volanteados o tengan que reducir la velocidad durante la operación, pues ésta es una labor que incrementa los tiempos de recorrido.

Como ya se mencionó anteriormente, se debe solicitar mayor apoyo a la Secretaría de Seguridad Pública de la Ciudad de México (SSP-CDMX), para prestar mayor atención a esta infraestructura, evitando que se siga dando el robo de cable alimentador, ya que es una situación que afecta de manera considerable al organismo y que sí es motivo para interrumpir el servicio.

V.3. Propuestas de sustitución de equipo e infraestructura de mayor costo.

A continuación, se plantearán propuestas dirigidas a la sustitución de infraestructura y equipo operativo, mismas que permitirán mejorar el nivel de servicio, ya que se buscaría implementar tecnologías que han demostrado su utilidad y funcionalidad en otras ciudades y servicios.

V.3.1. Propuestas orientadas al derecho de vía.

Dado que la superficie de rodamiento presenta deterioro debido a los esfuerzos que el paso de los trolebuses genera, se recomienda que a lo largo de la Línea A se realice el reemplazo de la estructura de pavimento. En este sentido, se propone que la superficie de rodamiento sea de pavimento rígido, pretendiendo que ésta tenga mejor durabilidad y servicio. Sin embargo, no hay que perder de vista que el suelo de la Ciudad de México presenta alto contenido de agua, situación que complica tener esta superficie, por lo que se estaría contemplando la colocación de pavimento flexible en aquellas zonas donde el diseño técnico así lo requiera.

De sustituirse el pavimento a lo largo de todo el corredor, será indispensable nuevamente realizar el confinamiento del carril, por lo que se propone que se realice con elementos más visibles, es decir, que se reemplacen las boyas por topes delineadores.

Figura 28. Elemento de confinamiento propuesto para la Línea A de Trolebuses.



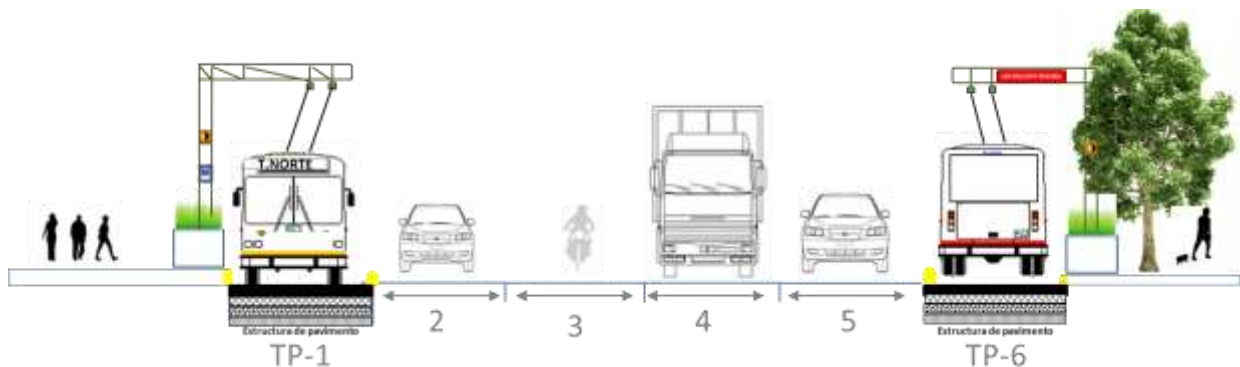
Fuente: Elaboración propia, en base a lo observado en campo.

En la propuesta del nuevo sistema de confinamiento del carril, no se contempla la circulación de ciclistas, ya que es un vehículo de baja velocidad, que afectaría la velocidad y el tránsito de los trolebuses, así como la seguridad de sus ocupantes. Si bien, la bicicleta es una buena alternativa de transporte; para las condiciones de esta Ciudad, requiere de su propia infraestructura, por lo que sería necesario que se solicite a las autoridades que se mantenga estricta vigilancia para hacer valer el carril confinado, como se hace en los servicios del Metrobús.

En la zona centro, se propone sustituir las barreras metálicas que fueron colocadas para evitar la invasión de peatones, por jardineras lo suficientemente amplias y altas para evitar que las personas salten. Es necesario que la flora sea la adecuada para las condiciones climatológicas de la Ciudad y que ésta a su vez sea conservada en condiciones saludables y atractivas para crear respeto a la misma; se ha observado que es la única manera funcional en que los transeúntes respeten el carril confinado.

Con esta medida no se propone reducir la capacidad vial, únicamente se ocuparía una parte de las banquetas para colocar las jardineras, obligando a los peatones a cruzar únicamente en las esquinas.

Figura 29. Adecuaciones propuestas en el Eje Central Lázaro Cárdenas en el Centro Histórico para evitar la invasión peatonal del carril.



Fuente: Elaboración propia.

Con la sustitución de las estructuras de pavimento, el rediseño de los elementos para evitar la invasión de peatones a los carriles confinados de la zona centro y el mantenimiento de señales de tránsito, se haría necesario reforzar la sección de paso del trolebús. Ello requeriría marcar carriles, delimitar zonas para cada uno de los usuarios de la vía, así como señales que indiquen la prioridad de paso del servicio.

Se sugiere recuperar el diseño de las Unidades de Soporte Múltiple (USM), para centralizar la información, evitar confusiones y reducir la contaminación visual.

V.3.2. Propuestas de sustitución de paradas y terminales.

En el caso de las paradas, se observó que no resguardan eficazmente a los usuarios ante las inclemencias del tiempo, por lo cual se propone sustituir todas las paradas, considerando que las nuevas deberán de cumplir con:

- a) Resguardo de la lluvia y el sol.
- b) Iluminación artificial.
- c) Que su diseño y amplitud sea acorde con la demanda de la parada.
- d) Marcas que indiquen zonas de ascenso y descenso; de ser necesario que se implementen barreras en estaciones de alta demanda.
- e) Disponer de áreas asignadas a la información del servicio.
- f) Colocar bancas, ya que es preciso considerar a personas de la tercera edad o discapacitados y evitar las aglomeraciones.
- g) Diseñar rampas para arribar a la parada, así como en aceras, buscando con esto garantizar la movilidad a personas con discapacidad motriz, al ó desde el trolebús al arroyo vial.

En el caso de las terminales, se recomienda que cuenten con las mismas especificaciones de las paradas, pero es necesario que éstas proyecten mayor identidad y presencia del servicio, ya

que por su ubicación se observó la presencia de turistas que desean utilizar el servicio, pero desconocen las zonas de salida; esta situación es común en la terminal Taxqueña.

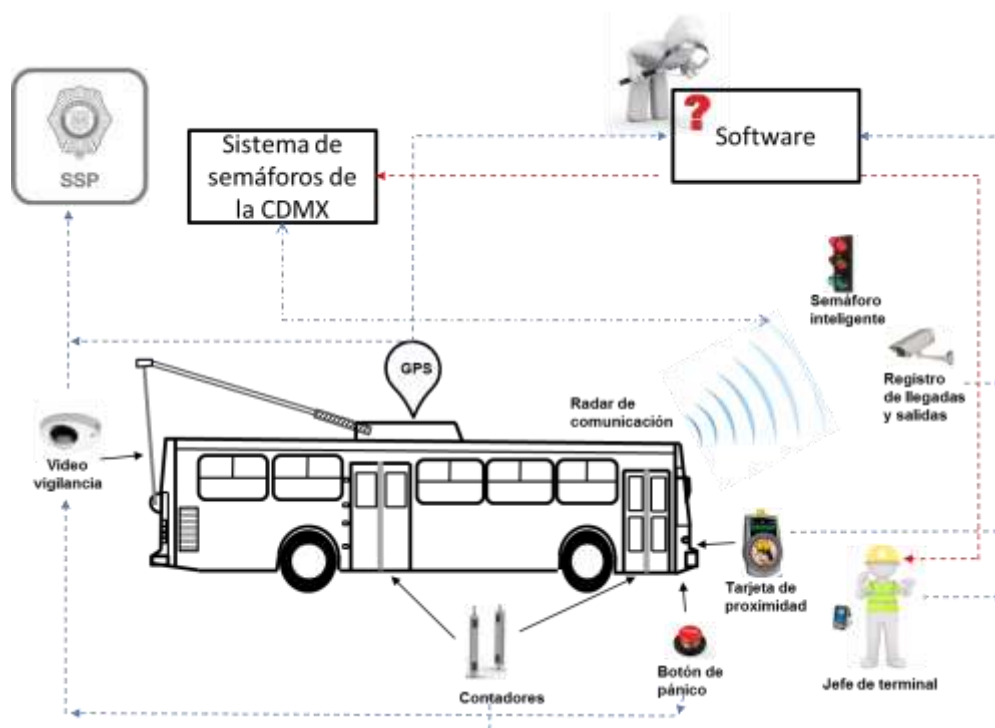
El diseño de las terminales deberá permitir al jefe de estación desarrollar sus labores sin dificultad, es decir, que éste tenga buena visibilidad para registrar las entradas y salidas de los trolebuses en la terminal. Es necesario considerar e implementar ciertos servicios para el personal operativo como: WC, agua y electricidad, por ejemplo.

De la misma manera, se recomienda que en las terminales se destinen áreas tanto para el resguardo como para realizar posibles reparaciones que no requieran llevar a los trolebuses al taller. Con esta medida se estaría evitando obstruir la vía pública.

V.3.3. Implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).

Para poder mejorar el nivel de servicio de la Línea A de Trolebuses, se sugiere la incorporación de tecnología de ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte), enlazados a un software propiedad del STE, que contribuya a la modernización y automatización de los procesos, así como al manejo de la información. Con la implementación de ITS, se esperaría contribuir a la reducción de tiempos, a mejorar la seguridad del servicio y ofrecer información en tiempo real al usuario.

Figura 30. Esquema general de Sistemas Inteligentes de Transporte propuestos para la Línea A de Trolebuses.



Fuente: Elaboración propia.

1. Prepago.

Si bien el sistema de cobro es aceptable para los usuarios, se propone su actualización y modernización, integrando la tarjeta multimodal de la Ciudad de México, por lo que sería necesario instalar lectores de tarjetas de pago en todos los trolebuses.

Con esta acción, se agilizaría el ascenso al trolebús y por tanto, los tiempos de recorrido. Asimismo, los operadores prestarían atención únicamente a la conducción del vehículo y en particular, al ascenso y descenso de los pasajeros, contribuyendo en mayor medida a la seguridad del pasajero.

En este sentido, el servicio tendría un elevado número de usuarios potenciales que ya pudieran disponer de la tarjeta multimodal. Sin embargo, existe una parte de turistas que requeriría hacer uso del servicio por primera vez, por lo que se sugiere que en las terminales y estaciones con mayor demanda se expidan y recarguen las tarjetas.

Para desarrollar un control de los usuarios con gratuidad, se sugiere que el Gobierno de la Ciudad de México desarrolle de manera personalizada una tarjeta que permita acceder a los beneficiados, a todos los servicios que se otorgan gratuitamente, esta tarjeta será útil para llevar un control.

2. Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).

Actualmente, el sistema de control y comunicación del personal operativo se realiza vía telefónica, por lo que se sugiere incluir sistemas GPS, ya que permitiría conocer a la Coordinación de Trolebuses, la ubicación precisa en tiempo real de las unidades en operación.

Con la estadística que se genere, se podrían tener registros consistentes de tiempos de recorrido, así como afectaciones recurrentes; toda esta información sería útil para proponer soluciones puntuales, así como realizar la programación adecuada del servicio.

3. Contador de pasajeros.

La implementación de contadores de pasajeros es útil para conocer la demanda real del servicio, observar el comportamiento de la demanda de manera puntual, es decir; que éstos estén enlazados con los GPS, logrando identificar el comportamiento en tiempo real; esta información será de utilidad para realizar ajustes en caso de ser necesario.

Estos dispositivos proveerán de datos para realizar la correcta programación y operación de los servicios.

4. Implementación de Radar de comunicación.

Se propone que se instalen radares de comunicación, que permitan conectarse con los dispositivos de control (semáforos) y valorar la prioridad de paso del trolebús en intersecciones conflictivas.

Con esta medida, se buscaría que se evalúen los tiempos programados del servicio, es decir, que el sistema sea capaz de evaluar cuándo la corriente de vehículos transversales tenga que ser detenida, para dar el paso al trolebús; esto dependería del intervalo y frecuencia de paso programado para cada franja horaria. Se buscará afectar en menor medida a los demás usuarios de la vía pública.

Con este radar de comunicación y la implementación de un sensor que registre el paso del trolebús por puntos de interés, como la llegada y salida de las terminales, se podría automatizar el registro de horarios, sin que éste sea alterado. Con el apoyo de los GPS y el apoyo de los radares, se facilitaría el control de la información por parte de los jefes de terminal.

5. Uso de terminales portátiles para la captura de información.

Se propone que a los Jefes de Terminal se les proporcione una terminal electrónica para la captura de información, que ayudaría a reducir los tiempos de registro y permitiría tener mejor control de la información; ésta deberá estar conectada al software, de manera que toda la información sea visualizada inmediata por la Coordinación y Centro de Comunicaciones.

En este dispositivo, se registraría cuando una unidad sea ingresada al depósito, por fallas mecánicas u otro motivo.

6. Implementación de códigos QR.

Para agilizar los procedimientos y tener un mejor control de la información, se propone que operadores y trolebuses, tengan asignado un código QR, el cual permitiría conocer el expediente y el número económico del trolebús, respectivamente.

Toda la información referente al operador, estaría cargada en el software y permitiría conocer su record y facilitar la asignación de sus roles de trabajo y los posibles cambios.

De la misma manera, toda la información relativa a cada uno de los trolebuses, debería cargarse al software: programación de mantenimientos, lavado, reparaciones, etc.

Así los jefes de terminal podrían capturar la información de manera más rápida y efectiva teniendo mayor control de la información.

7. Video vigilancia.

Para generar mayor seguridad en el servicio, se propone la implementación de cámaras de vigilancia dentro y fuera de la unidad, monitoreadas por la SSP-CDMX.

Adicionalmente, se sugiere que a las unidades se les coloque un botón de pánico que pueda ser accionado por el operador en el momento que identifique una situación de riesgo o que comprometa a los ocupantes del trolebús.

8. Sistemas de información.

Para modernizar el servicio y mejorar el nivel de servicio de la Línea A, se propone la implementación de pantallas informativas que aborden los puntos y elementos mencionados en la sección V.2.1. “Acciones orientadas al comportamiento de los usuarios”. Estas pantallas permitirían actualizar la información de manera rápida y eficiente, así como informar cualquier ajuste que sea necesario realizar a los planes y programas de operación, de manera inmediata o a futuro.

Estas pantallas deberán colocarse dentro de los trolebuses. Asimismo, se pudiera considerar su implementación en paradas y terminales, siempre y cuando se garanticen las condiciones y elementos de seguridad que avalen su permanencia.

De ser posible, se instalarían las pantallas en las paradas y terminales, para proyectar al usuario en tiempo real, la hora estimada de arribo del trolebús a la parada, y su número disponible de plazas.

Se propone que en las pantallas se proyecten casos reales de comportamientos inapropiados del usuario que compliquen el funcionamiento del servicio, con la finalidad de crear conciencia, de las malas acciones que afectan a la adecuada operatividad del sistema.

V.3.4. Alternativas para reemplazar a los trolebuses actuales.

De sustituir los trolebuses que actualmente operan en la línea A, se recomienda que las unidades garanticen mejorar el nivel de servicio, de acuerdo con lo siguiente:






1. Que se siga garantizando el concepto de corredor “Cero Emisiones”, con la implementación de la misma tecnología, pues se cuenta con la infraestructura y el personal capacitado para operarla. Sin embargo, todas las posibles alternativas deberán de cumplir con las pruebas del STE-CDMX, así como ajustarse y adaptarse a las necesidades de la Ciudad de México.
2. Que las unidades faciliten la accesibilidad de todos los usuarios, al abordar y descender, por lo tanto, se sugieren equipos de Entrada Baja (Low Entry, LE) o completamente de Piso Bajo (Low Floor, LF), mismas que permitan agilizar la movilidad de personas con alguna discapacidad motriz.

3. Que las condiciones ergonómicas sean las adecuadas. Se esperaría que la distancia entre asientos y su distribución, permitan desplazarse con facilidad a las personas dentro del vehículo y se esperaría que por lo menos las amplitudes sean similares a las de los trolebuses actuales.
4. Que el proveedor garantice el abastecimiento de refacciones, por lo menos 30 años.

Con base en estas recomendaciones, se proponen las siguientes unidades, mismas que ya operan en otras ciudades del mundo. Asimismo, se considera indispensable, antes de realizar una compra masiva, realizar los protocolos de pruebas pertinentes.

Tabla 20. Alternativas para sustituir a los trolebuses de la Línea A.

Trolebús	Características	
 <p>Dina (RIDDERE)</p>	Fabricación	México
	Lugar donde ya opera	Guadalajara, México
	Longitud	12.8 m
	Capacidad Unitaria	100 pasajeros
	Motor auxiliar	Diesel
 <p>Skoda 26Tr</p>	Fabricación	República Checa
	Lugar donde ya opera	Galati, Rumania
	Longitud	12 m
	Capacidad Unitaria	102 pasajeros
	Motor auxiliar	Diesel o baterías
 <p>Skoda 30 Tr</p>	Fabricación	República Checa
	Lugar donde ya opera	Bratislava, Eslovaquia
	Longitud	12.18 m
	Capacidad Unitaria	104 pasajeros
	Motor auxiliar	Diesel o baterías
 <p>Skoda 28Tr</p>	Fabricación	República Checa
	Lugar donde ya opera	Ucrania
	Longitud	14.59 m
	Capacidad Unitaria	135 pasajeros
	Motor auxiliar	Diesel o baterías

<p style="text-align: center;">Skoda 31Tr</p> 	<p>Fabricación</p>	<p>República Checa</p>
	<p>Lugar donde ya opera</p>	<p>Eslovaquia</p>
	<p>Longitud</p>	<p>18.75 m</p>
	<p>Capacidad Unitaria</p>	<p>166 pasajeros</p>
	<p>Motor auxiliar</p>	<p>Diesel o baterías</p>
<p style="text-align: center;">Skoda 27Tr</p>	<p>Fabricación</p>	<p>República Checa</p>
	<p>Lugar donde ya opera</p>	<p>Fribourg, Suiza</p>
	<p>Longitud</p>	<p>18 m</p>
	<p>Capacidad Unitaria</p>	<p>167 pasajeros</p>
	<p>Motor auxiliar</p>	<p>Diesel o baterías</p>
<p style="text-align: center;">Trolza Megápolis</p>	<p>Fabricación</p>	<p>Rusia</p>
	<p>Lugar donde ya opera</p>	<p>Rosario, Argentina</p>
	<p>Longitud</p>	<p>12.66 m</p>
	<p>Capacidad Unitaria</p>	<p>80 a 100 pasajeros</p>
	<p>Motor auxiliar</p>	<p>Baterías 15 km de autonomía</p>
<p style="text-align: center;">Trolza Óptima (Semi piso bajo)</p>	<p>Fabricación</p>	<p>Rusia</p>
	<p>Lugar donde ya opera</p>	<p>Córdoba, Argentina</p>
	<p>Longitud</p>	<p>12 m</p>
	<p>Capacidad Unitaria</p>	<p>100 pasajeros</p>
	<p>Motor auxiliar</p>	<p>Baterías 500 m de autonomía</p>
<p style="text-align: center;">HESS Ligh Tram</p>	<p>Fabricación</p>	<p>Suizo</p>
	<p>Lugar donde ya opera</p>	<p>Suiza</p>
	<p>Longitud</p>	<p>25 m</p>
	<p>Capacidad Unitaria</p>	<p>220 pasajeros</p>
	<p>Motor auxiliar</p>	<p>Baterías</p>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se indican sólo algunos de los trolebuses que ya operan en otras ciudades del mundo.

De realizarse la compra de nuevos trolebuses, se recomienda realizar un estudio de demanda actualizado, para conocer la demanda real del servicio, dato que permitiría conocer el número de unidades necesarias para equilibrar la oferta con la demanda, ya que dicho ajuste se debe realizar de acuerdo con la capacidad unitaria de los vehículos de diseño del servicio.

De sustituirse los trolebuses Serie 9000 por unidades nuevas y con mejores prestaciones de servicio, como: menor probabilidad de fallas, mayor capacidad unitaria, mejor accesibilidad y autonomía; se lograría ofrecer los siguientes beneficios al usuario como:

- A. Mejorar la accesibilidad de todos los usuarios, al prescindir de escalones para ascender y descender del trolebús.
- B. Contribuir a la comodidad y seguridad, pues se tendría una unidad tipo que garantice la accesibilidad, el correcto desplazamiento de sus ocupantes, que equilibre la oferta con la demanda, logrando no tener elevados índices de ocupación y por lo tanto, reducir la posibilidad de robo debido al hacinamiento dentro del vehículo.
- C. Se daría mayor importancia al usuario, al viajar en un vehículo en condiciones físicas y mecánicas óptimas.
- D. Ofertar mayor velocidad comercial, pues las condiciones de los nuevos trolebuses lo permitirán.
- E. El viaje de los usuarios no sería interrumpido por falta de energía eléctrica o fallas en la línea eléctrica de alimentación, asimismo, se tendría mayor margen para cambiar su recorrido, gracias a la autonomía de la unidad auxiliar.
- F. Evitar que los usuarios sean transferidos a otra unidad y garantizar la puntualidad del intervalo de paso de todos los trolebuses, pues la probabilidad de fallas durante la operación será menor.

También, se obtendrían beneficios para los planes y regímenes de operación como:

- G. Disponer de autobuses de cama baja o entrada baja, permitiría reducir los tiempos de ascenso y descenso, beneficio que se vería reflejado en los tiempos de recorrido, situación que ayudaría a hacer más eficiente el servicio.
- H. Lograría tener mayor control sobre las jornadas de trabajo de los operadores, al garantizar que todos los trolebuses, cubran las vueltas asignadas.
- I. Reducir el número de fallas durante la operación, contribuyendo a reducir las reparaciones en terminales, reduciendo con ello los costos de mantenimiento.
- J. Mejorar las condiciones de trabajo de los operadores, pues las unidades contarían con las mejores prestaciones para su conducción.

La modernización de los trolebuses, seguiría otorgando mayores beneficios ecológicos que otras tecnologías. Asimismo, ayudará a promover su implementación en otras zonas de la Ciudad y de otros estados de la República Mexicana.

V.I. Conclusiones y Recomendaciones.

V.I.1. Conclusiones.

Con el desarrollo de este trabajo se puede concluir que la “electro-movilidad” se refiere únicamente a un concepto nuevo, puesto la tracción eléctrica, hace su aparición desde el año de 1879; la propulsión eléctrica ha tenido un gran avance técnico permitiendo su implementación tanto en el transporte de personas como de mercancías, así mismo ha logrado acoplarse con la industria automotriz para desarrollar al trolebús, vehículo que ha presentado una evolución y desarrollo que ofrece las mismas prestaciones de servicio que un autobús de combustión interna, pero mayores beneficios ecológicos.

La electro-movilidad llegó a la Ciudad de México el 15 de enero de 1900, con la inauguración del primer tranvía eléctrico; no obstante, la reducción de costos de operación que el trolebús otorgara, el crecimiento poblacional, la necesidad de servicios de transporte de mayor penetración en una Ciudad con una densidad habitacional desordenada, dieron pauta a la implementación del servicio de trolebuses, inaugurando el viernes 9 de marzo de 1951.

El servicio de trolebuses, desempeñó un papel muy importante en el intento por reestructurar y ordenar los servicios de transporte en la Ciudad de México; pues en el trazo y diseño de los ejes viales se buscó integrar a todos los usuarios de la vía, dotando a las líneas de trolebuses de un trato preferencial, muy similar a lo retomado y propuesto en la actualidad por las últimas administraciones.

Existe inconsistencia con los planes y programas propuestos por las últimas administraciones de la Ciudad de México, ya que en éstos se propone la reducción de la contaminación atmosférica, implementando unidades de bajas emisiones. Sin embargo, desde el año de 1998 no se ha realizado la compra de un solo trolebús. Después de contar con una red de 16 líneas de trolebuses, libres de emisiones, se ha reducido a tan sólo 8 servicios operativos, otorgando las líneas ya existentes al sistema Metrobús, servicios operados con unidades a diesel de combustión interna de última generación.

En la Zona Metropolitana del Valle de México, no existe un análisis o estudio alguno, que determine el nivel de servicio o utilidad del transporte que se proporciona a los habitantes de la región, pues todos los registros se enfocan en pasajeros transportados, reducción de emisiones y mejoras viales entre otros.

Para poder conocer la percepción que tienen los usuarios de los distintos modos de transporte disponibles, es necesario identificar las variables que asocia para evaluar su calidad y utilidad. En este sentido se concluyó que la confiabilidad, seguridad, comodidad, conectividad, tarifa y costos; son variables consideradas, sin embargo, distinguen al tiempo como una cualidad fundamental asociada al Nivel de Servicio, ya que de ello depende la rapidez con la que se trasladen a su destino.

Resulta complicado determinar la calidad de un modo de transporte, ya que cada individuo valora con diferente criterio o manera, las ventajas y beneficios que se le otorgan.

Para poder evaluar la calidad de la línea A de Trolebuses, fue necesario conocer la percepción que los usuarios tienen del servicio, a través de una encuesta que fue aplicada a 400 consumidores.

De las encuestas aplicadas a los usuarios de la Línea A de Trolebuses, se pudo concluir que en horas pico esperan de 10 a 30 minutos para poder abordar un trolebús, siendo la principal causa el paso de las unidades llenas. Sin embargo, a pesar de las condiciones operativas del servicio lo aceptan; pues otorga: conectividad, un traslado rápido, buen trato de los operadores y es económico, por lo que le dan una calificación de 7.6. Lo que indica una percepción del servicio que está entre aceptable y regular. Para conocer los resultados de cada una de las variables evaluadas se puede consultar la Tabla 14 de la página 50.

Una vez evaluado el servicio por los usuarios, fue necesario aplicar una metodología que permitiera identificar y analizar las causas de los problemas que ocasionan dicha percepción. En este caso se utilizó el modelo de Ishikawa, orientando el análisis desde cinco perspectivas: trolebuses, personal operativo, entorno, infraestructura e incluso las planes e itinerarios de operación. Con base a esto se identificaron las siguientes áreas de oportunidad.

1. Los tiempos de recorrido proyectados no se están cumpliendo, por la constante invasión del carril confinado del trolebús.
2. No existen manuales de procedimientos oficiales, que permitan estandarizar las labores que desempeña el personal operativo.
3. El personal operativo no realiza sus labores como le fueron indicados y presenta desagrado por sus condiciones de trabajo.
4. El personal directivo y el sindicato no están generando los canales para mejorar las condiciones del STE.
5. El número total de unidades asignadas oficialmente a la explotación de la Línea A, pocas veces están disponibles y constantemente presentan fallas durante la operación.
6. Los usuarios tienen comportamientos inapropiados que entorpecen la funcionalidad y operatividad del servicio.
7. El Gobierno de las Ciudad de México no está promoviendo el uso de esta tecnología, ni está generando las condiciones para garantizar la operatividad del corredor.

A pesar de estas causas, el servicio de la Línea “A” de trolebuses ha sido sacada a flote por el STE. Los usuarios lo demandan y muestran cierta satisfacción; desde este sentido es que se proponen diversas alternativas a corto y mediano plazo, todas orientadas a mejorar el Nivel de Servicio y la explotación del corredor.

1. Que el personal directivo solicite a las instituciones correspondientes, las condiciones y los recursos para hacer valer el carril confinado y que se garantice el resguardo e integridad de la infraestructura.
2. Desarrollar y oficializar manuales de procedimientos que permitan estandarizar los procesos operativos.
3. Generar las campañas e instrumentos (sistemas de información) que permitan orientar al usuario a mejorar su comportamiento, y la operatividad y funcionalidad del corredor.
4. Implementar sistemas inteligentes de transporte conectados para mejorar el control de los recursos, así como el nivel de servicio, tales como: Sistemas de posicionamiento Global GPS, cámaras de vigilancia, contadores, radares de comunicación, hand held, y dispositivos de control inteligentes.
5. Que el personal directivo y capacitado del STE oriente y demuestre al Gobierno de la Ciudad de México la existencia y el avance tecnológico que el trolebús ha tenido, para que se otorguen los recursos para realizar la rehabilitación integral de los trolebuses actuales y la compra de unidades nuevas; que garanticen, accesibilidad universal, autonomía y nulas emisiones contaminantes al medio ambiente.

V.I.1. Recomendaciones.

De considerarse las propuestas realizadas se sugieren las siguientes recomendaciones.

- Realizar la sincronización de semáforos con las compañías responsables; se sugiere que esta sea objetiva y evalúe criterios para dar el paso al trolebús pues no se desea afectar a los demás usuarios de la vía pública.
- Estandarizar los procesos y desarrollar los manuales de procedimientos para cada una de las actividades; se considera necesario que estos sean revisados de manera constante, con el propósito de corroborar y asegurarse de que se estén ejecutando de manera adecuada; o de ser necesario, realizar los ajustes necesarios para mantener una mejora continua.
- Para el caso de los sistemas de información, se recomienda principalmente la implementación de pantallas, puesto que estas permiten actualizar la información de manera sencilla y son más atractivas al usuario.
- Se recomienda como algo indispensable, realizar la compra de trolebuses nuevos para la Línea A, no obstante, antes de hacerlo es necesario elaborar un estudio de demanda que permita conocer la hora de máxima demanda y evaluar todas las alternativas posibles para poder implementar la unidad que más beneficios otorgue al corredor y a la Ciudad de México.
- Una vez elegido el tipo de trolebús, se recomienda que las paradas y terminales se diseñen de acuerdo a la longitud y características de la unidad, ya que esto permitirá marcar y delimitar áreas.

- De la misma manera, una vez elegido el tipo de trolebús, se propone que se realice el diseño estructural del pavimento; ya que dependerá de los esfuerzos y características del trolebús su diseño técnico.

Glosario.

Alambre trole: Hilo de contacto, de donde el tomacorriente (caña) alimenta eléctricamente a 600 volts de corriente directa a los trolebuses.

Bandera: Letrero que indica el destino y puntos intermedios del recorrido del servicio.

Cable alimentador negativo: Sin forro, con un calibre de 1,000 y de 500; presenta el regreso de la alimentación eléctrica hacia la subestación, siendo éste el derecho.

Cable alimentador positivo: Sin forro, con un calibre de 1,000 y de 500, es el que lleva la alimentación eléctrica de la subestación, para consumo de los trolebuses, siendo éste el del lado izquierdo.

Cambio automático: Aparato de línea elevada que sirve para cambiar la dirección del trolebús.

Cambio de ruta: Interrupción del servicio, efectuado de acuerdo con órdenes expresas, que señalan los puntos por los que deberá circular el trolebús hasta nueva orden.

Cambio Mecánico: Aparato de línea elevada que sirve para incorporarse a otra línea.

Capacidad de Línea: Capacidad de Línea (C): Es el número total de espacios ofrecidos en un punto fijo de una ruta durante una hora o periodo de tiempo y es el producto de la frecuencia (f) y la capacidad unitaria (C_u).

Capacidad Vehicular: Capacidad unitaria (C_u): Es el número de pasajeros que recomienda el fabricante, para que la unidad de transporte puede llevar a bordo del vehículo y representa ocupantes sentados y parados y se expresa en (Pas/veh).

Carro malo: Trolebús con algún o algunos componentes averiados y que es necesaria su reparación.

Convoy: Al ir circulando dos o más carros juntos en la misma línea y misma dirección.

Corrida: Unidad de servicio para día laboral, sábado, domingo o día festivo, programado y autorizado a circular en una línea determinada, dentro de un horario preestablecido.

Frecuencia de paso o de servicio: Número de unidades que pasan por un punto dado en la ruta durante una hora o cualquier periodo de tiempo, estando relacionado con el intervalo de paso.

Hora de relevo: La fijada en el horario para que un trabajador se haga cargo de un vehículo.

Hora de rendir: La fijada para entregar la unidad.

Hora de salida: La fijada para que salga un trolebús del depósito o de una terminal.

Intervalo de paso: Es la porción de tiempo, comúnmente expresada en minutos, entre dos salidas consecutivas de vehículos de transporte público en una ruta.

Línea: Ruta que cubre un determinado derrotero, origen y destino previamente determinado.

Longitud de ruta: Se refiere a la medida del desarrollo completo del recorrido (ida y vuelta), se mide en metros o kilómetros y debe de corresponder a la suma de las distancias entre paradas.

Lugar de relevo: Lugar de la línea donde los operadores terminan y principian su turno.

Poste: Pilar de hierro o concreto que soporta la instalación electromecánica de la línea elevada.

Regreso: Operar una unidad hasta un punto de la línea situado antes de la terminal.

Sección: Longitud de línea elevada (máxima de 2500 metros), la cual es alimentada en corriente directa por una subestación y es reconocida por un número.

Tiempo de ascenso y descenso: Son los tiempos que hacen los usuarios para ascender o descender de los vehículos de transporte; se expresan en segundos/número de pasajeros, y esto depende de las condiciones del vehículo, tipo de equipaje y de las condiciones motrices de las personas.

Tiempo de ciclo: Es el tiempo total de viaje redondo para una unidad de transporte, esto es, el tiempo que tarda en volver a pasar la misma unidad por un punto determinado, y se expresa normalmente en minutos.

Tiempo de recorrido: Es el tiempo programado para que una unidad de transporte salga y llegue a la terminal opuesta.

Torton: Arrollamiento de cable galvanizado de acero suave que une el aislador de tensión chico con el tornillo de ojo, para el tensado del viento.

Tracción de sangre: Uso de un animal para remolcar un carro o remolque, siendo este quien genera la tracción motriz.

Transporte público: Son sistemas de transporte que operan con rutas fijas y horarios predeterminados y que pueden ser utilizados por cualquier persona, a cambio del pago de una tarifa previamente establecida.

Se caracteriza por un servicio con favorable índice de renovación, obteniendo grandes eficiencias de los vehículos, ya que los servicios están diseñados a desplazarse por trayectos de zonas consolidadas

Transporte urbano: Caracterizado por ser un servicio permanente dentro de un horario hábil con variaciones en los horarios de máxima demanda y las horas valle.

Trolazo: Es la acción de salirse el o los troles de la línea de alimentación, al no accionar el retrigger al oscilar golpea lo que esté a su alcance.

Trole: Aditamento que se desliza entre un conductor aéreo y un receptor móvil.

Trolebús: Autobús eléctrico de transporte público, alimentado por una catenaria de dos cables superiores desde donde toma la energía eléctrica.

Turista: Son las personas que visitan una ciudad y que desconocen en su totalidad los sistemas de transporte y la ciudad.

Usuario potencial: Son los habitantes que conocen la ciudad pero no utilizan el servicio de transporte de manera cotidiana.

Usuario regular en ruta nueva: Es aquél que viaja a un área desconocida de su ciudad y que no hace uso cotidiano del servicio.

Usuarios regular en ruta cotidiana: Este usuario es cautivo, tal y como los obreros, empleados y niños en edad escolar.

Velocidad comercial: Es la velocidad promedio de una unidad de transporte, en la cual se incluye el tiempo de parada en estaciones o paradas, así como las demoras por factores de tráfico.

Volante: Acción de trasladar un trolebús por medio de un impulso y con la velocidad adquirida, antes de salir de la línea de alimentación, para trasladarlo al lugar deseado.

Bibliografía y Referencias.

- Álvarez de la Borda, J. et al. (2000). *Cien años del transporte eléctrico en la Ciudad de México*, México, D.F. Quinta del Agua Ediciones S.A. de C.V.
- Cal y Mayor, R *Ingeniería de Transito: Estudios y Aplicaciones. Alfaomega*, 7 (ed).
- Molinero Molinero, Á. (1997). *Transporte público: Planeación, Diseño, Operación y Administración*. 4 (ed).
- Programa Integral de Movilidad CDMX 2013-2018.
- Alceda Hernández Á. (1997). *La Operación de los Transportes*. Corporación Mexicana de Impresión S.A. de C.V.
- Sussman, Joseph, (2006). *Introducción a los sistemas de transporte*. SITESA. Versión en español.
- Vuchic, V. (1981). *Urban public Transportation: Systems and Technology*. Englewood Cliffs N.J. Prentice.Hall.
- Manual del Operador de Trolebús (2013-2014) del Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal.
- Nava Segura A. (2007). *Trolebús con motor de corriente alterna*. Instituto Politécnico Nacional

Mesografía.

- Treneando todo sobre el mundo del tren. [en línea]. Recuperado en abril 2016 de <http://treneando.com/2009/11/15/siemens-y-los-130-anos-del-primer-tren-electrico/>
- Ciudades en las que opera el trolebús como alternativa de transporte. [en línea]. Recuperado febrero 2016 de http://www.youbioit.com/es/article/25621/elektromote-el-primer-trolebus-de-la-historia?size=_original
- Dinámica de la población del Distrito Federal 1900 a 2010. [en línea]. Recuperado en febrero 2016 de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/dinamica.aspx?tema=me>
- Presenta el GDF el Corredor Cero Emisiones en Eje Central [en línea]. Recuperado en marzo 2016 de <http://www.jornada.unam.mx/2008/06/24/index.php?section=capital&article=040n1cap>
- Agonizan trolebuses; al quite camiones eléctricos, [en línea]. Recuperado en marzo 2016 http://www.milenio.com/df/Agonizan_trolebuses-camiones_electricos-Eje_Central-transporte_publico_0_545345508.html
- El corredor ecológico y su historia poco lógica. [en línea]. Recuperado en marzo 2016 de <https://ciudadpedestre.wordpress.com/2009/04/15/el-corredor-ecologico-y-su-historia-poco-logica/>
- Historia de la Secretaria de Transporte y Vialidad (SETRAVI). [en línea]. Recuperado en marzo 2016 de <http://www7.df.gob.mx/wb/stv/antecedentes>

- El rescate del trolebús. [en línea]. Recuperado en mayo 2016 de <https://redaccion.nexos.com.mx/?p=5906>
- Vigencia del Trolebús en el mundo. Mitos y Verdades. [en línea]. Recuperado en junio 2016 de <http://desarrolloydefensa.blogspot.mx/2013/01/vigencia-del-trolebus-en-el-mundo-mitos.html>
- Características del tren motriz del trolebús. [en línea]. Recuperado en junio 2016 de <http://www.fanbus.cl/diez-trolebuses-desde-suiza-se-incorporaran-a-los-existentes-en-valparaiso-chile>
- Trolley:motion. [en línea]. Recuperado en junio 2016 de <http://www.trolleyemotion.eu/www/index.php?L=0&id=36&land=all>
- Trolebuses en el Mundo. [en línea]. Recuperado en junio 2016 de <http://trolebusesenelmundo.blogspot.mx/>
- Estructuración de un piloto de ruta de trolebús moderno, integrada al metro de Medellín, para la comuna 11. [en línea]. Recuperado en junio 2016 de https://www.researchgate.net/publication/272169921_ESTRUCTURACION_DE_UN_PILOTO_DE_RUTA_DE_TROLEBUS_MODERNO_INTEGRADA_AL_METRO_DE_MEDELLIN_PARA_LA_COMUNA_11
- Eficiencia de un motor de combustión interna. [en línea]. Recuperado en junio 2016 de http://www.oocities.org/mx/profrmarcos/ciclo_de_otto.htm
- Movimet movilidad metropolitana. [en línea]. Recuperado en julio 2016 de <http://www.movimet.com/2013/02/la-cd-de-mexico-df-origen-de-ejes-viales/>
- La creación de los Ejes Viales. [en línea]. Recuperado en julio 2016 de <https://www.univision.com/noticias/noticias-de-mexico/la-creacion-de-los-ejes-viales>
- Fideicomiso para el mejoramiento de las vías de comunicación del Distrito Federal. [en línea]. Recuperado en julio 2016 de <http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm>
- Rutas de Trolebús. [en línea]. Recuperado en julio 2016 de <https://viadf.mx/Directorio/Trolebus>
- El Trolebús, una medicina contra la contaminación caduca y abandonada [en línea]. Recuperado en noviembre 2016 de <https://www.animalpolitico.com/2016/06/el-trolebus-una-medicina-contra-la-contaminacion-caducada-y-abandonada/>
- Aquellos maravillosos cacharos. [en línea]. Recuperado en noviembre 2016 de http://pegasomonotral.blogspot.mx/2014_05_01_archive.html
- Trolleybus Valparaíso [en línea]. Recuperado en noviembre 2016 de <http://trolleybusvalparaiso.blogspot.mx/2014/03/naw-hess-rj-siemens-bt-5-25.html>
- Skoda 27 tr Solaris 2016 Riga. [en línea]. Recuperado en enero 2018 de <https://www.youtube.com/watch?v=i-wtkALq8zs>
- Trolebuses autónomos de piso bajo Megapolis. [en línea]. Recuperado en enero 2018 de <http://www.madeinrussia.com/es/catalog/ingenier-a-civil/trolebuses-aut-nomos-de-piso-bajo-megapolis-/>