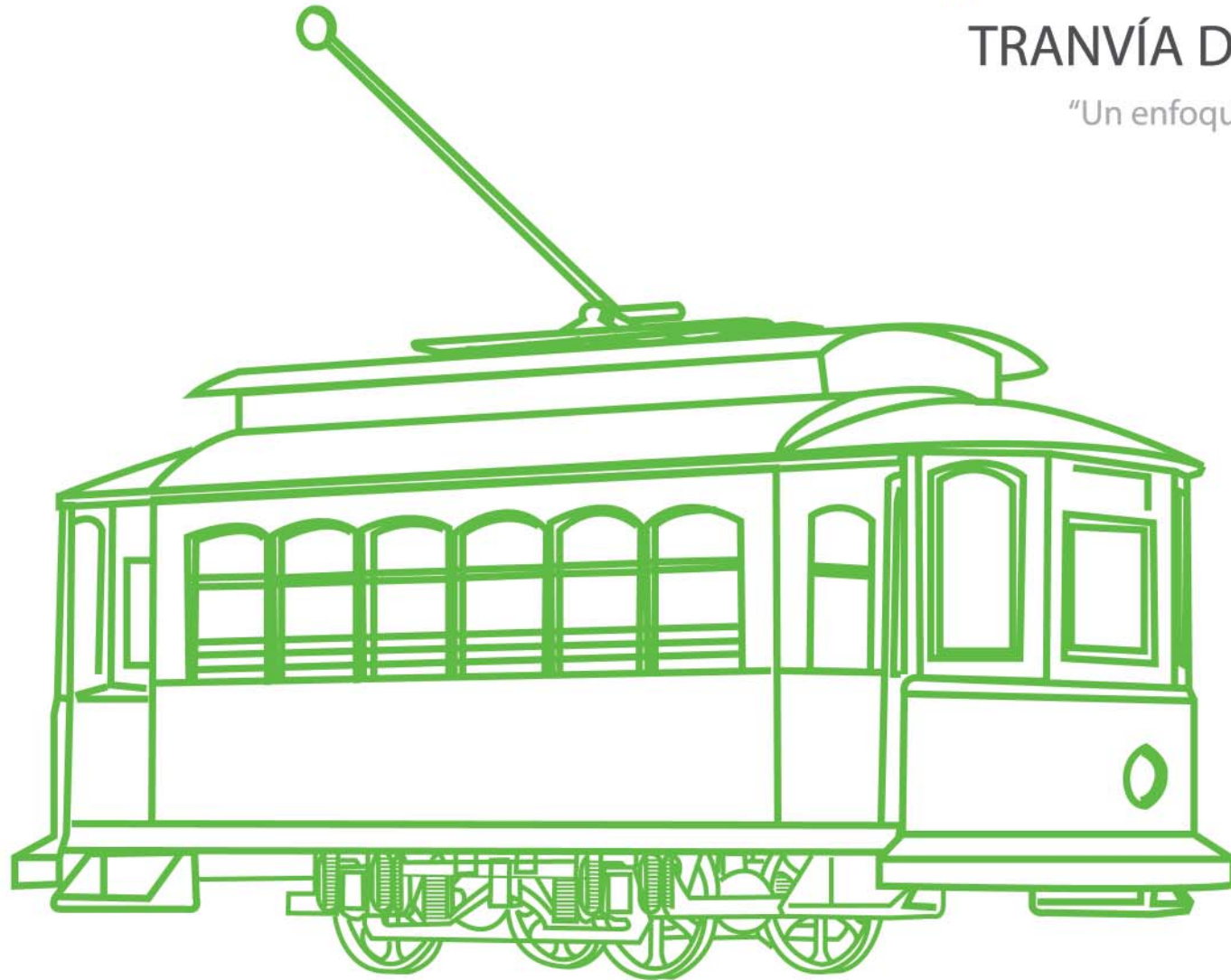


RETROSPECTIVA Y PROSPECTIVA DEL TRANVÍA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

“Un enfoque conceptual desde el Diseño Industrial”



José Antonio González Olivares

Tesis para obtener el título de Diseñador Industrial



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Retrospectiva y **Prospectiva** del tranvía de la Ciudad de México



Tesis Profesional que para obtener el título de
DISEÑADOR INDUSTRIAL

Presenta:
JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ OLIVARES

Con la dirección de:
D.I. Luis F. Equihua Zamora

Y la asesoría de:
D.I. Armando Mercado Villalobos
Dra. Geneviève Lucet Lagriffoul
Dr. Fernando Martín Juez
M.D.I. Enrique Ricalde Gamboa

Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría
y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra insti-
tución educativa y autorizo a la UNAM para que publique este
documento por los medios que juzgue pertinentes.

Dedico esta tesis a mis papás y a mi hermana por la formación que me dieron y que me permiten presentar esta tesis.

Agradezco a mis tios Librado y Jose y a Pili por todo el apoyo brindado.

Gracias a mi tío Germán del Razo Cervón.

Agradezco a Luis Equihua por la dirección y todo el tiempo compartido, el apoyo brindado a esta tesis y por permitirme suscribir este trabajo a la línea de investigación de evolución de los objetos.

Gracias a la Dra. Geneviève Lucet por el apoyo a este proyecto y a lo largo de este periodo que hicieron posible la visualización del proyecto en la sala Ixtli.

Gracias a mis sinodales D.I. Armando Mercado y M.D.I. Enrique Ricalde Gamboa por su tiempo dedicado a las asesorías que hicieron posible este trabajo.

Gracias a Victor Hugo Franco, por el apoyo constante y desinteresado a lo largo del proyecto.

Gracias a Héctor Lara de la Alianza de Tranviarios de México, por compartir sus experiencias y valiosa información para la realización de esta tesis.

A ti que siempre me escuchas gracias.

Y a todos aquellos que de manera directa o indirecta participaron en esta tesis, GRACIAS

Índice

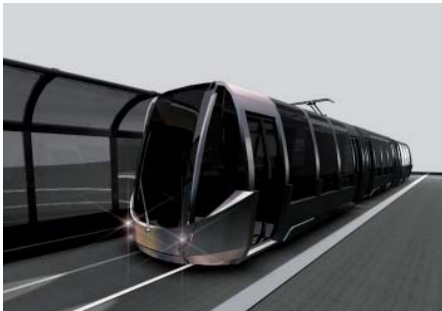
Introducción

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México

1.1	Tipos de tranvía	13
1.1.1	Tracción equina en la Ciudad de México	28
1.1.2	Tracción eléctrica en la Ciudad de México	36
1.2	Componentes morfológicos del tranvía eléctrico y su evolución	42
1.2.1	Tranvía Cero	44
1.2.2	Tranvía 2 pisos	47
1.2.3	S-400	48
1.2.4	S-600	49
1.3	Catálogo retrospectivo de imágenes de tranvías de México (1900-1990)	51
1.4	Extinción del tranvía	54
1.4.1	Factores físicos	55
1.4.2	Factores sociales	56
1.5	El tren ligero de Tasqueña-Xochimilco	58
1.5.1	PCC	63
1.5.2	Moyada	66
1.5.3	TE-90	68
1.6	Comparativo evolutivo de los componentes morfológicos del tranvía	71
1.7	Conclusiones	88



Capítulo 2 Prospectiva de un LRV para la Ciudad de México



2.1	Definición del transporte público en la Ciudad de México para el siglo XXI	93
2.2	Comparativo de transporte en la Ciudad de México	100
2.2.1	Volúmenes de transportación	101
2.2.2	Velocidad comercial promedio	102
2.2.3	Vialidad ocupada en un instante	103
2.3	Requerimientos para instrumentar el tranvía en la Ciudad de México	105
2.4	Plan maestro del metro, tren ligero y metrobús	116

Capítulo 3 LRT (Tren ligero)



3.1	Descripción de un LRT	122
3.1.1	Componentes de un LRV	124
3.2	Principales características de un piso bajo	126
3.3	Plataformas existentes	130
3.4	El tren ligero en el mundo	132

Capítulo 4 Factores humanos



4.1	Análisis de los componentes básicos de la cabina de conducción del tren ligero	140
4.2	Mecánica de uso de la cabina de conducción	142
4.2.1	Encuesta a los operadores del tren ligero: Perfil del usuario, ergonomía, usabilidad y modificaciones de diseño de parte de los operadores a la cabina	144
4.3	Análisis de uso de los pasajeros del tren ligero y metrobús	158
4.3.1	Sondeo a los usuarios del metrobús y tren ligero: Perfil del usuario, ergonomía, usabilidad y modificaciones de diseño de parte de los usuarios	160
4.4	Lineamientos ergonómicos que debe cumplir el vehículo	181
4.5	Perfil del producto	187

Capítulo 5. Desarrollo de propuestas de diseño conceptual



5.1 Bitácora gráfica, bocetos de interiores y exteriores	190
5.2 Factores estéticos. "el chapulín"	196
5.3 Factores ergonómicos	205
5.4 Modelos experimentales en túneles de viento	208
5.5 Planos de vistas generales	211
5.6 Conclusiones	212

Glosario 216

Fuentes 218

Bibliografía 220



Introducción

Hace más de 20 años dejó de circular el tranvía en la Ciudad de México dejando atrás una forma de transportarse que duró en la capital más de 150 años, llevando a su destino a millones de pasajeros y un sin número de historias que fueron fuente de inspiración a escritores y cineastas. Ahora el transporte eléctrico se encuentra abandonado, por lo que le quedan dos opciones renovarse o morir. Parece un tanto irónico que una ciudad con serios problemas de emisión de contaminantes principalmente proveniente de automotores, no se le de prioridad a este tipo de transporte.

Esta tesis propone una manera de devolverle a la ciudad un medio de transporte limpio, seguro y con un bajo impacto ambiental. Los tranvías modernos de piso bajo no generan emisiones directas al medio ambiente además de ser amable a la sociedad y a su entorno. Al no requerir de infraestructura para la construcción de grandes plataformas para su ope-

ración, no afecta al paisaje urbano, no en vano las principales ciudades europeas y asiáticas han vuelto a retomar el tranvía moderno también llamado LRV (*light rail vehicle*) como medio de transporte urbano que además de trasladar personas permite disfrutar los principales escenarios de las ciudades como los centros históricos que muchos de ellos en la actualidad se encuentran secuestrados por la creciente motorización.

Un sistema de tranvías moderno permite el reordenamiento de la forma de circular en las avenidas priorizando el transporte público ante los vehículos privados.

Esta tesis se divide básicamente en dos partes, la retrospectiva y la prospectiva del tranvía de la Ciudad de México, principalmente me enfoque en la capital de la Ciudad sin olvidar un marco histórico mundial. Para la realización de la retrospectiva se recurrió a la consulta de archivos históricos que me brindaron

la oportunidad de viajar en el tiempo y conocer la morfología del tranvía, un medio que no tuvo la oportunidad de conocer físicamente.

Al paso de los subtemas de la retrospectiva, se verá como fueron evolucionando los códigos morfológicos del tranvía desde la tracción equina hasta el tren ligero de Tasqueña a Xochimilco, también se analizarán los factores físico-sociales que originaron la decadencia y la extinción del tranvía.

La segunda parte de esta tesis, la prospectiva, tratará los medios de transporte existentes así como, la viabilidad de este sistema para los principales corredores de la ciudad. También conoceremos los principales problemas que enfrenta el tren ligero y el metrobús en la actualidad, este último sistema de transporte se contempló por la similitud de operación que tiene con el tranvía moderno.

En el último capítulo de la prospectiva se exploraron las tendencias estéticas del siglo XXI y la integración de esas tendencias al diseño exterior del tranvía.

Este proyecto se inscribe en la línea de investigación del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial denominada "Evolución y prospectiva de los objetos de diseño industrial" y es un proyecto que cuenta con el apoyo económico de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico a través del laboratorio de visualización IXTLI.

Comencemos un viaje al pasado y al futuro del tranvía de la Ciudad de México.

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México



Portada de la revista *Electra*, 1930. Fuente Hemeroteca Nacional de México

1.1 Tipos de tranvía

Primero empecemos por definir este emblemático vehículo, icono del transporte público de muchas ciudades.

El tranvía es un vehículo férreo, más pequeño que un tren diseñado para transportar a pasajeros (y ocasionalmente carga) entre ciudades y pueblos. Los tranvías son distinguidos dentro de otras formas de transporte ferroviario por transitar totalmente o parcialmente a lo largo de las calles, usualmente en una vía reservada para el sistema tranviario. En el caso del *cable car* es un tipo especial de tranvía.

Los sistemas de transporte basados en tranvías son muy comunes en Europa y fueron muy utilizados en todo el mundo antes de la década de los veinte. Aunque muchos de ellos desaparecieron a mitad de los veinte, en los recientes años los tranvías han vuelto a ser adoptados como medio de transporte.

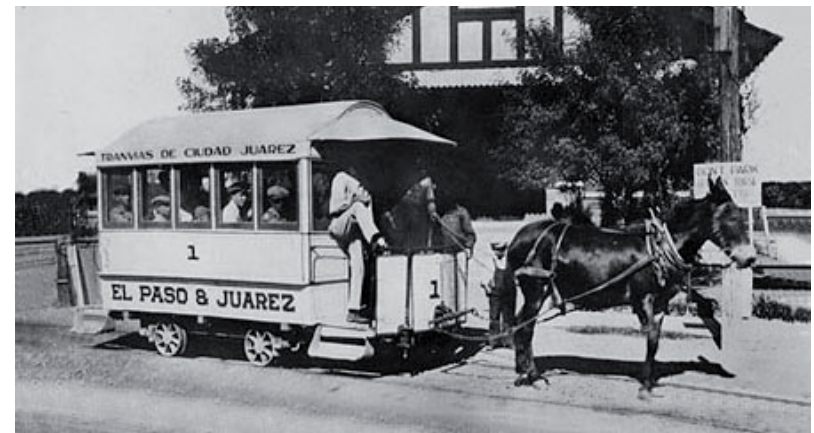
Los términos *tram* y *tramway* sus orígenes son del norte de Inglaterra y Escocia palabras que describían el tipo de *truc* (anglicismo de carretilla o Bogie, que se refiere al marco que alberga las ruedas del tren) y las vías en las que estos *truc* rodaban en las minas de carbón. La definición etimológica de *tramway* viene de *tram riel* plano y *way vía*.

Los tranvías aparecieron en la primera mitad del siglo XIX cuando era propulsados por caballos.

Tracción equina

Los primeros tranvías de tracción equina fueron construidos en Estados Unidos, desarrollados para la ciudad con el fin de transportar pasajeros con una ruta definida y sin necesidad de ser contratados con anterioridad. La primera línea operó en la ciudad de Baltimore, Maryland en 1828, en 1832 en Nueva York y en 1834 en Nueva Orleans.

Primero los rieles sobresalían de las calles ocasionando accidentes principalmente a los peatones. Después en 1852 fueron reemplazados por rieles que quedaban a nivel de la calle con un surco que permite el deslizamiento de la rueda del tranvía, este fue invento de Alphonse Loubat.



Tranvía internacional El Paso E.U-Ciudad Juárez, México. Foto: AGN

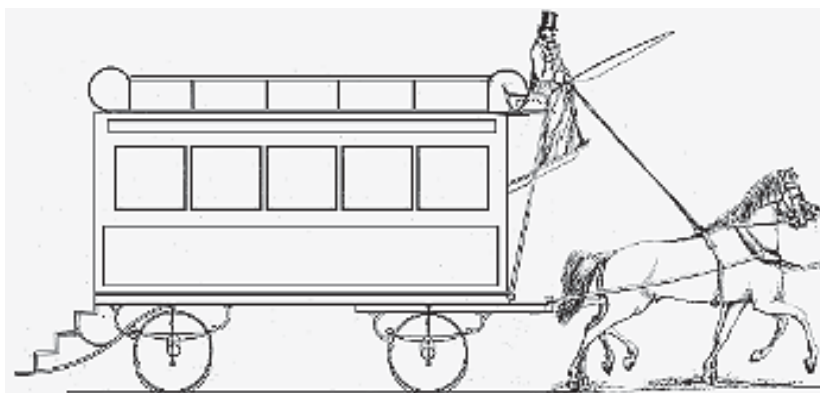
Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México

Los tranvías eran tirados por mulas o caballos usualmente dos por tranvía y en caso de emergencia cuando no se disponía de un animal eran movidos hasta por personas.

Una de las ventajas de esta primera forma de transporte era la poca resistencia que ofrecía la rodadura de acero con el riel permitiendo a los animales hacer un menor esfuerzo para mover el tranvía. Pero el principal problema era que un animal no puede trabajar jornadas laborales muy largas además de que tienen que ser cuidados, alimentados por lo que los gastos de manutención eran altos.



Tranvía de "mulitas", Celaya, México. Fuente: AGN



Dibujo de la primera patente del tranvía equino, 1856 Gran Bretaña.

Nueva York tuvo la última ruta de tranvías de tracción equina en 1914 y en el caso de México fue hasta 1956 cuando se dejó de operar la última línea de tranvías de mulas en la ciudad de Celaya.



Tranvía equino de 2 pisos, Melbourne, Australia

Los tranvías se desarrollaron después en muchas ciudades de Europa (Londres, Berlín, París, etc). Más rápido y más confortable que las diligencias, los tranvías presentaban un alto costo de operación debido a que eran empujados por equinos. Pero rápidamente la conducción mecánica se desarrollo con la fuerza del vapor en 1873 y la eléctrica después de 1881, cuando Siemens presentó un vehículo de tracción eléctrica en la Feria Internacional de Electricidad en París.

Lo conveniente y económico de la electricidad resultó: una rápida adaptación, una vez que los problemas técnicos de producción y conducción de la electricidad fueron resueltos.

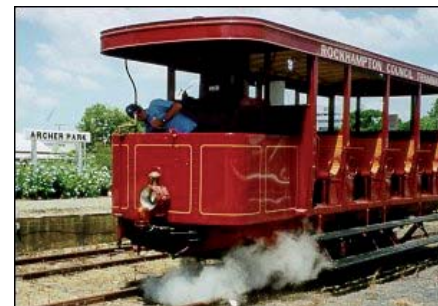
El primer tranvía eléctrico fue inaugurado en Berlín en 1881.

Tranvías de vapor

La primeros tranvías mecánicos fueron operados usando maquinaria de vapor. Generalmente, existen dos tipos de tranvías de vapor. EL primero y más común tenía una pequeña locomotora al frente y una línea de uno o más carros, similar a un pequeño tren. Estos sistemas fueron implantados en Christchurch, Nueva Zelanda y Sydney, Australia.



El otro estilo de tranvías mecánicos tenía el mecanismo de tracción montado en la carrocería del tranvía en París fue adoptado. La mayor desventaja de este sistema de tranvías era el poco espacio para la maquinaria lo que propiciara que el tranvía contara con muy poca potencia.



La pintura de arriba plasma un tranvía con locomotora y remolque

La foto muestra una replica de un tranvía con sistema de tracción vapor incluida en la carrocería, E.U.

Cable Car

El siguiente tipo de tranvía mecánico buscó reducir costos de operación y el duro trabajo de las mulas. Los *cable car* son empujados a lo largo de un riel por un continuo movimiento de un cable subterráneo corriendo a una velocidad constante en que los tranvías paran y empiezan a correr mediante un apretón al cable y soltándolo como lo van requiriendo. La fuerza que hace mover el cable proviene de un sitio fuera de donde se esta operando el tranvía.

La primera línea de *cable car* fue probada en San Francisco en 1873. La segunda ciudad que operó este sistema de tranvías fue Dunedin, en Nueva Zelanda en el año de 1881, sin embargo, el sistema *cable car* de Dunedin dejó de operar en 1957.



El problema de estos sistemas es que necesitan de una costosa infraestructura para operar, requiere de un sistema vasto y caro de cables, poleas y máquinas además de estructuras subterráneas entre los rieles. También se necesita de fuerza y destreza para operar. Después del desarrollo de los tranvías eléctricos la mayoría de los costosos tranvías traccionados por cable desaparecieron rápidamente.

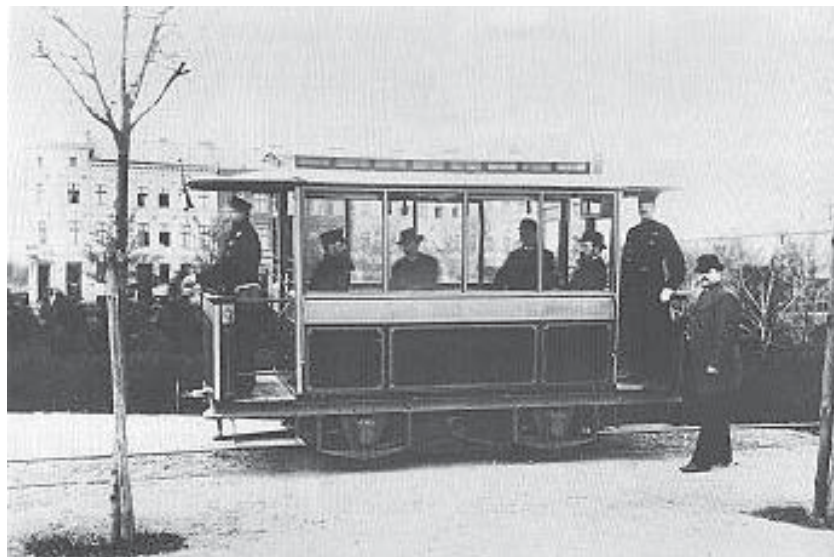
Los *cable car* son especialmente útiles en ciudades que tienen muchas pendientes quizá esto explique el porque sobrevivieron en de San Francisco, sin embargo, el sistema más largo de *cable car* en Estados Unidos fue en Chicago, una ciudad sin pendientes. El sistema más largo de *cable car* en el mundo operó en Melbourne, Australia, también una ciudad sin pendientes en esta ciudad operaron en su mejor época 592 tranvías corriendo en 74 km de vía.



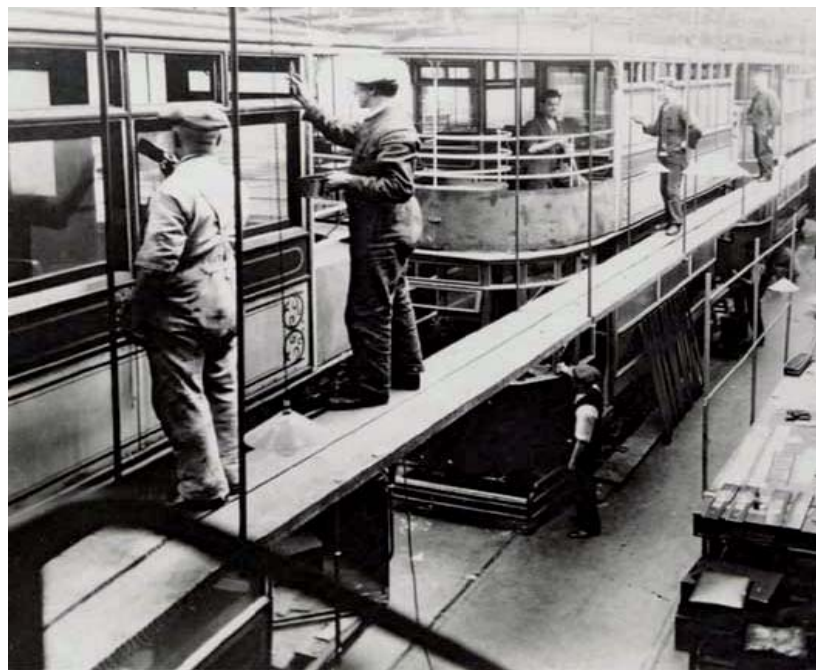
Cable Car a un lado del Capitolio, Washington, E.U. Fuente: Hemeroteca Nacional de México

Tranvías eléctricos

Los primeros tranvías eléctricos se probaron exitosamente en una línea en el año de 1888 en Richmond Virginia la instalación fue hecha por Frank J. Sprague. Esta fue de las primeras líneas comerciales incluyendo una en Berlín, Alemania. En 1881 Werner von Siemens y su compañía se comenzaban a consolidar, las principales instalaciones contaban con problemas y eran poco confiable. Siemens en su modelo propuso un polo positivo y regresar la tierra al riel, evitando que la gente recibiera una descarga.

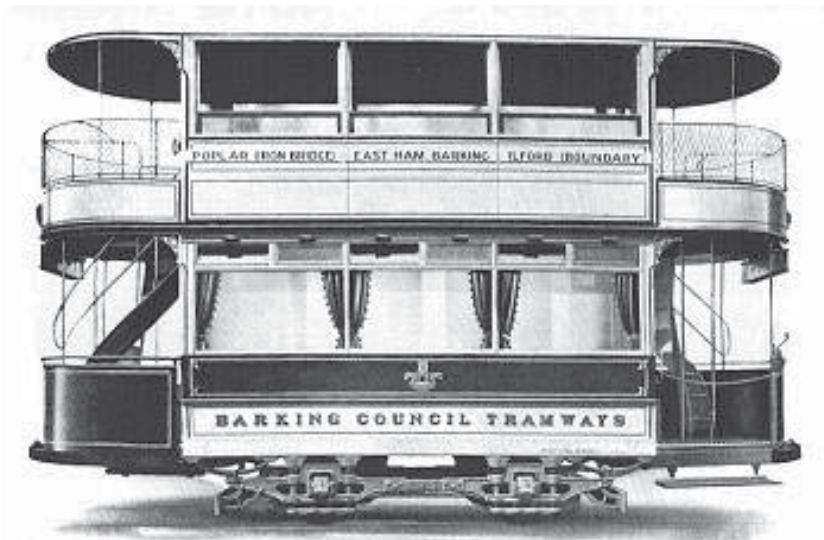


Tranvía eléctrico de Siemens 1881, Berlín Alemania. Fuente Hemeroteca Nacional.



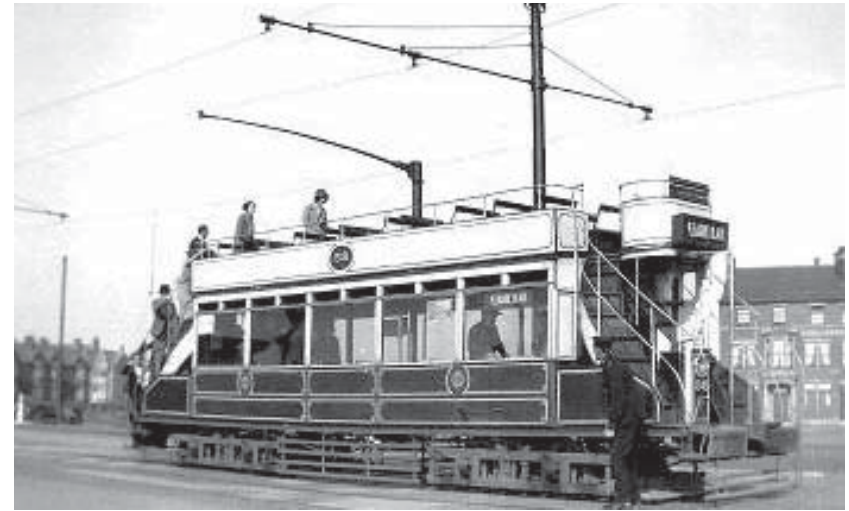
Tranvía de 2 pisos, Gran Bretaña 1914. Fuente Hemeroteca Nacional de México

Después de este gran invento los tranvías experimentaron una rápida expansión que empezó en los años veinte del siglo XIX hasta el período entre las guerras mundiales. Fue un gran incremento en el número de líneas y el número de usuarios, sin lugar a dudas llegó a ser el primer modo urbano de transportación. La tracción equina desapareció en toda Europa y en Estados Unidos por el año de 1910 mientras los autobuses estaban en su fase de desarrollo mecánico.



Tranvía de 2 pisos, Gran Bretaña 1914. Fuente Hemeroteca Nacional de México

Los tranvías eléctricos de dos pisos contaron con gran aceptación de los usuarios, sin embargo, eran muy inestables en las curvas lo que causó lamentables accidentes. México contó con la primera línea de tranvías eléctricos de dos pisos en el mundo, poco después fueron modificados para operar con un solo piso debido a la inestabilidad antes mencionada.



Tranvía de Blackpool, G. B. 1914. Fuente Hemeroteca Nacional de México



Tranvía de 2 pisos, Gran Bretaña 1914. Fuente Hemeroteca Nacional de México

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México

Pocos países como Hong-Kong y el Blackpool de Inglaterra siguen operando con tranvías de dos pisos. Los tranvías con los que cuenta Hong-Kong son de origen inglés y fueron introducidos en 1912. Y en la actualidad siguen operando siendo la opción más económica de transporte (\$US 0.25) con una capacidad de 115 usuarios y un volumen de transportación de 240,000 pasajeros diarios.


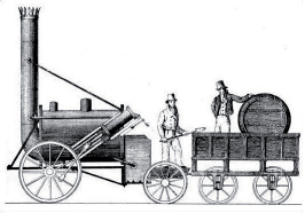

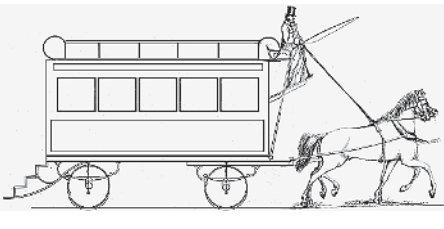


Tranvía de Hong-Kong, 2003. Fuente Tramz



El tranvía es un medio de transporte que tiene una vida larga con costos de mantenimiento mínimos. Con más de ochenta años de servicio sigue siendo un transporte vigente con nostalgia de principios del siglo pasado. A continuación se muestra una línea histórica evolutiva mundial del tranvía.


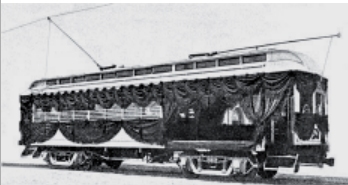



Línea del tiempo del tranvía en el mundo

			
<p>1828</p>	<p>1829</p>	<p>1852</p>	<p>1856</p>
<p>Maryland, Baltimore E.U. primer tranvía equino</p>	<p>Robert Stephenson de origen inglés crea la primera locomotora de vapor llamada Rocket</p>	<p>Alphonse Loubat de origen francés inventa los rieles a nivel de piso, evitando que los peatones tuvieran accidentes</p>	<p>Se patenta en Gran Bretaña el tranvía equino</p>

Línea del tiempo del tranvía en México






				
<p>1850</p>	<p>1858</p>	<p>1882</p>	<p>1890</p>	<p>1899</p>
<p>En México es inaugurada la primera línea de ferrocarril de vapor: México-Veracruz</p>	<p>Primera línea de tranvías en la capital eran tirados por mulas fué el primer tranvía en Latinoamérica</p>	<p>México cuenta con líneas de tranvías internacionales que cruzan el Río Bravo y conectaban con ciudades Texasas como el de Ciudad Juárez-El Paso</p>	<p>Primer tranvía de tracción eléctrica en Nuevo Laredo</p>	<p>El 90% de los fallecidos eran transportados al cementerio en tranvías, Gayosso monopolizaba el servicio fúnebre</p>

Línea del tiempo del tranvía en el mundo

				
1882	1888	1900	1901	1910
México cuenta con líneas de tranvías internacionales que cruzan el Río Bravo y conectan con ciudades Texasanas	Primer línea de tranvías eléctricos en Virginia, E.U.	Comienzan a circular los primeros tranvías eléctricos en México	Entran en circulación los tranvías de dos pisos, México es el primer país que cuenta con este tipo de tranvía	Deja de circular la tracción equina en la mayor parte de Europa y E.U.

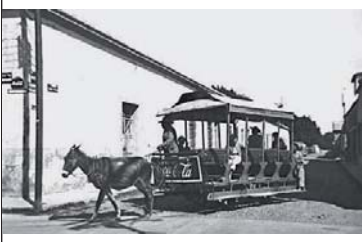




Línea del tiempo del tranvía en México

				
1900	1901	1906	1907	1924
Comienzan a circular los primeros tranvías eléctricos	Entran en servicio los tranvías de dos pisos con capacidad para 72 pasajeros	Se forma la Compañía de Tranvías de México compuesta por un grupo de inversionistas canadienses	Se deja de importar tranvías y se comienzan a remodelar y a construirlos en los Talleres de la Indianilla	Son importados dos grupos de tranvías unidireccionales, incluyen un par de puertas centrales que permitían subir y bajar pasaje de las plataformas centrales de las calles (serie 600)

				
1930	1940	1950	1950	1952
Se construye el primer PCC (Presidents Conference Committee) en E.U.	Se introduce el PCC a las ciudades americanas	Debido a los altos costos de operación se cierran las extensas líneas de tranvías de Sydney	Se desmantela la amplia red de tranvías del Reino Unido, únicamente sobreviviendo la de Blackpool	En este año se habían producido 4978 unidades PCC

				
1932	1934	1945	1947	1953
Dejan de circular los tranvías tirados por mulas	En la de década de los treinta comenzó el abandono de los tranvías	Se adquieren los primeros trolebuses de fabricación norteamericana modelo Westram	Se crea el Servicio de Transportes Eléctricos	Trágico accidente en la línea La Venta: 61 muertos y 93 lesionados

Línea del tiempo del tranvía en el mundo

				
1956	1957	1970	1971	1985
Deja de operar el tranvía de mulitas en Celaya, México	Deja de operar el tranvía de cable de Dunedin, Nueva Zelanda	En Australia desaparece la red de tranvías, excepto en Melbourne y Adelaide	El presidente George Pompidou declaró "La ciudad debe adaptarse al coche"	Se inauguran en Francia los tranvías de Nantes y Grenoble

Línea del tiempo del tranvía en México

				
1954	1967	1979	1980	1984
Se compran 91 tranvías modelo PCC al gobierno de Minneapolis	Se comienza a construir la primera línea de metro	Se comienzan a construir los Ejes Viales, reemplazando a los tranvías por líneas de trolebuses	Se concesiona el transporte público de la ciudad de México, entra el microbús	Se suspende el servicio de tranvías siendo en este año cuando desaparece este medio de transporte, para ser reemplazado por el tren ligero



1990

Se desarrolla la tecnología de piso bajo, fácil acceso para personas de la tercera edad y discapacitados



1992

Después de 30 años de haber desaparecido el tranvía en este año reaparece el sistema tranviario en Estambul, Turquía



1994

Tranvía de Estrasburgo, Francia rompe con el icono del tranvía mundial.



1995

En Varsovia, Polonia deja operar trolebuses debido a los altos costos de mantenimiento, los replazan por tranvías



1985

Muchos de los PCC rehabilitados fueron aplastados por el sismo



1986

Durante años de prueba se experimenta, lo que sería el tren ligero con *trucs* de PCC



1988

Moyada, con tecnología de PCC, basado en las experiencias de estos sistemas en Bélgica y Holanda



1990






Entran en servicio los TE-90, con tecnología Siemens y carrocería de Concaril (carrocería de metro)



2005

Entra en servicio Metrobús incorporando algunas formas de operar de los tranvías (plataformas, carril confinado etc)

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México

				
2000	2003	2004	2007	2020
Se inaugura el tranvía de Lyon de piso bajo. Es un tranvía de la línea CITADIS de Alstom	Después de 30 años sin tranvía en España, Barcelona revive este medio transporte	Grecia inaugura sus tranvías modernos para los juegos Olímpicos de Atenas	Se tiene prevista la inauguración del tranvía de piso bajo en Madrid así como en varias ciudades españolas	

En esta línea histórica del tranvía en el mundo se pueden observar cosas interesantes. Una de ellas y la más importante es el abandono y el resurgimiento del tranvía en muchos países de Europa, Estados Unidos y Asia.

A principios del siglo XIX y a lo largo de los siguientes cien años se observa la evolución técnica, funcional y estética. Recorriendo tranvías de tracción animal (siendo México el último país en operar este tipo de tranvía en el año de 1956), vapor, *cable car* y a finales de siglo la tracción eléctrica que revolucionó el tranvía.

En el aspecto técnico el tranvía eléctrico ha evolucionado poco el tranvía eléctrico desde que fue

inventado. Donde existe una gran evolución es en el uso de materiales empleados en su construcción: carrocerías de madera, metálicas, aluminio, fibra de vidrio, etc.

En el interior al igual que el exterior se observa una evolución de diversos materiales madera, plástico, fibra de vidrio. La evolución de formas han cambiado por formas más aerodinámicas donde el PCC fue el pionero.

A lo largo del tiempo la evolución del tranvía fue dada más por el uso de materiales y formas de su carrocería donde el diseño industrial en el transporte público fue uno de los factores más importantes que contribuyeron a revitalizar el tranvía dando como resultado un medio de transporte atractivo a la sociedad.

Nacimiento o aparición

Decadencia y casi extinción

Esta línea histórica nos permite ver la evolución del tranvía. El tranvía aparece en una época de auge industrial entre 1858-1934 hasta que gradualmente fue desapareciendo por diferentes factores físico-sociales que describiremos más adelante en el subtema 1.5.

El tranvía duró 126 años sirviendo al público, cabe mencionar que es el transporte contemporáneo que ha durado más en esta ciudad, la falta de mantenimiento y la falta de modernización fueron los principales factores que provocaron su abandono aunado a la explosión demográfica que vivió México en los años 50's y 60's que demandaban transportes con mayor capacidad.

El paso evolutivo más importantes en términos tecnológicos se dió en 1900 cuando comenzó la electrificación de las líneas. Pasando así de la tracción animal a la tracción eléctrica que hasta ahora sigue vigente, aún en los tranvías más modernos se utiliza catenaria (línea elevada) y rieles por lo que podemos hablar de poco más de cien años sin un cambio tecnológico significativa en este vehículo, quizá la línea elevada se puede sustituir por un tercer riel al lado o en medio de los *trucs* pero en esencia es el mismo sistema.

Descripción de las líneas históricas y evolutivas

La evolución del tranvía se puede observar con base en las y cuatro funciones categóricas analíticas del diseño industrial: factores prácticos, ergonómicos, estéticos y de producción.

En México a diferencia de otros países europeos no hubo mejoras en este sistema durante 1900-1954, más de 50 años sin aportaciones significativas, hasta un trágico accidente en 1953 que se volvieron a poner los ojos en el tranvía, muchas de las líneas fueron cerradas, sin embargo un esfuerzo por renovar el sistema se adquirieron el siguiente año tranvías modelo PCC (tranvías desechados por los norteamericanos), para renovar la obsoleta flota de STE.

En la década de los 80's desapareció el tranvía la única línea que sobrevivía era la de Tasqueña-Xochimilco. En esta línea corrían PCC rehabilitados pero debido al sismo de 1985 fueron aplastados al colapsar el hangar que los protegía.


De 1984-86 no hubo tranvías en circulación hasta que en 1986 que apareció el tren ligero Moyada (vehículos utilizando tecnología PCC). La última modernización que se hizo fué la adquisición de los trenes ligeros TE-90 y TE-95 con tecnología alemana que a la fecha transportan a cientos de miles de personas diariamente de Tasqueña a Xochimilco

1.1.1 Tracción equina en la Ciudad de México

Los primeros carros ferroviarios considerados como coches, eran de tracción equina y aparecieron durante el siglo XVIII, era un coche grande para el transporte de viajeros y mercancías. Adaptado sobre cuatro ruedas con ceja, este diseño evolucionó hacia los actuales coches de pasajeros, sobre todo de características europeas.

En 1857 se estrenó el ramal México a Tacubaya el primero en la historia de la Ciudad de México eran de tracción equina. En 1859 se introdujo por estas vías la locomotora de vapor en los días festivos corrían los trenes con vapor y los de trabajo con caballos. En 1860 se inicio el servicio, tarifa: *1 real*.

Cartel con tarifas en "Reales". Fuente: Electra, 1860



Ferrocarril de Tacubaya.

NUEVO ARREGLO.

Desde el día 1.º de Junio próximo, y hasta nuevo aviso, correrán los trenes de pasajeros de este Ferrocarril en los términos siguientes:

HORAS DE SALIDA DE MEXICO Y TACUBAYA.

<p><i>Por la mañana, á las</i> 7</p> <p>" " 7 y tres cuartos.</p> <p>" " 8 y media.</p> <p>" " 9 y cuarto.</p> <p>" " 10</p> <p>" " 10 y tres cuartos.</p> <p>" " 11 y media.</p> <p>" " 12 y cuarto.</p>	}	<p><i>Por la tarde, á las</i> 1 y cuarto.</p> <p>" " 2 y cuarto.</p> <p>" " 3</p> <p>" " 3 y tres cuartos.</p> <p>" " 4 y media.</p> <p>" " 5 y cuarto.</p> <p>" " 6</p>
<p><i>Por la noche, á las</i> 7</p> <p style="margin-left: 100px;">" " 8</p>		

Los domingos saldrá además un tren de Tacubaya á las nueve de la noche.

Las personas que necesiten un tren extraordinario, se dirigirán al conductor para arreglar los términos.

PRECIO DE BILLETES LOS DOMINGOS.

Wagones amarillos de primera, , , , 2 rs.

Idem verdes de segunda, , , , 1 rl.

PRECIO DE BILLETES TODOS LOS DIAS, excepto los Domingos

Primera clase, , , , 1 rl.

Segunda clase, , , , ½ rl.

Los billetes son buenos únicamente para el día en que se venden.
No se devuelve dinero por los billetes vendidos.
Los pasajeros que no entreguen billete, pagarán doble.

México, Mayo 30 de 1860.

Vapor vs mulitas

Para 1875, el vapor debe ceder a la mayor economía de la tracción animal: las locomotoras de vapor son substituidas por mulas. La causa de este aparente retroceso radicaba en que las vías instaladas no soportaban el peso de las máquinas de vapor, sufriendo grandes desperfectos, que lo mismo producían elevación del costo de mantenimiento como continuos accidentes.

Para el año 1890 México contaba con una red tranviaria de 175 Km. de vías, cinco locomotoras a vapor, 600 tranvías de pasajeros, 80 carros de flete y 3,000 de tracción equina.

Estos vehículos contaban con seis metros de largo y con dos plataformas una en cada extremo donde iba el conductor. En cada extremo contaba con un gancho para que el vehículo fuera enganchado al caballo.

En el interior tenía dos asientos de barra en cada extremo lo que le daba mayor espacio. Cada tranvía transportaba ocho personas cómodamente sentadas. La mula con su mansedumbre, su resistencia y con su domesticidad forma parte de una importante jornada en la historia de los transportes de la ciudad.

Forma de uso

En aquella época existía una teórica rigidez en las rutas de tranvías. Los conductores, solemnes y responsables, no tenían inconveniente en alterar y multiplicar las paradas, y cortésmente detener el vehículo frente al domicilio particular de los pasajeros que agradecidos, ahí descendían, sin que protestaran los otros pasajeros, confiados a su vez, en recibir un trato similar cuando el tranvía pasara frente a su domicilio.

Horario de usuarios

06:00 hrs. Lecheros, repartidores de periódicos, personas que iban a misa.

07:00 hrs. Niños rumbo a la escuela, acompañados por su padre.

09:00 hrs. Gente que trabaja: burócratas, maestros, estudiantes y empleados de comercios.

11:00 hrs. Damas elegantes que van de compras. señores de chistera, polainas y bastón.

Infraestructura del transporte urbano en la ciudad

En 1890 la compañía cuenta con 175km de vías, 55 locomotoras, 600 coches de pasajeros, 80 carros, 3,000 mulas y caballos, 300 conductores, 800 cocheros, 100 inspectores, 1,000 trabajadores y un solo veterinario con varios ayudantes. Tarifa del pasaje: 6 centavos.

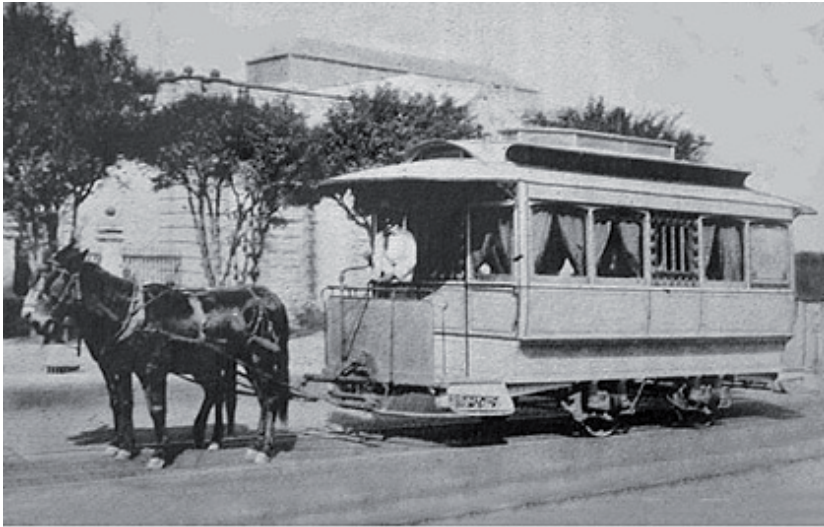
En los 23 años transcurridos entre 1873 y 1896, los FF.CC. del Distrito Federal transportaron 244 637,816 pasajeros según el periódico *El siglo XIX*.



Los macheros del servicio de tracción animal. Fuente: Electra 1929

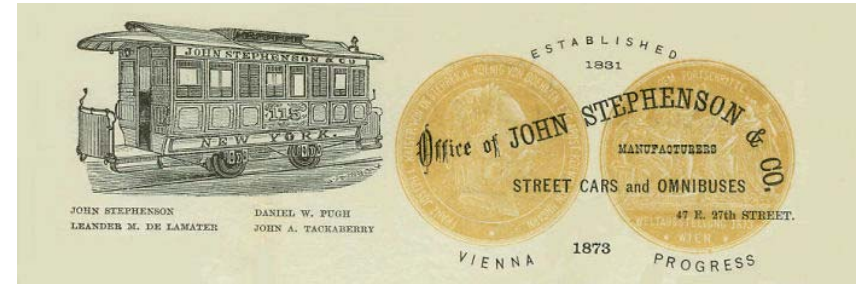


Líneas de tranvías de mulas. Fuente: Periódico "El Siglo XIX"



La foto de arriba corresponde al tranvía del expresidente de México Porfirio Díaz, fue construido por la John Stephenson Car Company en Nueva York.

La John Stephenson Car Company fue establecida en 1831. La imagen de la derecha corresponde a 1873, donde muestra un tranvía de tracción equina y el logotipo de la empresa.



Reminiscencia del siglo XIX: Un tren de mulitas

Hasta la llegada de los tranvías eléctricos, en 1898, acabaron su prolongada existencia, por arcaicos, los de mulitas, que llenaron toda una época con su manso continuo ir y venir por las antiguas empedradas calles de la capital. Muy valiente sobrevivió al advenimiento de los trenes eléctricos, quedó un único tranvía de mulitas que resistió a la llegada de la modernidad, se trata ni mas ni menos del tranvía de las calles de Granada, marcado con el número 2133, que por mucho tiempo siguió haciendo su habitual recorrido desde las calles de Regina y las del Carmen hasta dar con sus crujientes ruedas allá por el movido rumbo de Tepito, por las calles de Aztecas y de Granada, donde contaba con su terminal.

Este pintoresco tranvía de tracción animal fue suprimido el 24 de noviembre de 1932 despedido con grandes pompas, se le engalanó con banderas tricolores y por supuesto no podían faltar las melancólicas "Golondrinas".

Y es así como se cierra el capítulo de este pintoresco tranvía que transportó a cientos de miles de usuarios durante décadas.

Fuente: *Electra*, 1928



Despedida del tranvía de mulitas. Fuente: *Electra* 1933

En 1932 dejó de operar este nostálgico tranvía, sin embargo no desapareció del país en la ciudad de Celaya siguió operando hasta el año de 1956.

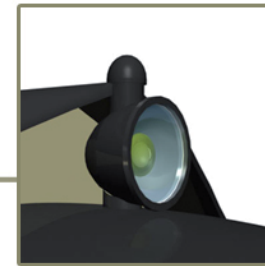
A continuación se tratarán los caracteres o claves visuales que configuran el tranvía equino. Se analizarán los materiales y las formas que componen a este tranvía.

La imagen muestra los componentes morfológicos del tranvía equino, son los elementos más distintivos que lo caracterizan al tranvía.

Componentes morfológicos del tranvía equino

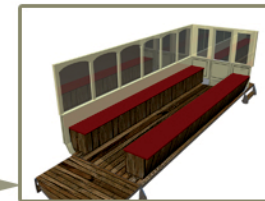
Faro

Contaba con un faro que se encuentra en la parte superior del tranvía.



Asientos

Son longitudinales de barra y el material utilizado era la madera



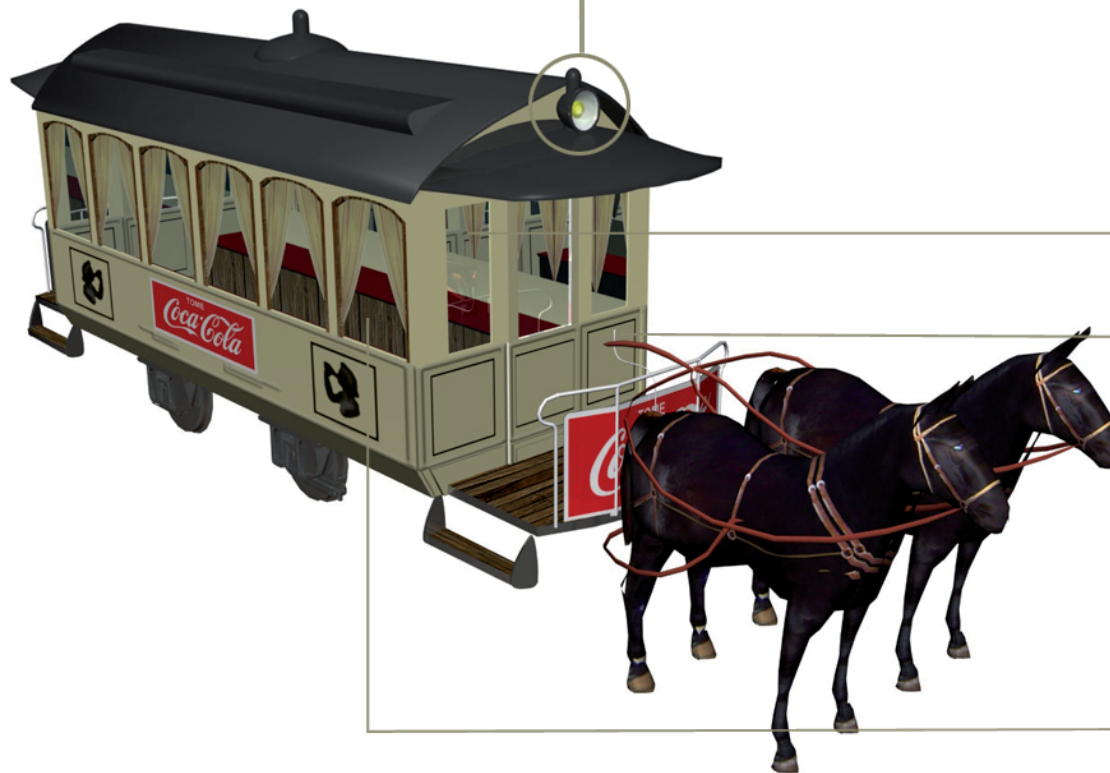
Cabina

Estaba descubierta por completa. Después fueron modificados con el advenimiento de la electricidad



Acceso

No existía una puerta de acceso solo bastaba con subir un escalón de madera.

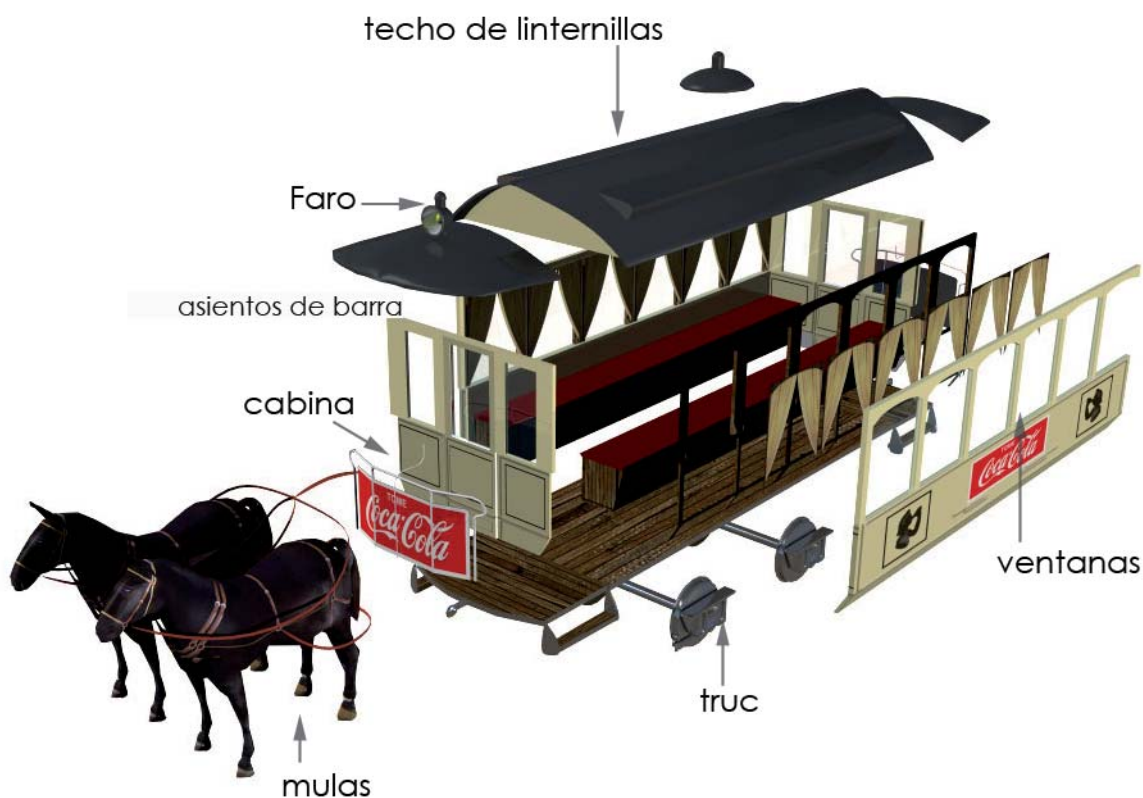


Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México

Los tranvías de mulitas o de sangre comenzaron a circular en las calles de la Ciudad de México en el año de 1860 es el primer sistema de transporte público en la ciudad.

Los carros que circulaban en la ciudad eran importados de la *John Stephenson Company* establecida en Nueva York.

Su carrocería era de madera con un techo de linternillas. Los materiales empleados en el techo del tranvía era lona sellada con chapopote para evitar que se filtrara el agua de la lluvia.



Características generales	
Número de serie	Desconocido
Año de fabricación	1850
Fabricante	John Stephenson Co.
País de origen	Estados Unidos
Número de trucs	1
Número de ventanas	12
Números de asientos	16
Caballos de fuerza	2 Hp



Tranvía eléctrico en San Juan de Letrán. Fuente: AGN, sin fecha.

1.1.2 Tracción eléctrica en la Ciudad de México

Se aproximaba el siglo XX, lleno de adelantos tecnológicos, irrumpía la electricidad aplicada al transporte urbano. Los tranvías eléctricos, invento del físico e ingeniero alemán Werner von Siemens (1816-1892), aparecieron por primera vez en Berlín en 1881 y poco después en París. Antes, el tranvía de vapor se había introducido en Filadelfia.

La electricidad aplicada al transporte debía de alterar el paisaje urbano: por una parte desplazaba a la mula; por otra, habría de hacer necesaria la instalación en Indianilla de talleres y de una planta para proporcionar energía a los vehículos, colocar líneas eléctricas elevadas que llevaría a la colocación de postes en las calles según la ruta. En 1896 se contaba con 375 km de vía

En 1888 funcionaba una ruta de apenas 2 km de largo prácticamente reservada al uso exclusivo del Presidente del Ayuntamiento, Guillermo Land y Escandón (1884-1927), pero no fue sino hasta 1900 cuando el Lic. Ignacio Mariscal, Secretario de Relaciones Exteriores, en compañía del Lic. Joaquín Casasús, Pablo Escandón y el Cap. de Ingenieros Porfirio Díaz Jr., inauguraran la primera ruta: México-Tacubaya. Las líneas fueron construidas bajo la dirección del Ing. Worwik. Los lujosos coches se adquirieron con la empresa J.G.

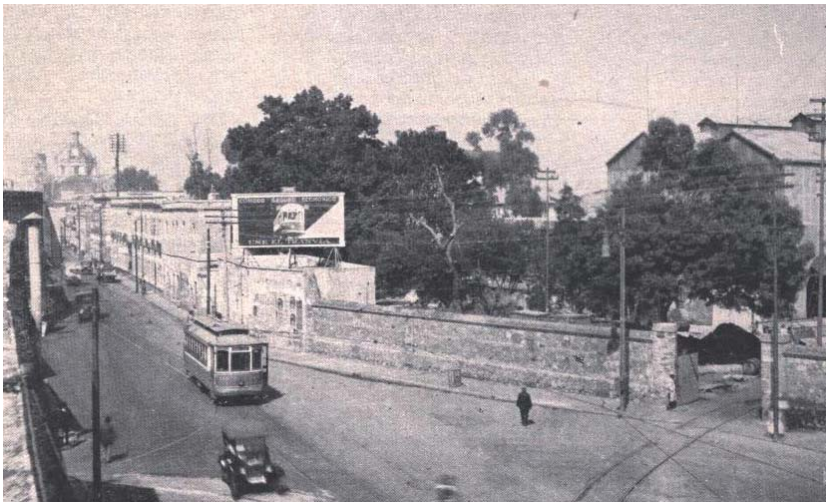
Brill, de Filadelfia, Estados Unidos y los generadores con General Electric Company. En febrero del mismo año se inauguró la de la Villa de Guadalupe.



El Sr. Briceño Ortega fue el primer motorista que empleó el uniforme de la compañía. Fuente: Electra 1929

El advenimiento de los tranvías sorprendió a la sociedad de esa época que estaba acostumbrada a ver la tracción del tranvía de una manera palpable (con la mula) y les parecía una maravilla que caminaran sin ayuda visible.

Sin embargo con el nuevo servicio eléctrico se perdió la familiar convivencia que se gozaba en los trenes de mulitas, eran más pequeños y favorecía la intimidad. El tránsito era menos intenso, la travesía duraba más por el lento trote de las mulitas y las muchas paradas que hacia dondequiera que el pasajero gustaba, esto aun continua cabe mencionar que esto continua hasta nuestros días con el transporte concesionado.



Tranvía eléctrico en Av. Revolución. Fuente: Electra 1928

Los trenes eléctricos, inevitablemente, sólo tenían paradas en las esquinas, y fuera de la ciudad aumentaban su velocidad, cambiando, al efecto, la "llave" con la que salían del Zócalo, la cual tenía un mecanismo que regulaba la velocidad.

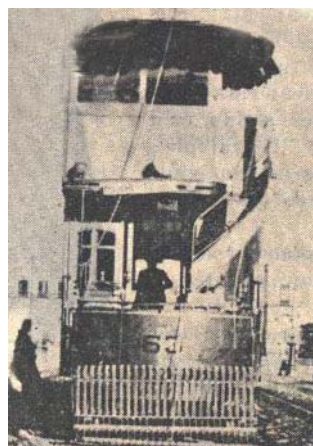
En tranvía de mulitas, el viaje del Zócalo a Azcapotzalco significaba cerca de 60 minutos. En 40 minutos, el eléctrico recorría la misma distancia y transportaba el triple de usuarios.

El servicio eléctrico pronto ganó la confianza de la gente. Los usuarios de este medio de transporte podían optar por tranvías de primera clase y de segunda. A principios de siglo se usaron tranvías de segunda clase y tranvías de carga pintados de verde, remolcados por un amarillo (motor), de primera clase, dotado de una especie de canastilla, el "aventador", en el que a manera de salvavidas, caía el individuo que hubiera tenido la desgracia de ser atropellado, evitando así que fuera arrollado. En varias ocasiones falló este mecanismo.

También existieron los tranvías llamados "de verano", que a ambos lados contaban con un estribo, que corría a todo lo largo y que permitía el acceso directo a los asientos. Cabe mencionar que no eran tranvías, sino remolques (carro sin tracción).

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México

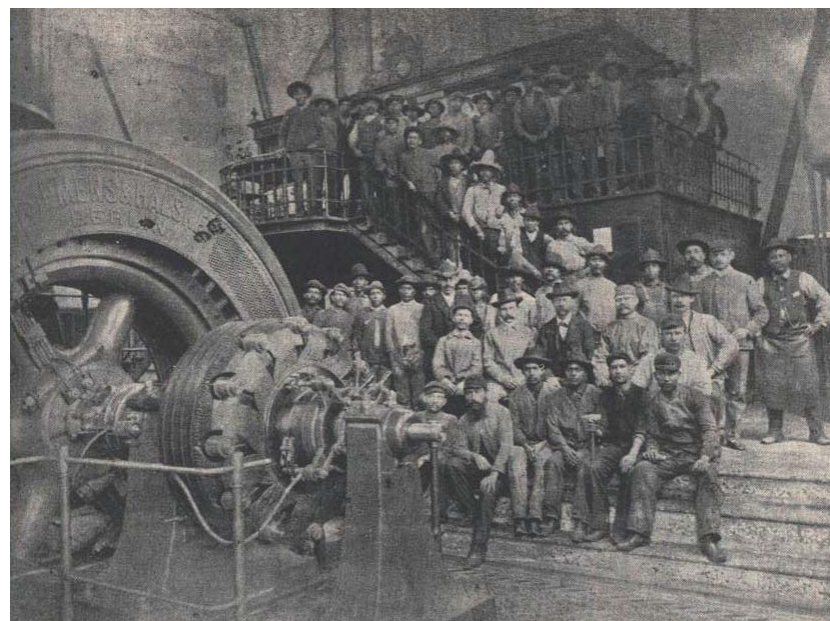
Con la llegada de los tranvías eléctricos se experimentaron varias adaptaciones a las carrocerías: el uso de carrocerías más anchas, con filas de asientos dobles y carros de dos pisos (72 asientos) además el uso de retrovisores.



Un aparatoso accidente en la curva de Chapultepec, determinó que se excluyera este tipo de tranvía, limitándose el concesionario a operarlos con un solo piso.

Vista frontal del tranvía de 2 pisos.
Fuente: Electra 1925

En diciembre de 1900, la concesión y bienes de la empresa nacional fueron transferidos a otra compañía inglesa: *The México Electric Tramways Co.*, y esta a su vez, en 1907, a la Compañía de Tranvías de México pasando a ser propiedad del consorcio presidido por el Dr. Ing. Frederick Stark Pearson, reconocido por su participación en los FF.CC. del Noroeste, Nacional y de Veracruz, proyectó la Hidroeléctrica de Necaxa e influyó económicamente en el régimen porfirista, bajo cuyo régimen fue ampliada la red urbana hasta las dimensiones y rutas que aun prevalecen como la de Tasqueña a Xochimilco.



Hidroeléctrica Necaxa. Fuente: Electra 1931

Los tranvías daban otros servicios: flete por horario o contratado, excursiones privadas, transportación para colegios, turístico, municipal para el traslado de presos, fúnebres y tranvía presidencial.

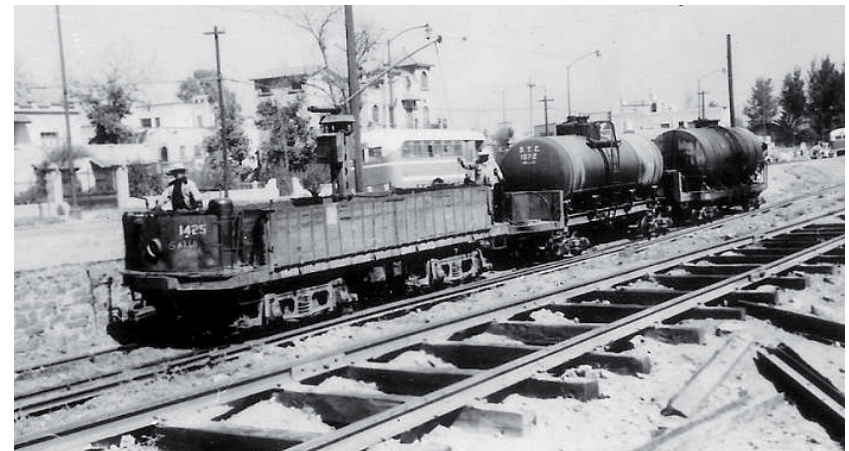


Inauguración del tranvía 1900. Fuente: AGN

Un factor importante para la Compañía de Tranvías era que de 595 carros, sólo 154 llegaron terminados de fábrica, el resto fueron fabricados en los talleres de la Indianilla con rodamientos y componentes importados, como nunca antes en la historia de México se construyeron vehículos urbanos en la capital.



Tranvía funerario, 1902. Fuente: AGN



Tranvía de flete, 1930. Fuente: AGN

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México



Descarrilameineto de un tranvía para transporte de presos. Fuente: AGN, sin fecha



Tranvía 111. Fuente: AGN, sin fecha

1.2 Componentes morfológicos del tranvía eléctrico y su evolución

En este subtema se abordará la línea evolutiva del tranvía eléctrico de la ciudad de México así como los diferentes tranvías eléctricos que existieron en la capital mexicana.

Los puntos a tratar están basados en componentes morfológicos del tranvía, es decir, los elementos que hacen distintivo a este medio de transporte:

Tracción

La tracción es lo que permite al tranvía desplazarse de un punto a otro en las ciudades. En esta tesis se analizan los diferentes tipos de tracción en los tranvías de la ciudad de México y los que existieron en el mundo. Aunque este punto está más enfocado en el aspecto tecnológico, la tracción impactó fuertemente en la estética del vehículo.

Cabina de conducción

Esta tesis estudia el exterior de la cabina de conducción. Se puede decir que la cabina fue la parte del tranvía que más evolucionó estéticamente, se experimentaron varias formas y fueron influenciadas con las corrientes artísticas de la época.

Techo

Siempre existió en todos los tranvías, con el fin de proteger a los usuarios de las inclemencias del tiempo. En el techo de los tranvías se experimentaron varias formas también ligadas a la moda imperante de la época, también vemos una notable evolución en el uso de materiales.

Ventana

Un elemento indispensable en el tranvía. Desde su concepción el tranvía fue un vehículo para disfrutar los paisajes urbanos. Punto que se retomará en la prospectiva. Para que el tranvía del siglo XXI retome este elemento que permita al pasajero disfrutar de los diferentes escenarios de la Ciudad de México.

Puerta

Este elemento indispensable para el usuario si sufrió muchos cambios, los primeros no contaban con puertas y los últimos con sistemas que permiten la apertura y cierre de puertas automáticamente.

Faro

Es un elemento morfológico distintivo del tranvía durante décadas localizado en el centro de la cabina de conducción y de forma circular.

Habitáculo

Los interiores de los tranvías experimentaron varias alineaciones de asientos así como de formas siempre adecuándose a los usuarios y para permitir el mayor número de pasajeros en su interior. Se nota una gran evolución en formas y materiales que se verán más adelante.

Los tranvías eléctricos elegidos para ser analizados son:

Tranvía Cero
Tranvía de doble piso
Serie 400
Serie 600

Fueron elegidos estos tranvías por el cambio estético y tecnológico que tiene cada una de las series. En el caso del tranvía PCC y los trenes ligeros Moyada y TE-90, serán tratados en el subtema 1.6 (El tren ligero de Tasqueña-Xochimilco) por incorporar formas de operación así como volúmenes de transportación diferentes a los del tranvía convencional.

Para la realización de este proyecto se estudiaron modelos en 3D basados en planos originales proporcionados por la ATM (Alianza de Tranviarios de México).



CERO



2 PISOS



S-300

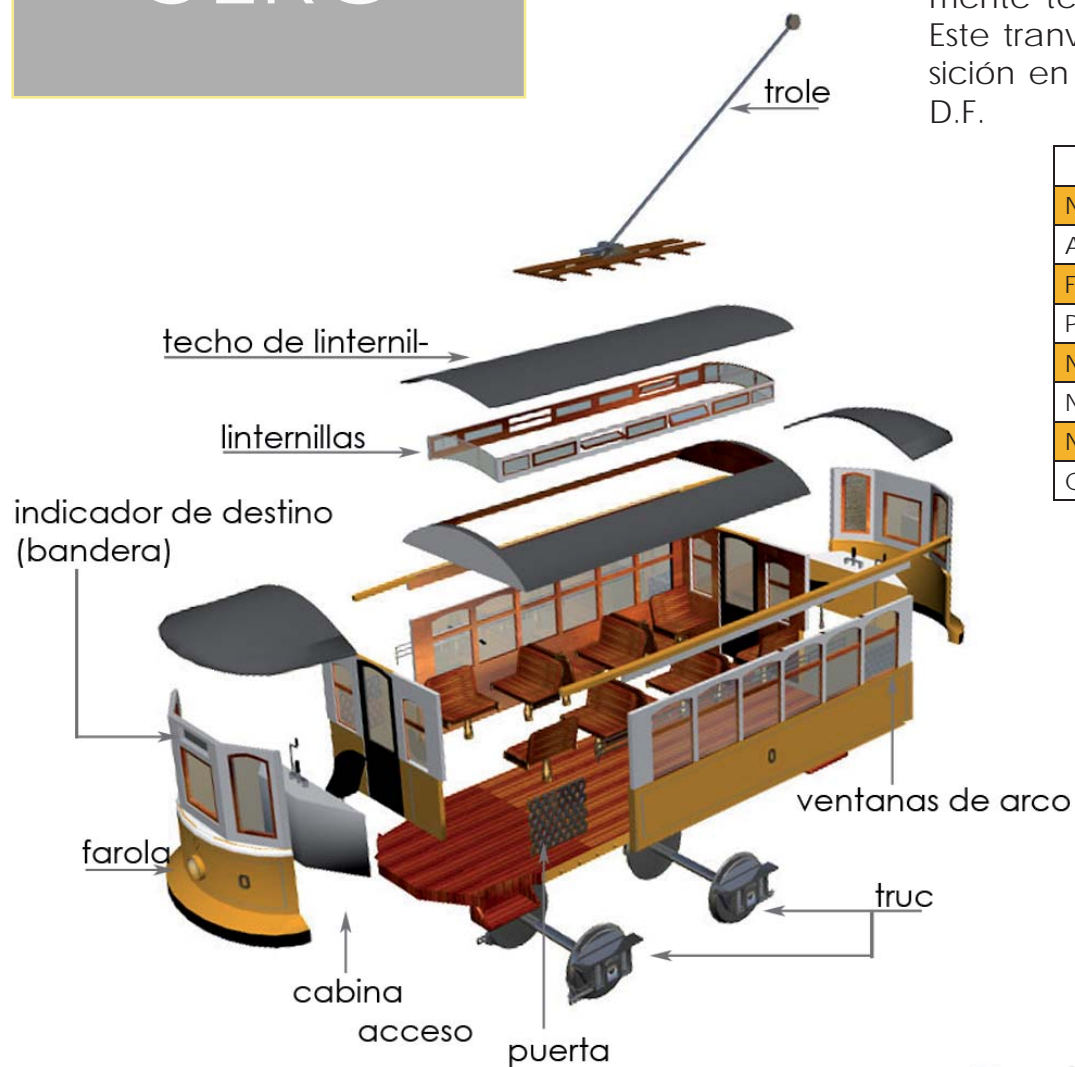


S-600

CERO

1.2.1 Tranvía Cero

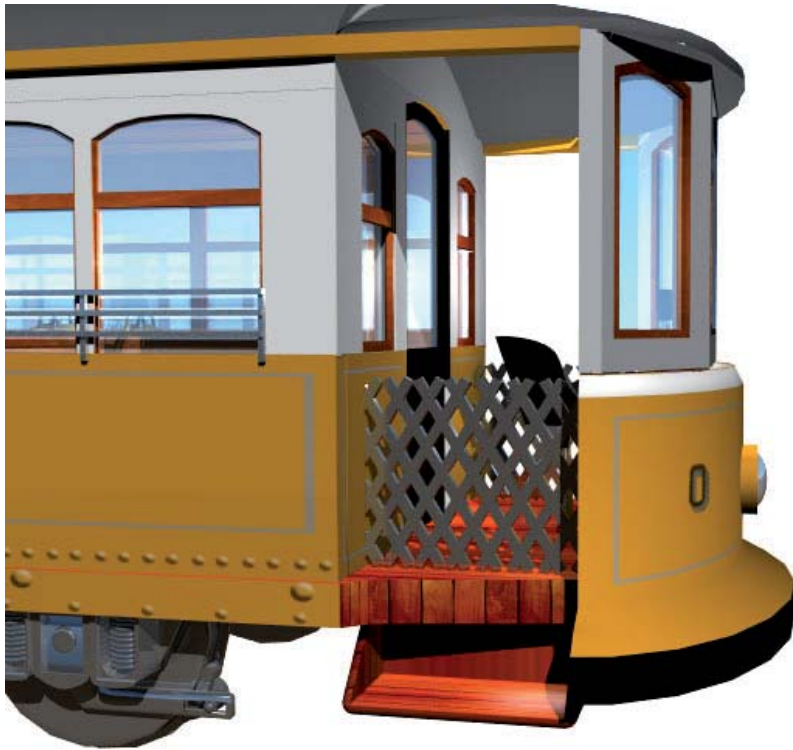
El tranvía Cero fue adquirido en 1900 y llegó totalmente terminado de la Brill Company de Filadelfia. Este tranvía aún existe y esta en permanente exposición en los patios de STE en San Andrés Tepepilco D.F.



Características generales	
Número de serie	0
Año de fabricación	1899
Fabricante	Brill Company
País de origen	Estados Unidos
Número de trucs	1
Número de ventanas	12
Números de asientos	16
Caballos de fuerza	35 Hp



Tranvía "Cero" en exposición en la estación Huipulco, México D.F.



Puerta

El acceso al vehículo se hace por medio de un estribo de madera que se encuentra situado a la entrada del tranvía.

El concepto de puerta en si no existía en este tranvía, existía una media puerta plegadiza que era plegada por el motorista.



Techo de linternillas

Las linternillas además de tener un fin estético tenían como función alumbrar el interior del tranvía, este elemento del tranvía evolucionó considerablemente como se verá en los demás capítulos.

Los materiales con los que estaban hechos los techos de estos tranvías era de lona sellada con chapopote para evitar el paso del agua.

En el techo de las linternillas también se observa en la imagen de arriba que cuentan con un aislador de madera con el fin de aislar el trole del techo.

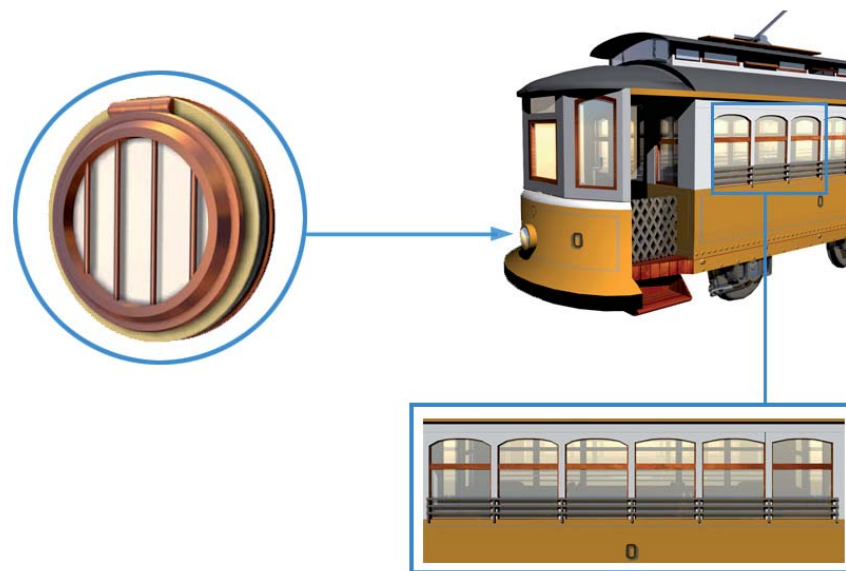
Faro

Este elemento es un icono del tranvía, desde el tranvía Cero hasta la serie 2000 (PCC), la forma y su ubicación no ha cambiado. Es un elemento circular al centro de la cabina de conducción.

Los materiales utilizados en este faro es armazón de cobre recubierto de pintura negra. Cuenta con unas rejillas que protegen al faro contra robos y a la lámpara de impactos.

Interior

En este modelo en 3D del tranvía Cero se observa que su interior es totalmente de madera, cuenta con unas agarraderas metálicas que contrastan con la madera en los asientos.

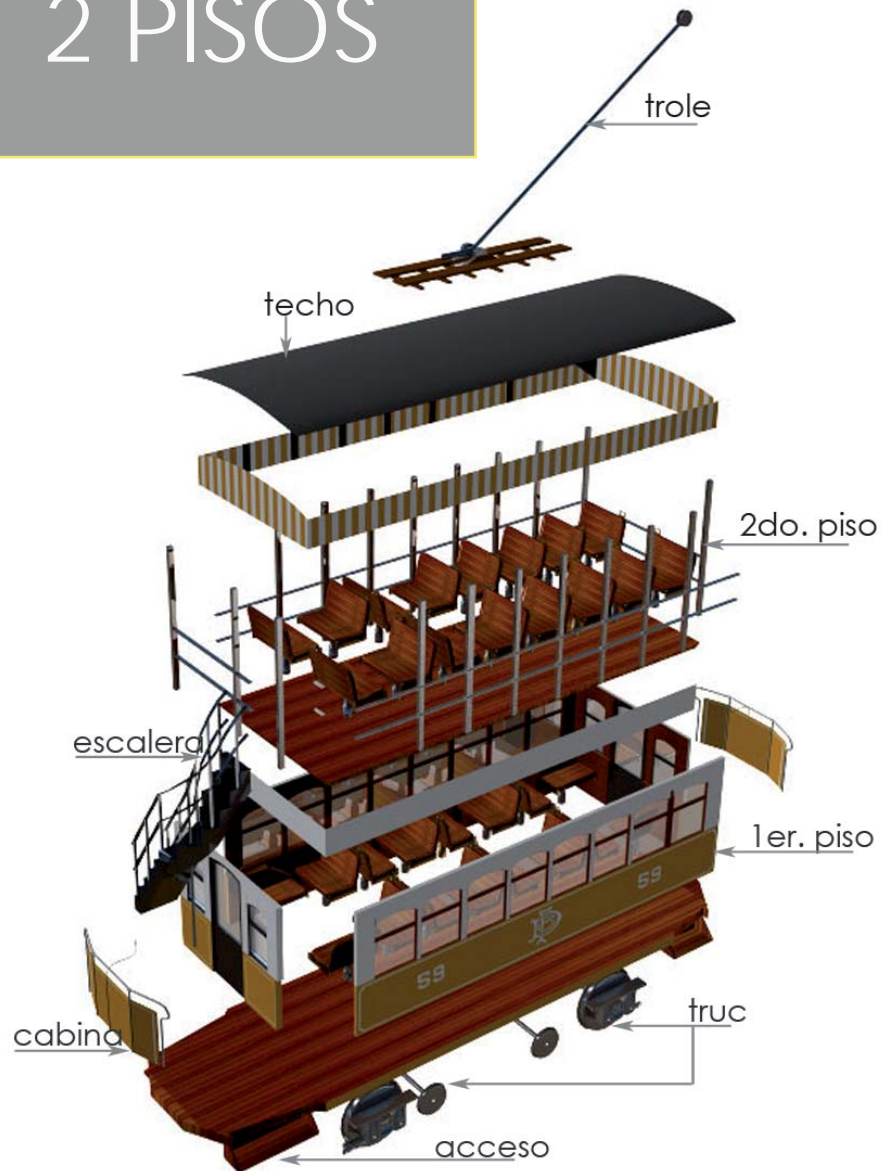


Ventanas

El tranvía es un vehículo que desde su concepción ha sido un medio de transporte para disfrutar los escenarios de la ciudad, es por ello que cuenta con un gran número de ventanas además de dotarlo de iluminación.

Podemos observar que las formas de las ventanas han ido evolucionando a través del tiempo. En este tranvía podemos observar un arco en la parte superior de la ventana que le da cierta suvidad al aspecto exterior del vehículo

2 PISOS



1.2.2 Tranvía de dos pisos

Los tranvías de dos pisos de la ciudad de México fueron los primeros en circular en todo el mundo, tenían una amplia aceptación en la sociedad, pero debido a constantes volcaduras fueron modificados para operar sólo con un piso.

Características generales	
Número de serie	59
Año de fabricación	1901
Fabricante	CTM
País de origen	México
No. de trucs	1
Número de ventanas	8
Números de asientos	35
Caballos de fuerza	72 Hp

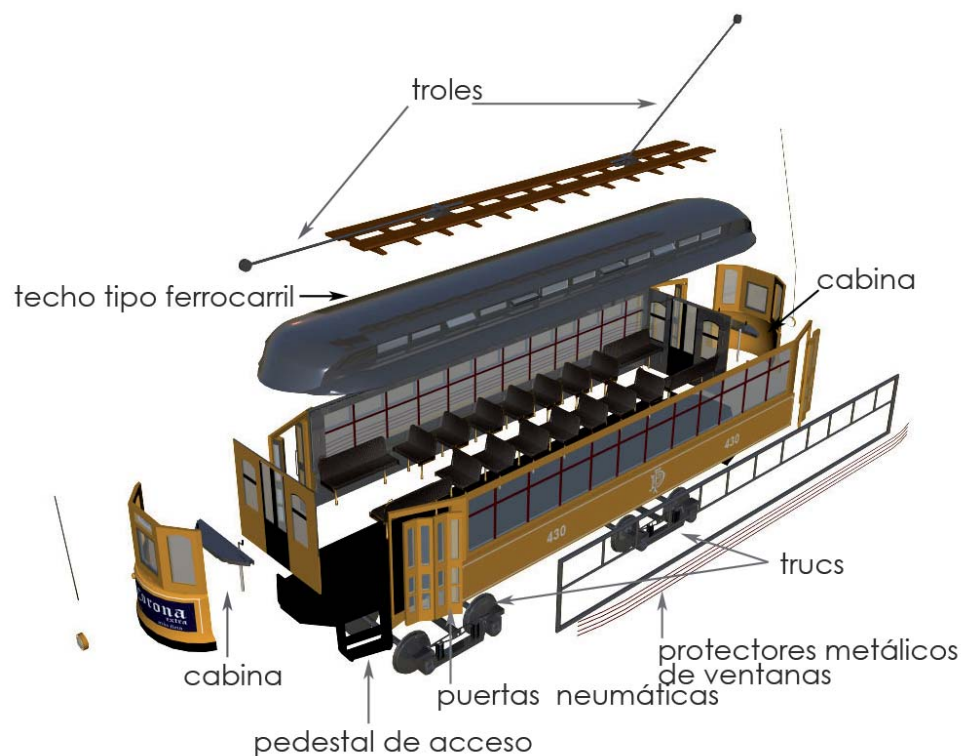


Tranvía 59, Fuente: Electra 1932

S-300

1.2.3 Tranvía serie 300

El tranvía de la serie 300, de la compañía St. Louis Car Company, tenía dos cabinas (bidireccional), por lo mismo cuenta con dos troles. Este tranvía contaba con varios adelantos tecnológicos, como lo son su conducción bidireccional así como el arreglo de los trucs. En los años treinta, esta serie 300 fue renumerada como la serie 800 haciéndole adaptaciones al carro original como puertas neumáticas. En esta serie también se observan ventanas con una protección metálica, que tenían como función evitar que el pasajero sacara algún brazo, además de proteger al pasajero de algún percance externo.



Características generales	
Número de serie	300
Año de fabricación	1903
Fabricante	St.Louis Car Co.
País de origen	Estados Unidos
Número de trucs	2
Número de ventanas	24
Números de asientos	40
Caballos de fuerza	60 Hp

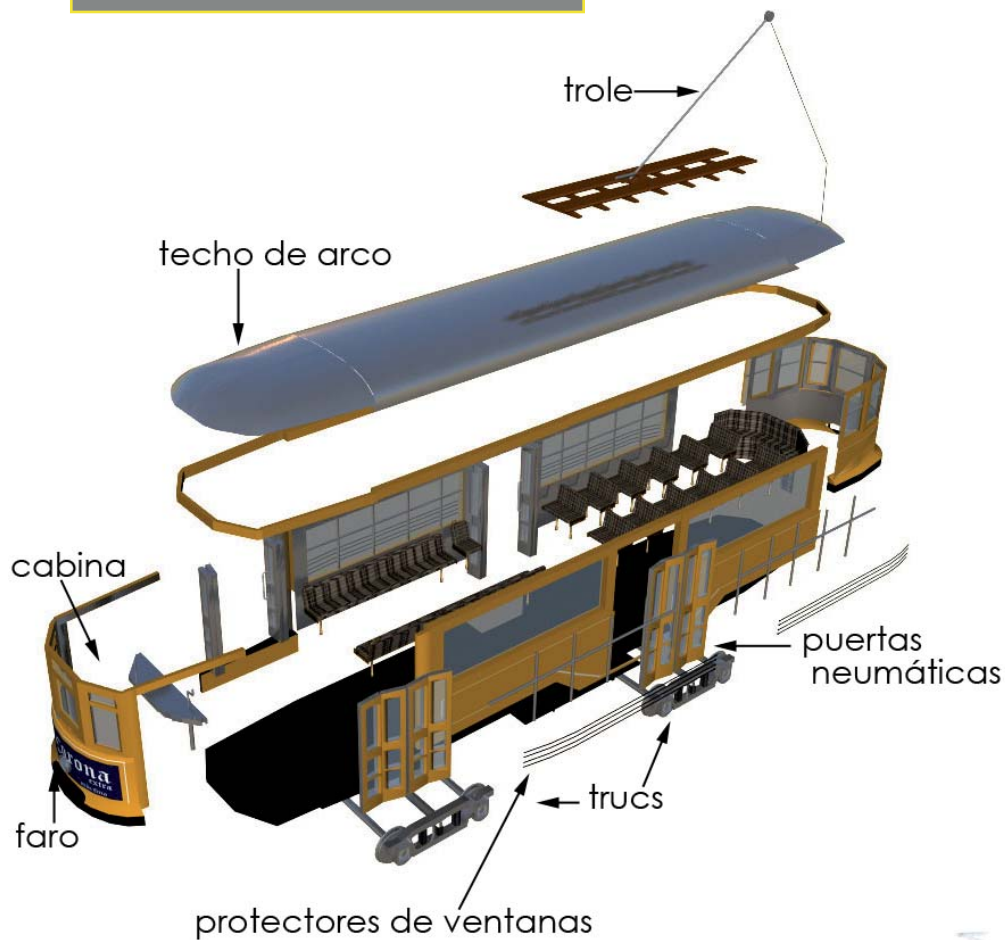


Serie 800 (1940)



Serie 300 (1910)

S-600



1.2.4 Tranvía serie 600 (Peter Witts)

Este modelo de tranvía fue el precursor del piso bajo que se comenzó a comercializar en los años noventa del siglo XX. Aunque no es un piso bajo 100% los accesos son mucho más amigables ya que las puertas centrales están a una altura más accesible que sus antecesores.

El techo es de arco al contrario de la serie 300 que se esforzaban por darle una apariencia más de ferrocarril. Contaba con un techo tipo arco, libre de cualquier tipo de ornamentación.

También existe una evolución clara en el uso de materiales, la madera es sustituida por un armazón de acero el techo también metálico. Cuenta con puertas neumáticas y unidireccional, como se puede ver en el modelado 3D el uso de publicidad era muy común (por lo general cerveza y cigarrillos).

Características generales	
Número de serie	600
Año de fabricación	1920
Fabricante	Peter Witts
País de origen	Estados Unidos
No. de trucs	2
Número de ventanas	24
Números de asientos	40
Caballos de fuerza	60 Hp

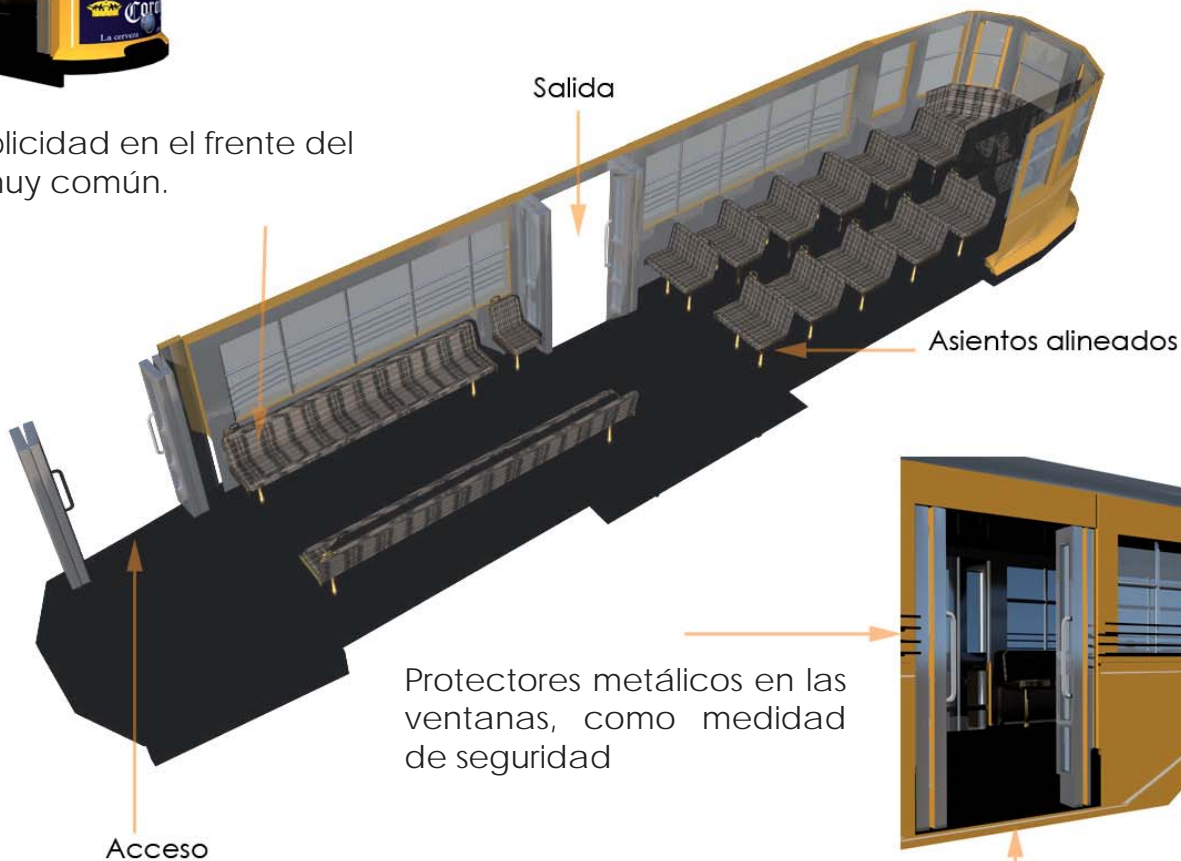
Asientos longitudinales y alineados en fila

El interior del tranvía serie 600 (Peter Witts), contaba con un arreglo de asientos de barra (longitudinales) y en línea, el propósito de esta disposición de asientos era aumentar la capacidad del vehículo.



Cabina unidireccional

El uso de publicidad en el frente del tranvía era muy común.



Protectores metálicos en las ventanas, como medida de seguridad



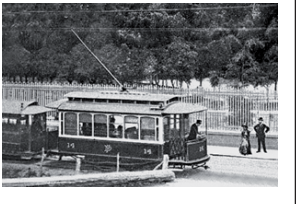


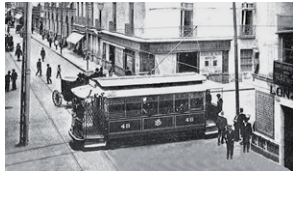
















Acceso al tranvía a nivel banqueta

Tanto el ascenso y el descenso del tranvía se hace por medio de puertas neumáticas, que el conductor abre desde la cabina de conducción.

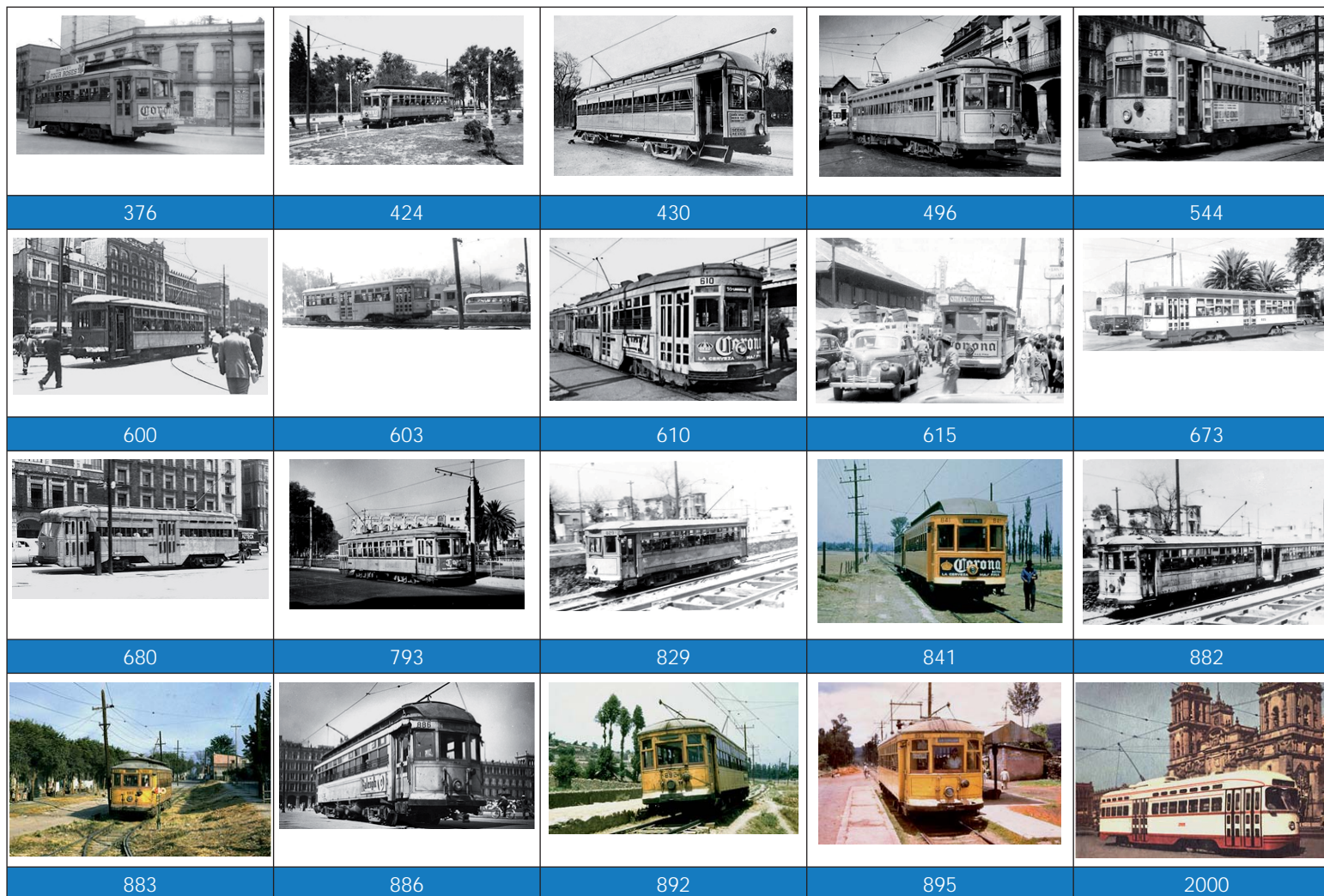
1.3 Catálogo retrospectivo de imágenes de tranvías de México (1900-1990)

En este subtema se ilustra el parque vehicular de STE, los números que se encuentran en cada imagen corresponden al número de inventario de cada tranvía.










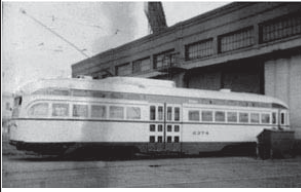

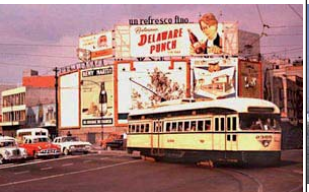








				
0	7	14	15	24
				
48	54	59	72	104
				
120	123	142	159	171
				
234	247	270	321	362

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México

Los tranvías de servicio de flete algo muy común en la ciudad de México, podemos ver el tranvía funeral muy usado por Gayosso que a principios de siglo XX el 90% del traslado de cadáveres se hacía por este medio de transporte. También podemos ver las góndolas que transportaba todo tipo de mercancías además que se le acoplaban tanques como se puede apreciar en la foto góndola-2.



El traslado de presos también se realizaba por medio del tranvía como podemos ver en la página 37. Las fotos fueron proporcionadas por el Archivo Histórico de STE, Alianza de tranviarios de México, Archivo General de la Nación y la fototeca del INAH.

				
2156	2175	2180	2189	2216
				
2246	2268	2316	2366	2374
				
2383	2388	2403	2439	correo
				
gondola	gondola-2	tranvía funeral	Moyada	TE-90

1.4 Extinción del tranvía en la Ciudad de México

La temporal desaparición del tranvía en las ciudades del continente americano, asiático y europeo se le puede atribuir al advenimiento de los vehículos privados por lo que la mayoría de las líneas comenzaron a desaparecer en 1950. Los avances técnicos del automotor comenzaron a competir realmente con el tranvía debido a que no necesitaba de costosa infraestructura para su operación.

Poco a poco los gobiernos comenzaron a invertir principalmente en red de autobuses. Además de que la infraestructura de caminos y autopistas era percibida por la población como símbolo de progreso.

La prioridad dada a los automóviles se puede ver ilustrada en la propuesta del presidente francés Georges Pompidou que declaró en 1971 "La ciudad debe adaptarse al automóvil".

En la mayoría de las ciudades del mundo a las líneas de tranvías no se les dió mantenimiento o ni fueron modernizadas, las pocas líneas que quedaron paulatinamente desaparecieron siendo sustituidas por autobuses.

Las líneas de tranvías casi desaparecieron completamente en Norteamérica, Irlanda, Francia, Reino Unido, India, Turquía, España y Sudamérica. Por otro lado países, que mantuvieron y modernizaron sus líneas



Tranvía PCC, en el depósito San Andrés Tepepilco.
Foto: J. Antonio González O.

fueron: Suiza, Alemania, Croacia, Polonia, Finlandia, Rumania, Austria, Italia, Bélgica, Holanda, Escandinavia y de Asia Japón.

En Francia y Reino Unido únicamente las redes de tranvías de Lille, Saint-Etienne, Marsella y Blackpool sobrevivieron a este período pero cada uno de ellos reducidos a una sola línea. La red de tranvías en Australia desapareció en 1970 con excepción de la línea

1.4.1 Factores físicos que propiciaron la extinción del tranvía

La ciudad de México por su situación geográfica sufre de los estragos de los terremotos que se originan en las costas del pacífico.

El terremoto de septiembre de 1985 con una magnitud de 8.1 grados Richter cobró la vida de miles de personas, además de daños a la infraestructura de la ciudad.

El sistema de transporte eléctrico sufrió cuantiosas pérdidas materias tanto en sus edificaciones como en el material rodante.

Los recién remodelados PCC dispuestos a correr de Tasqueña a Xochimilco fueron aplastados por la estructura de concreto armado. Las fotos que se muestran fueron tomadas por el Arq. Héctor Lara de la Alianza de Tranviarios de México.

Un año después del terremoto algunas de sus partes se usaron para construir el tren ligero Moyada que describiremos más adelante.



Tranvías aplastados por el terremoto de 1985.
Foto: Arq. Héctor Lara (ATM)

1.4.2 Factores sociales que propiciaron la extinción del tranvía

La explosión demográfica de los 50's y 60's propició el crecimiento desmesurado y poco planeado de la ciudad y el poco o nulo interés de los regentes capitalinos por modernizar la red tranviaria fueron factores que motivaron el abandono del tranvía.

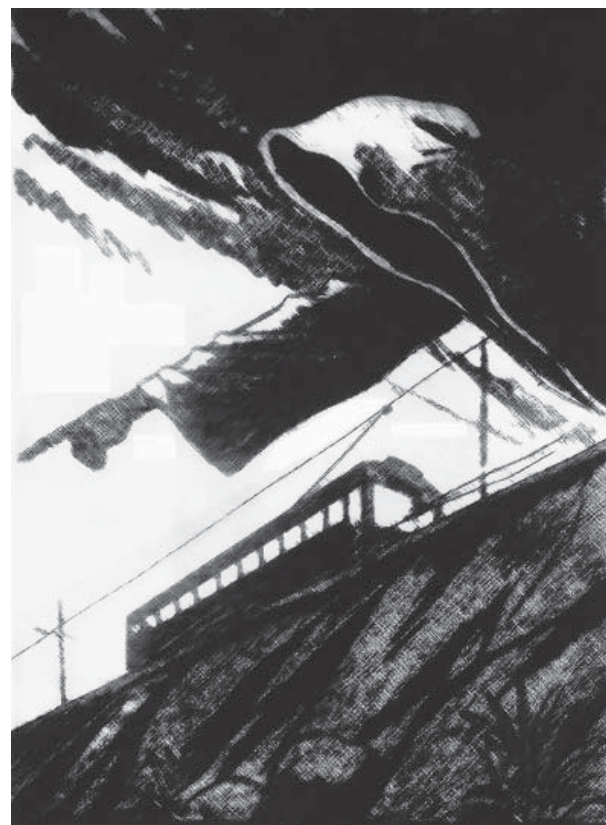
El 21 de febrero de 1953 la falta de mantenimiento en la red tranviaria propició el accidente más desastroso en la historia de este transporte en la ciudad de México, el tranvía con número 801 cobró con la vida de 66 personas y 93 heridos.

Un tren que venía de la La Venta perdió los frenos y se estrelló con uno que venía saliendo de Tacubaya, la catástrofe fue originada por el mal estado de los tranvías y por el exceso de pasaje que llevaban los carros.

El tranvía procedente de La Venta (800) quedó sin frenos cuando se encontraba en la cima de Santa Fe. Se precipitó hacia abajo a pesar de que el motorista se esforzaba para detener la marcha, finalmente se estrelló contra el tren que iba ascendiendo.

“Desde hace 3 meses los dos tranvías no eran revisados. Se quedó sin frenos pues las varillas se habían roto, trató de aplicar los frenos de emergencia pero no obedecieron”. Fuente: *Excelsior*, 22 de febrero 1953.

Este lamentable accidente propició la satanización de los medios de comunicación hacia el tranvía como se puede ver en el cartón del *Excelsior* y la línea fue clausurada para siempre desencadenando el cierre de varias líneas de tranvías.



Un tranvía llamado... ¡Muerte!

Satanización del tranvía. Fuente: *Excelsior* 24 de febrero 1953

La explosión demográfica fue un factor importante que impacto directamente a la forma de moverse de los capitalinos.

De 1940-1960. Esta época se caracterizó por el crecimiento de las áreas urbanas a costa de las zonas rurales. En 1940 la población total era de 19,6 millones, de los que un 35% correspondía a zonas urbanas, veinte años después, con una población de 35 millones, el 50% estaba establecida en las áreas metropolitanas (México, Guadalajara, Monterrey y León, principalmente). Por otra parte, se produjo un brusco crecimiento de la población, debido entre otras causas a la disminución de la tasa de mortalidad, que pasó del 2,6% en 1940 al 0,3% en 1960.

La explosión demográfica y la necesidad de transporte de los capitalinos, fueron factores que orillaron al gobierno capitalino a crear un medio de transporte masivo para la ciudad.

Muchas de las líneas tranviarias fueron reemplazadas por el metro, como sucedió en la calzada de Tlalpan donde circulaban tranvías y fue sustituido por este medio de transporte masivo.

En las fotos de la derecha se puede ver la transformación urbana en la avenida Tlalpan, en ambas fotos se puede apreciar , fotos de la misma avenida, con

medios de transporte similares pero con volúmenes de transporte muy diferentes, en este caso el tranvía evolucionó de tranvía a metro.



Tranvía en la avenida Tlalpan, 1959
Fuente: colección Joseph Testagrose



Metro Línea 2 del metro. Foto: J. Antonio González O.

1.5 El tren ligero de Tasqueña-Xochimilco último tranvía en la Ciudad de México

Para 1984 la única línea de tranvías existentes era la de Tasqueña a Xochimilco. En este mismo año se cierra la última línea de tranvías existente en el país para que dos años después reapareciera el transporte eléctrico sobre rieles: inaugurándose el tren ligero. En los años que no operaron los tranvías (1984-1986) los usuarios se transportaban en la extinta Ruta 100 y en peseros, reconociendo los usuarios que eran más rápidos que el tranvía.

El 1 de agosto de 1986 se inaugura el tren ligero después de dos años de estar la línea fuera de operación y comienzan a correr los primeros trenes ligeros. Estos trenes están diseñados en México y consistían en dos tranvías modelo PCC acoplados. Su plan de operación era de 1986-2010 el primer tramo fue Tasqueña Huipulco con una longitud de 5.4 Km.

La fecha de inauguración debió de coincidir con el mundial de fútbol que se celebraba en nuestro país y ser una vía de transporte público para el Estadio Azteca pero debido a constantes fallas técnicas se pospuso su inauguración.

La adaptación de los tranvías PCC con 40 años de servicio tardó alrededor de un año, dicha adaptación fue llevada a cabo por Moyada (Modificaciones y Adaptaciones) una empresa mexicana con asesoría extranjera.

Después de un año se comenzaron a realizar pruebas para que el 1 de agosto de 1986 el expresidente Miguel de la Madrid junto con el regente del DDF Ramón Aguirre lo inaugurara, sin embargo el día de la inauguración salieron a la luz múltiples fallas. Llamó la atención el olor a quemado dentro de los carros lo que los ingenieros explicaron: "que tal vez se trataba de la acción del calor sobre la nueva pintura" fuente: *Excelsior* agosto 2, 1986).

Luego fue desmentido por el conductor del tren que aseguró que se trataba del "asentamiento de las balatas" fuente: *La Jornada* agosto 2, 1986.



Últimos PCC que circularon de Tasqueña a Xochimilco 1986. Fuente: Archivo Histórico de Xochimilco.



Ultimos PCC, que circularon de Tasqueña a Xochimilco, 1983. Foto: Héctor Lara ATM.

Múltiples problemas técnicos orillaron a que a dos días después de la inauguración dejara de operar el tren ligero.

Los principales problemas fueron:

- **Problemas en el sistema de frenado (balatas).** Se encontraban mal calibradas para su uso.
- **Electroneumático:** Problemas con apertura y cierre de puertas.
- **Suministro de energía:** Sobrecalentamiento del pantógrafo.

Las partes nuevas que se le incorporaron a la línea y al vehículo fueron:

- Catenaria
- Carrocería
- Interiores
- Pantógrafo y cableado
- Tableros

El 80% del tren ligero esta construido con piezas rehabilitadas.

El 1º de septiembre de 1986 el entonces Gobierno del D.F. responsabiliza a Moyada y a su presidente de la empresa Samuel Wigisser Karpul por las fallas.



Día de la inauguración, agosto de 1986. Fuente: Archivo Histórico de Xochimilco.

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México

Para este sistema de transporte se aprovecharon los tranvías que habían quedado fuera de servicio, reduciendo los costos de inversión.

Según informes del entonces D.D.F. la compañía privada utilizó la experiencia y tecnología de Canadá. Así, se inició la reconstrucción para poner en circulación 16 trenes ligeros con un costo cuando menos seis veces menor al que hubiera tenido otro medio de transporte.

Algunos datos interesantes de este tren ligero:

- Velocidad máxima 65 km/hr.
- El costo de construcción es entre 10 y 15 veces menor al metro.
- 600 metros entre cada estación.
- Cinco puertas laterales
- Se encuentra dividido en 3 secciones unidas por dos articulaciones mecánicas y flexibles.
- Vida útil 15 años

- Recorrido total de 12.5 Km Tasqueña-Xochimilco.
- 10,000 pasajeros por hora.
- 80 personas sentadas y 320 paradas (8 personas metro cuadrado).
- Velocidad comercial entre 20 y 30 km/hr
- Se aprovecharon 200 tranvías PCC
- Mayo 30, 1988 hasta 30 minutos de intervalo entre trenes



Tren ligero Moyada. Fuente: AGN

La asistencia técnica canadiense estaba enfocada a la construcción y al diseño del tren, así como sus partes eléctricas y articulaciones que une cada una de la secciones, bajo las bases de un contrato de intercambio tecnológico.

Estudios del DDF, revelaban que para el año 2000 por lo menos 25 de las ciudades más pobladas del país deberían de contar con tren ligero, para hacer frente a la demanda de transporte.

“Según la prospectiva del transporte eléctrico para 1990 se requerirá de 430 km de vía de tren ligero y para el año 2000, 796 km y deberán estar operando por lo menos 955 trenes con un total de 1,875 carros” perspectiva a futuro que no se ha cumplido.

Fuente: (Ovaciones mayo 25, 1986).



Cronología del tren ligero de Tasqueña	
mayo 1978	Sólo operan 17 tranvías entre Tasqueña y Xochimilco
abr. 1984	Desaparecen los tranvías en la ciudad de México. Se comienza a construir el primer tramo del tren ligero
sep. 1984	Se comienza a construir la primera etapa del tren ligero
abr. 1986	Se reanudan las pruebas con el Moyada
may. 1986	Comienza el mundial México '86
may. 1986	Se entrega el primer tren ligero
ago. 1986	Se inaugura el tren ligero por el Presidente Miguel de la Madrid
sep. 1986	El gobierno responsabiliza a Moyada por la fallas del tren ligero
nov. 1986	Servicio gratuito a los usuarios
feb mar 1987	Tramo Huipulco Xochimilco 7.28 km de vía
nov. 1988	Se concluye el tramo Huipulco-Xochimilco
ene. 1989	Solo funcionan 5 de los 17 trenes ligeros.
ago. 1990	Concarril firma contrato con el DDF Camacho Solís
jul. 1990	El desprendimiento de un acoplador causa un accidente del tren ligero al impactarse con seis autos que estaban en la vía
feb. 1991	Se incorporaron doce unidades totalmente nuevas
jul. 1993	Estaciones: Arenal y Huichapan

Tren ligero Moyada. Fuente: AGN

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México

Después de múltiples fallas aunadas, a intervalos de 30 min. entre trenes, el DDF se vió en la necesidad de adquirir material rodante totalmente nuevo.

Se compraron los TE-90 y posteriormente los TE-95 con tecnología Siemens y carrocería Concaril, mejorando el servicio y los intervalos entre trenes. Actualmente este medio de transporte se encuentra rebasado por la alta demanda que tiene. Por lo que en la actualidad se esta analizando la compra de nuevos trenes y así reducir los intervalos entre cada uno de ellos.

En los siguientes apartados describiremos los trenes que circulaban de Tasqueña a Xochimilco, se hará un despiece en tres dimensiones de cada uno para identificar sus principales características, el tranvía y los trenes ligeros a analizar son los siguientes:



PCC



MOYADA



TE-90



Material rodante TE-95, foto: J. Antonio González O.



Modelo 3D de la serie 2000



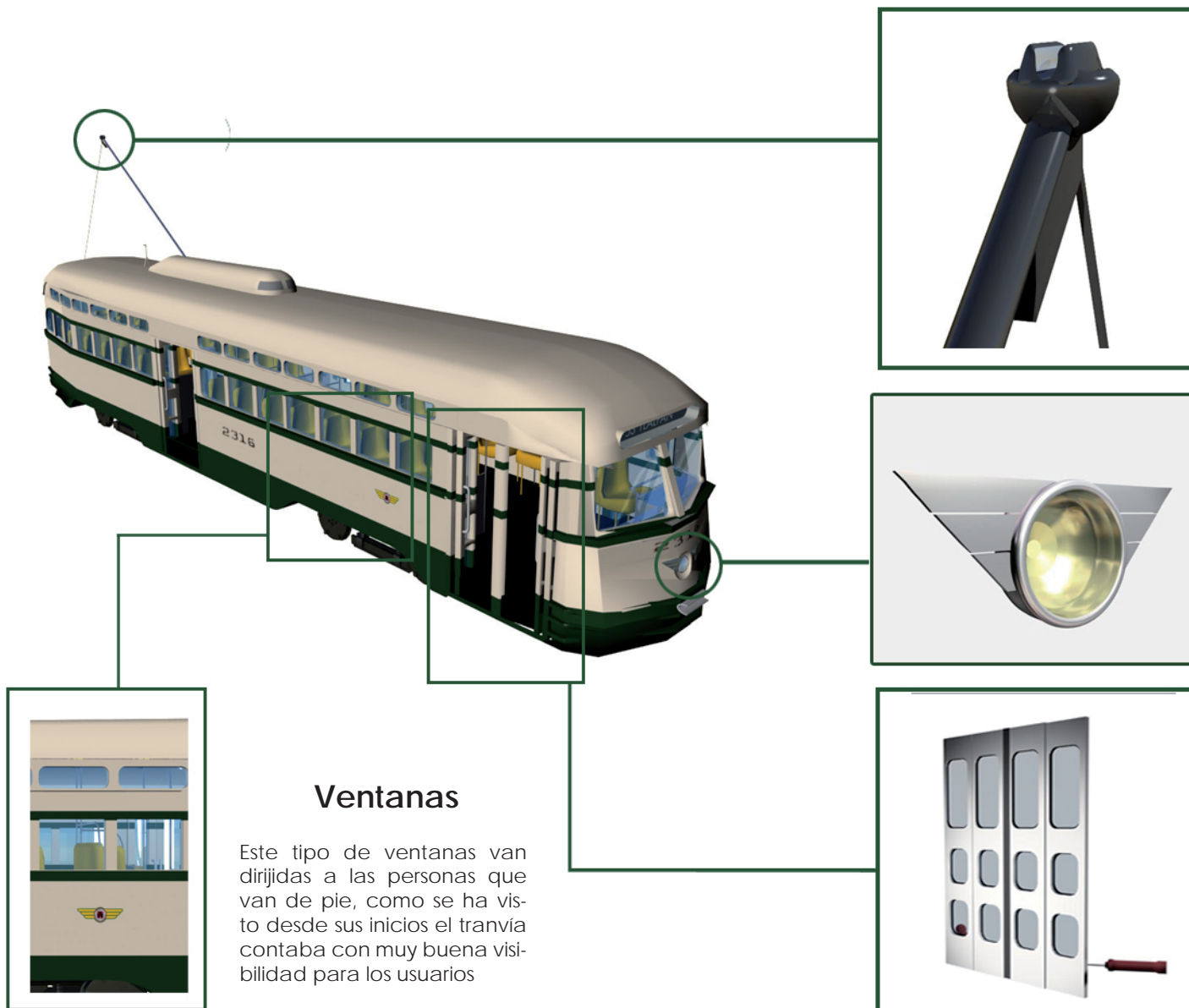
1.5.1 Tranvía PCC

En un esfuerzo del gobierno del Distrito Federal por renovar la flota de tranvías fueron adquiridos los tranvías PCC. Estos tranvías con tan sólo cuatro años de uso fueron comprados al gobierno de Detroit denominandola serie 2000.

Este diseño norteamericano fue un parteaguas en el transporte eléctrico contando con adelantos tecnológicos en los frenos y una línea más aerodinámicas.

Los detalles en diseño son palpables desde su interior hasta su exterior. Este tranvía surgió de un comite para desacelerar la motorización de las ciudades norteamericanas.

Características generales	
Número de serie	2000
Año de fabricación	1945
Fabricante	St.Louis Car Co.
País de origen	Estados Unidos
Número de trucs	2
Número de ventanas	24
Números de asientos	40
Caballos de fuerza	60 Hp



Trole

El trole del PCC cambia al de sus antecesores, este deja de ser circular, para convertirse en una pieza giratoria en un eje donde el cable de la línea elevada se desliza en la parte de en medio. Actualmente se sigue utilizando esta tecnología para los trolebuses

Faro

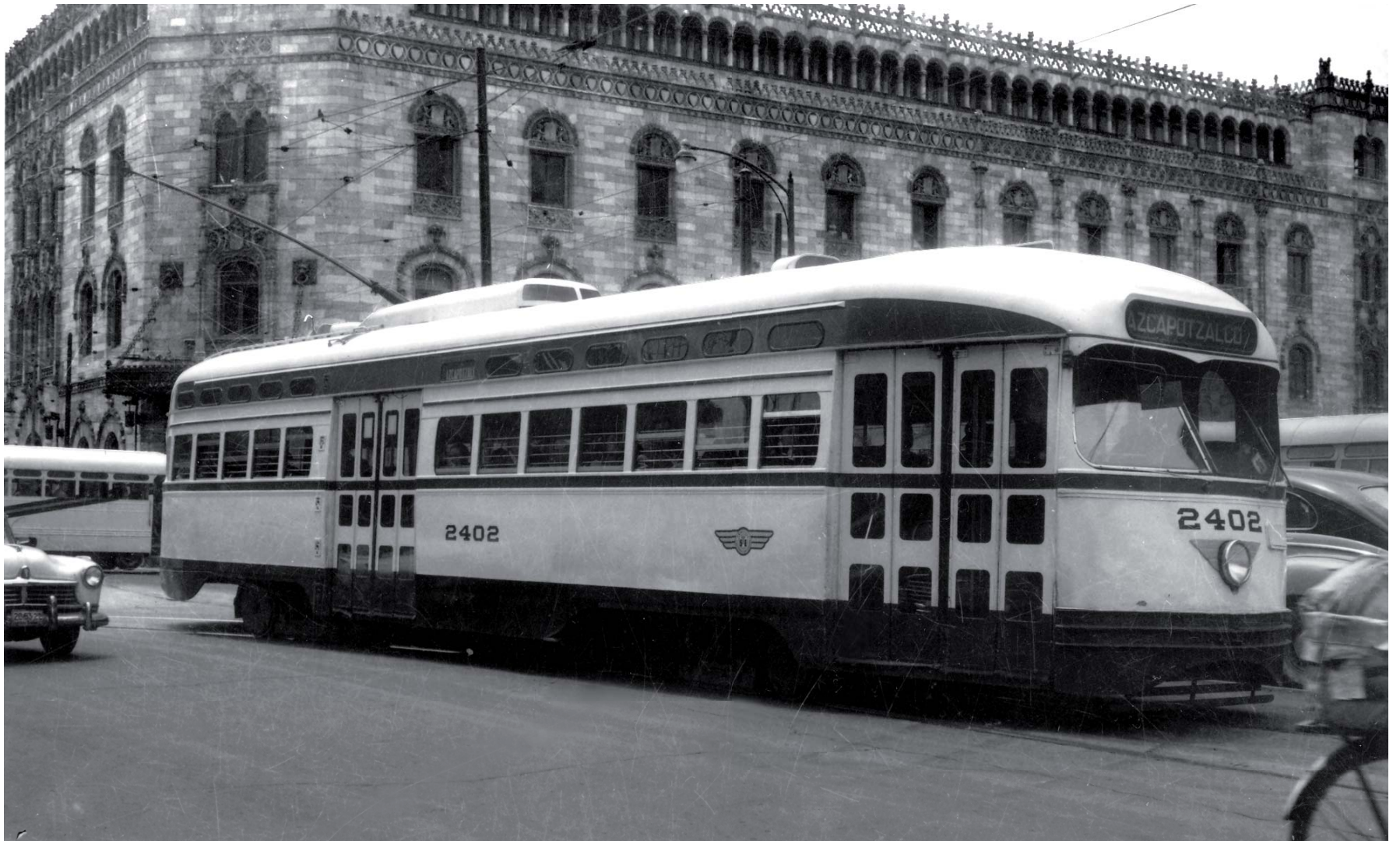
El faro como podemos ver con sus antecesores sigue siendo circular y localizando al centro de la cabina. Lo que lo hace característico son unas alitas ornamentales al estilo Art Deco a los lados del faro.

Puertas

Las puertas son neumáticas, el motorista las abre y las cierra desde la cabina de conducción, también podemos observar las esquinas redondeadas de las ventanas

Ventanas

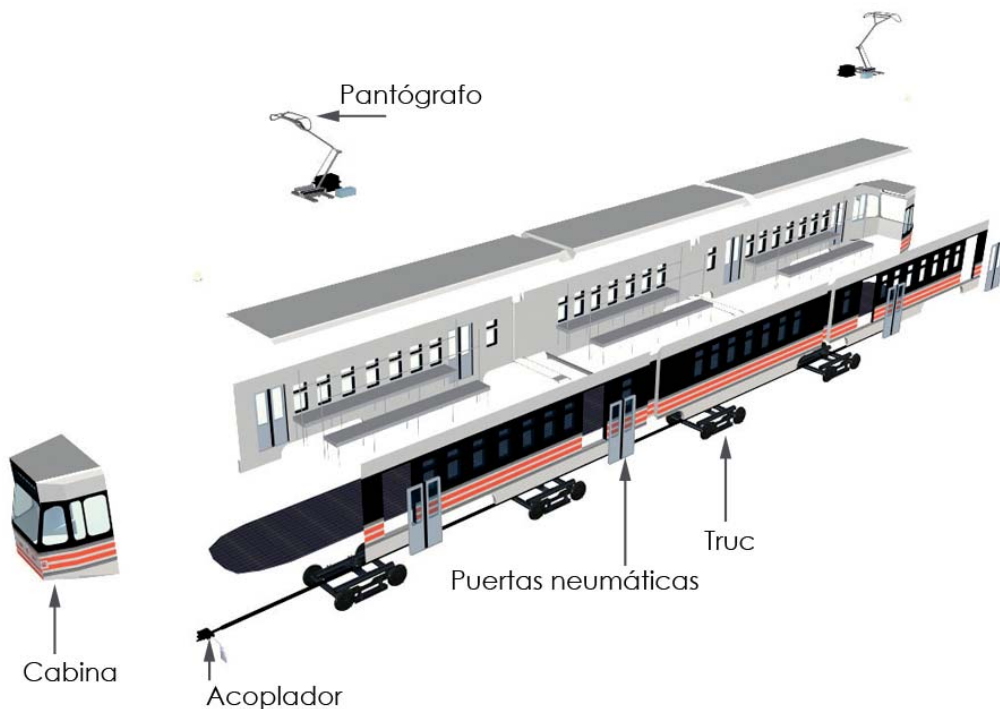
Este tipo de ventanas van dirigidas a las personas que van de pie, como se ha visto desde sus inicios el tranvía contaba con muy buena visibilidad para los usuarios



Tranvía PCC no. 2402. Fuente: AGN, sin fecha



Modelo 3D del tren ligero Moyada



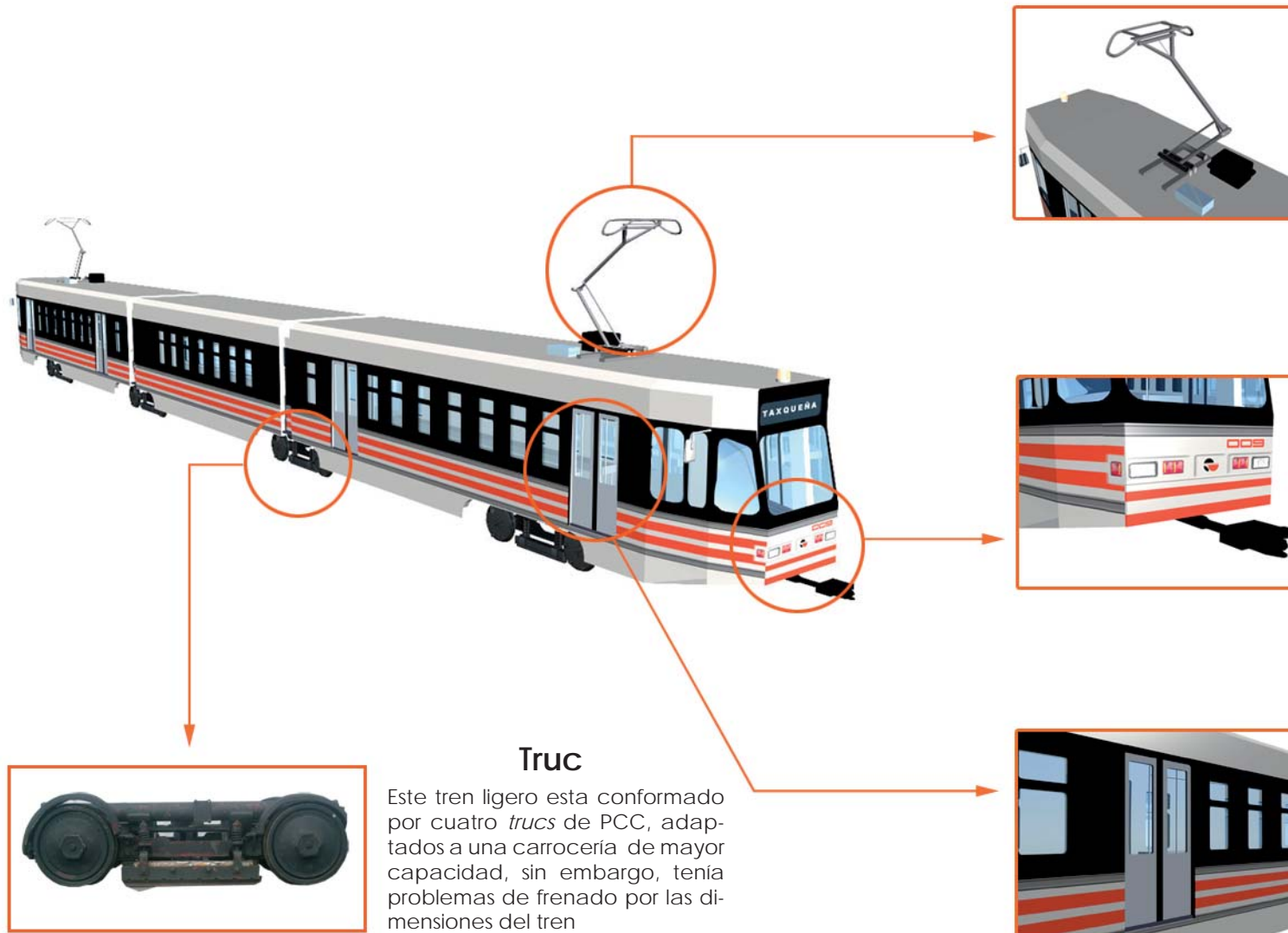
1.5.2 Tren ligero MOYADA

Para realizar el análisis del Moyada, se contó con muy poca información. No se pudieron conseguir planos exactos de este sistema, por lo que se hizo la reconstrucción 3D por medio de fotos de STE y del archivo histórico de Xochimilco.

Este tren ligero como se mencionó anteriormente se construyó en base a *trucs* de PCC. Para construirlo se requirieron de tres *trucs* de PCC por tren ligero.

Fue el primer tren ligero construido en México por la compañía Moyada (Modificaciones y Adaptaciones) con asesoría canadiense.

Características generales	
Número de serie	000
Año de fabricación	1984-86
Fabricante	MOYADA
País de origen	México
No. de trucs	3
Número de ventanas	56
Capacidad	320 (8xm ²)
Caballos de fuerza	60 Hp



Pantógrafo

Fue la primera vez que se le implementó un pantógrafo a un tren ligero en la ciudad de México, sus antecesores utilizaban el trole



Faros

El faro circular en medio de la cabina desaparece y el icono de tranvía también, es reemplazado por dos faros rectangulares alineados simétricamente



Puertas

Las puertas incorporadas a este sistema eran neumáticas, la apertura y cierre de puertas era manipulado desde la cabina de conducción.



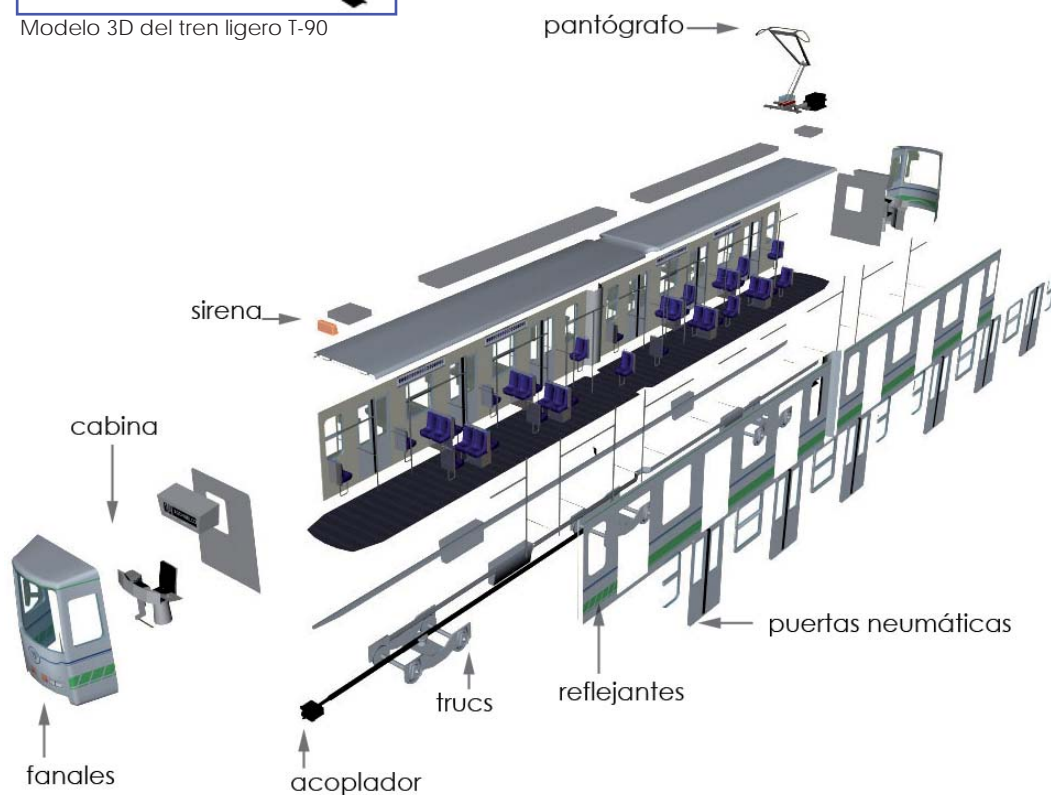
Truc

Este tren ligero esta conformado por cuatro *trucs* de PCC, adaptados a una carrocería de mayor capacidad, sin embargo, tenía problemas de frenado por las dimensiones del tren





Modelo 3D del tren ligero T-90



1.5.3 Tren ligero TE-90

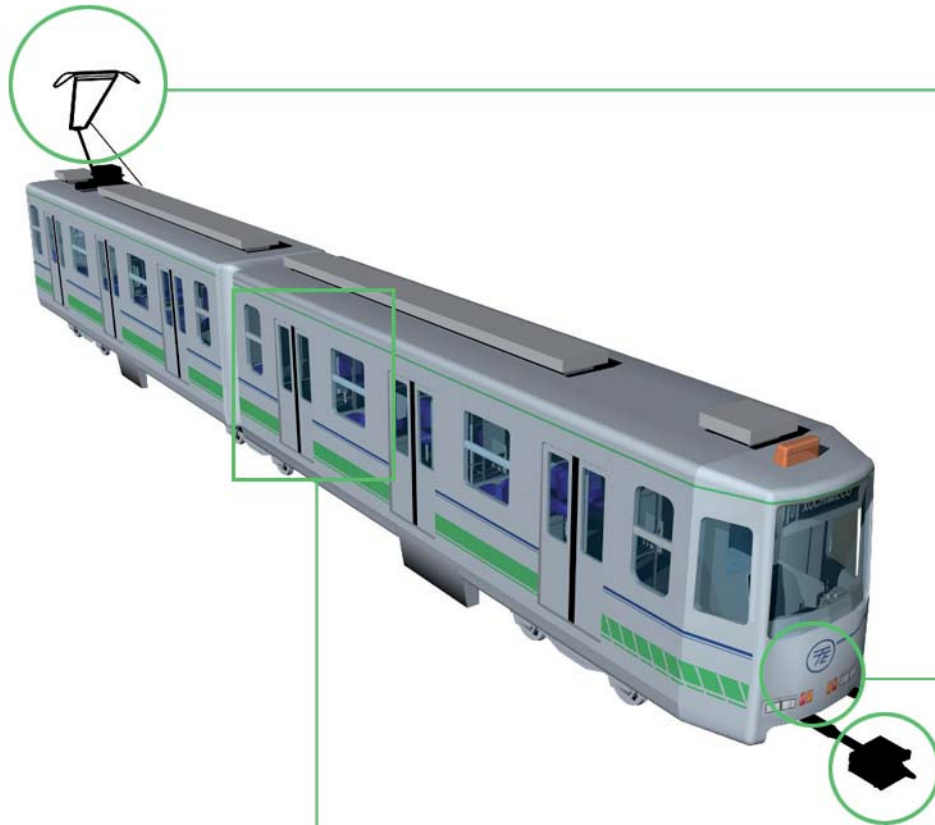
En 1990 el Departamento del Distrito Federal adquirió nuevo material rodante denominado T-90, sustituyendo a los Moyada.

Los nuevos trenes adquiridos cuentan con varios sistemas de seguridad así como tres tipos de frenado.

Los TE-90 cuentan con equipo Siemens y carrocería fabricada en México por la desaparecida Concarril (Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril).

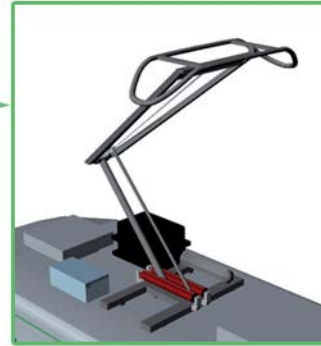
Tanto en la estética y en la funcionalidad del vehículo existe un gran parecido al metro capitalino.

Características generales	
Número de serie	TE-90
Año de fabricación	1990
Fabricante	Siemens, CONCARRIL
País de origen	México/Alemania
Número de trucs	3
Número de ventanas	16
Capacidad	300 (8xm ²)
Caballos de fuerza	60 Hp



Pantógrafo

El suministro de energía se realiza por medio del pantógrafo que se eleva y se pliega neumáticamente. El pantógrafo hace presión con la catenaria, al hacer contacto se enciende el tren permitiendo su funcionamiento.



Fanales

En este elemento se nota una evolución en forma y disposición, al contrario de sus antecesores el faro: el cuadrado y no esta centrado.



Ventanas y puertas

La carrocería del TE-90 es la misma que la del metro sus formas son ortogonales y ligeramente boleadas en las esquinas. Los materiales empleados son aluminio y acero inoxidable.



Acoplador

Este evolucionó considerablemente en forma y en función, además de permitir el acoplamiento de trenes transmite información a la cabina de los trenes acoplados.





Sistema de emergencia

El TE-90 incorpora sistemas de seguridad para los usuarios similares a los del metro. Esta palanca al jalarla el usuario bloquea el tren impidiendo su marcha. Los materiales empleados son acero inoxidable e inyección de plástico en la manija. El color rojo es por norma internacional.



Línea

Al igual que en el metro, la línea del tren ligero cuenta con íconos. En el caso del tren ligero indica los trasbordos con el transporte concesionado y con el metro, los iconos a diferencia de los del metro son circulares.



Asientos

Los asientos son los mismos usados en el metro de la ciudad de México, son sumamente resistentes. El material utilizado es fibra de vidrio de color azul, en el caso del TE-95 es de color guinda pero la forma es la misma.

Este asiento cuenta con una textura que evita que el usuario se resbale cuando el tren frena.

1.6 Comparativo evolutivo de los componentes morfológicos del tranvía

En este subtema se realizará un comparativo evolutivo de los componentes morfológicos del tranvía incluido el tren ligero.

Los vehículos a comparar son:



2 PISOS



EQUINO



S-300



CERO



S-600



PCC

Los componentes a analizar son:

Tracción

Cabina de conducción

Techo

Ventana

Puerta

Faro

Asientos



MOYADA

Se analizará cada tranvía por medio de una línea del tiempo que indica la construcción del vehículo y una breve descripción de material y corrientes artísticas de la época, logrando observar la evolución de los elementos morfológicos del tranvía.



TE-90

Tracción



1860

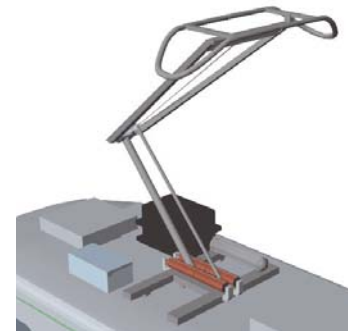
En esta época en la ciudad de México los tranvías eran impulsados por mulas (por lo general eran dos), en la carrocería de madera eran sujetadas las ruedas metálicas que se deslizaban sobre rieles colocados en las calles el concepto de agrupar las cuatro ruedas en un marco (*truc*) no existía por lo que cada rueda era unida por un eje y este a su vez estaba sujeto a la carrocería, contaban con resortes que fungían como amortiguador.



1900

La electricidad fue un parteaguas para la tracción del tranvía, la gente de aquella época se sorprendía al ver que se movían sin tener ninguna fuerza visible. Aquí comienza con el concepto de *truc* que consiste en agrupar las ruedas de ferrocarril en un marco que llevo consigo suspensión, freno y motor eléctrico que hace rodar al tranvía. En la parte central del *truc* un eje que permite a la carrocería mayor libertad en las vueltas. Cabe mencionar que el paisaje urbano también sufrió un fuerte impacto urbano con la necesidad de implementar línea elevada para la tracción.

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México



1930

El truc de PCC incorpora adelantos tecnológicos en los sistemas de frenado y suspensión. El tren ligero Moyada utilizó los trucs de los tranvías PCC que debido a los altos volúmenes de usuarios tuvieron múltiples problemas en el frenado. Cabe mencionar que para la construcción del tren ligero Moyada se utilizó tecnología con más de cuarenta años de uso.



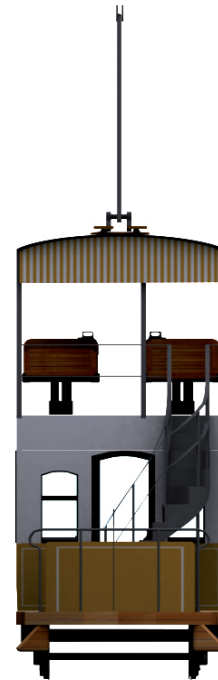
1990

A raíz de múltiples fallas los trenes ligeros que usaban trucs de PCC, fueron sustituidos por equipo totalmente nuevo, con tecnología Siemens y carrocería de la desaparecida Concarriil (hoy Bomabardier Transportation). El concepto original del 1900 de almacenar los sistemas de freno, el eje giratorio y el motor permaneció y se perfeccionó.

Evolución del *truc*

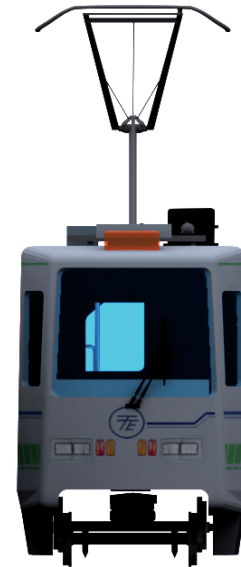
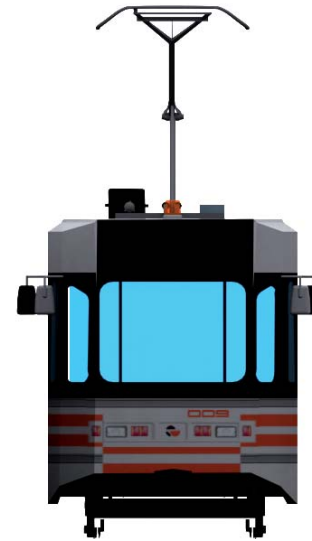
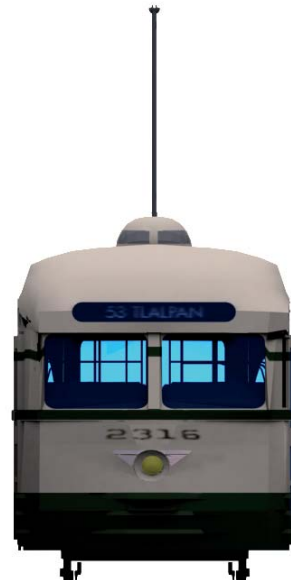


Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México



1860	1900	1901	1903
<p>Las formas del techo y del pasamanos frontal son orgánicas propias del estilo Art Nouveau, la cabina no estaba cubierta con el fin de tener acceso directo a las mulas.</p>	<p>La llegada de la electricidad modificó la cabina de conducción: fue cerrada y se colocaron parabrisas para visibilidad del motorista, se adhirió la bandera (indicador de destino) y el faro centrado en la cabina, que forma ser parte del icono del tranvía</p>	<p>El tranvía de dos pisos tiene un frente abierto. Fue el único tranvía eléctrico que llevaba la cabina descubierta, la parte de arriba, no contaba con ventanas por lo que los escenarios de la ciudad podían ser perfectamente contemplados</p>	<p>El frente de la serie 300 cuenta con su bandera y con tres ventanas que funcionan como parabrisas, se empiezan a comercializar espacios publicitarios del frente de los tranvías tendencia que continuó por muchas décadas</p>

Cabina de conducción



1924	1930	1986	1990
<p>La serie 600 (Peter Witts) varía poco su cabina de sus antecesores, continúa el uso de anuncios publicitarios en el frente</p>	<p>Este año fue un parteaguas en el diseño de tranvías su frente cuenta con curvas aerodinámicas pero con elementos Art Deco propios de la corriente artística de la época. Aunque la disposición de elementos tanto del faro como la bandera siguen en la misma posición que sus antecesores. También notamos una disminución de ventanas del parabrisas en este tranvía quedando solamente dos.</p>	<p>El parabrisas es un elemento con ventanas laterales que mejoran el campo de visibilidad del conductor, además cuenta con un par de fanales y los cuartos alineados simétricamente (dos de cada lado). Es a partir de este tren ligero que desaparece el faro circular en el frente, las formas son rectas y se le incorporan espejos retrovisores a los lados.</p>	<p>El TE-90 conserva formas similares del Moyada, dos fanales y los cuartos alineados simétricamente. Un parabrisas único y ventilas a los lados, desaparecen los retrovisores laterales. Los espejos se colocan en cada estación y el conductor al arribar a la estación se apoya del espejo fijo del andén.</p>

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México



1860



1900

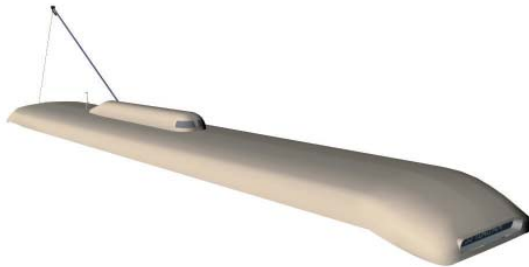


1910

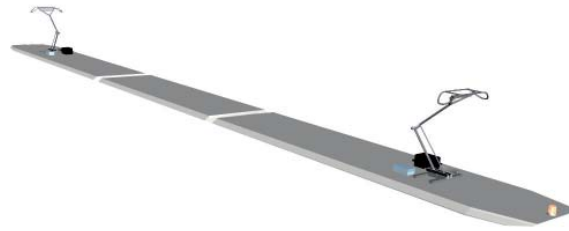


1925

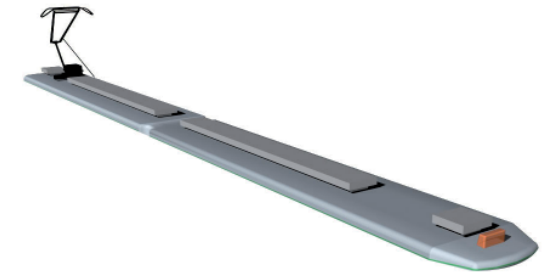
Techo



1930



1986



1990

Podemos clasificar los techos en tres tipos:

- a) Techo de linternillas
- b) Techo tipo ferrocarril
- c) Techo de arco

El primer tranvía de la ciudad de México que era equino, contaba con un techo de linternillas que le permitía darle iluminación natural interna dentro del tranvía, el faro se encontraba en el techo y los materiales eran lona sellada con chapopote, para evitar la entrada del agua. La estética Art Nouveau se observa en lo orgánico de su diseño.

Con la llegada de la electricidad en 1900 el techo varió su forma colocándole unos aisladores de madera sobre el techo de linternillas. También se le adaptó el trole.

El techo de ferrocarril (1910) como su nombre lo dice nos evoca al techo de un coche de ferrocarril, un techo de linternillas que continúa hasta el frente, también cuenta con sus aislantes de madera.

En 1930 se comenzaron a usar los techos metálicos sustituyendo la lona y el chapopote. En la década de los treinta en Estados Unidos se diseñó el tranvía PCC, con una línea aerodinámica en el detalle donde se fija el trole. La corriente artística cuando se desarrolló este vehículo fue Art Deco.

En los ejemplos de 1986 y 1990 no se aprecia una evolución importante en la estética, el techo no cuenta con ninguna ornamentación como lo son los techos de linternillas o como el aerodinámico PCC.

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México



1860

El marco es de madera contaba con un semiarco en la parte superior de la ventana, también estaban equipadas con cortinas en su interior



1900

Al igual que el tranvía de mulitas el tranvía Cero contaba con la misma forma, un marco de madera con un semiarco en la parte superior y con unos protectores metálicos para seguridad del usuario



1924

En este tranvía se observan ángulos rectos en todas la ventanas, se conservan los protectores metálicos

Ventana



1930

El PCC incorpora dos tipos de ventanas: ventanas para las personas que van sentadas y las de antepecho también conocidas como las *standee windows*, (estas ventanas van dirigidas a las personas que van de pie).



1986

No se encontraron muchas referencias de las ventanas de este tren, se puede observar que desaparecen las ventanas de antepecho del PCC, ángulos rectos metálicos y los protectores metálicos de sus antepechos.



1990

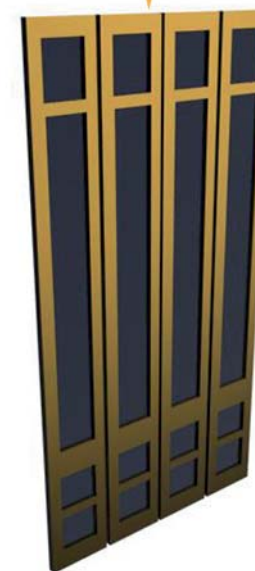
Las ventanas del TE-90 son prácticamente iguales a las del metro, el marco es de aluminio, la parte superior se abre hacia adentro permitiendo la entrada de aire al interior del tren.

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México



1900

Puertas plegables, la apertura era manual y sólo se utilizaba cuando iniciaba el recorrido y cuando terminaba. Este tipo de puerta se utilizó hasta 1920. El acceso al tranvía estaba dado por un pedestal de madera debido a la altura del tranvía.



1920

El Peter Witts, fue el primer tranvía que incorporó puertas centrales y un acceso más bajo que sus antecesores, contaba con una estética muy geométrica propia del estilo Art Deco que imperaba en su época.

Puertas



1930

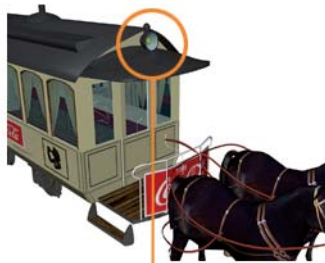
Las puertas del PCC son de sistema neumático y su apertura y cierre se hace desde la cabina de conducción, también se puede apreciar una estética de finales de los treinta.



1990

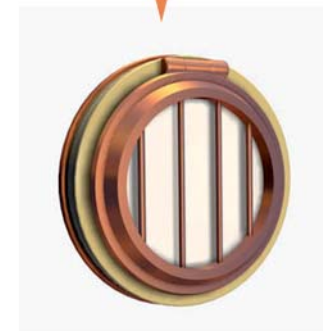
El TE-90 su carrocería es muy similar a la del metro de la ciudad de México, en su funcionamiento de apertura y cierre de puertas ocupan el mismo sistema neumático que el del metro, los materiales empleados es lámina de acero inoxidable con recubrimientos de hule.

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México



1860

El faro del tranvía de mulitas estaba localizado en la parte superior del tranvía (en el techo) es el primero y el último de los tranvías que tiene situado el faro en este lugar. Las formas son muy orgánicas propias del estilo *Art Nouveau*.



1900

El faro del tranvía Cero y en general de los eléctricos, marcó un icono del tranvía. En el caso del Cerito se le adaptó una reja para evitar el robo del faro. El material utilizado es cobre, que años después fue recubierto con pintura de color negro.



1930

El faro del PCC continúa siendo un faro redondo al centro de la cabina. El icono de faro de tranvía prevalece aunque con unas alas a los lados, meramente ornamentales, muy al estilo Art Deco dominante en la época



1990

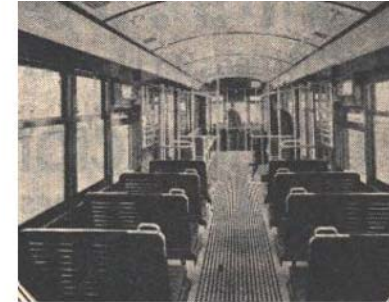
Después del Cero hasta el PCC no hubo una evolución del faro del tranvía, fue hasta el tren ligero Modyada y TE-90 que se experimenta con cuatro faros (dos de cada lado y simétricos entre sí). El icono de faro central redondo muy característico del tranvía se pierde

Capítulo 1 Retrospectiva del tranvía de la Ciudad de México



1860

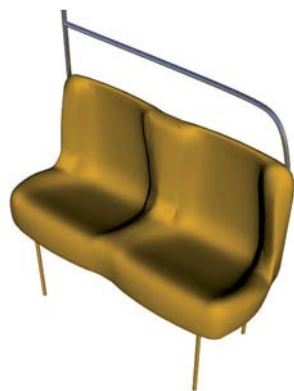
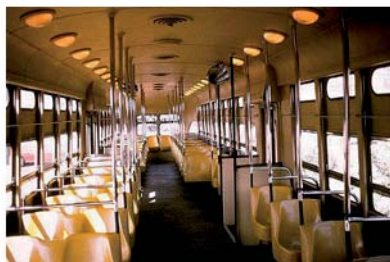
Los asientos del tranvía de mulitas eran de madera y con un arreglo longitudinal como se aprecia en la fotografía. Su capacidad era para 16 personas cómodamente sentadas. Pocas fotos se encontraron del interior de este tranvía equino



1900

En 1900 con la llegada de la electricidad en los tranvías, los carros se adaptaron para mayor capacidad de usuarios. Se experimentaron varios arreglos de asientos (longitudinales, en fila etc.) el que se muestra en la foto es un arreglo en fila. Los materiales empleados son madera y con agarraderas metálicas

Asientos



1930

Los asientos del PCC son de fibra de vidrio, fueron los primeros asientos de este material que se implementaron en los tranvías de la ciudad de México. Todo el material rodante PCC fue adquirido al gobierno de Estados Unidos en 1954. Al pasar los años los interiores se fueron modificando haciéndole adaptaciones, aquí en México, por lo que varían su forma y el arreglo de los asientos según el tranvía PCC.



1990

Los asientos TE-90 son de fibra de vidrio y la estructura que soporta al asiento es de acero inoxidable. Tanto la forma como el material son idénticos al del metro, debido a que la constructora de ambos sistemas es la misma.

1.7 Conclusiones

El estudio retrospectivo del tranvía, se basó principalmente en el análisis evolutivo de los caracteres o claves visuales del tranvía, así como el período histórico mundial y nacional.

Para llevar a cabo este estudio se consultaron diferentes fuentes: STE, Hemeroteca Nacional, AGN, Archivo Histórico de Xochimilco entre otras.

Se concluye en este estudio que el tranvía tuvo un auge impresionante en el siglo XIX y principios del siglo XX, siendo en esta época el tranvía el principal medio de transporte.

Primero la tracción equina dominó el transporte público en la ciudad y en 1900 con la llegada de la electricidad revolucionó la forma de transportarse para los capitalinos. Durante el Porfiriato se construyó la red más extensa de tranvías jamás creada en la ciudad. De este estudio retrospectivo se concluye:

- Los talleres de Indianilla se convirtieron en una constructora de tranvías sin precedentes en la historia de México. Sin embargo este gran auge decayó a principios de los treinta.

- La adaptación de la ciudad al vehículo automotor fue uno de los factores decisivos para la desaparición del tranvía.

- La competencia de los autobuses con tarifas más económicas orillaron a que el pasaje viera en el autobús una forma más económica y rápida de transportarse.

- El accidente de 1953 fue un factor clave para la desaparición de varias líneas de tranvías esto aunado a una ciudad en constante crecimiento que propició la llamada “explosión demográfica” demandaba un medio de transporte masivo para la ciudad debido a que el antiguo sistema de tranvías se veía rebasado por la demanda de usuarios.

- La necesidad de transportarse de los millones de habitantes de la ciudad fue el origen del surgimiento del sistema de transporte colectivo metro (STC)

En 1980 la única red de tranvías que circulaba por la ciudad era la de Tasqueña a Xochimilco. En un intento por modernizar el sistema se buscó acoplar dos trenes PCC, construir trenes ligeros hechos en el país (usando trucs de PCC). Finalmente se adquirieron los modelos TE-90 y TE-95 que actualmente circulan de Tasqueña a Xochimilco con intervalos de cuatro minutos.

En México el tranvía evolucionó con el trolebús aunque sus volúmenes de transportación son menores que a los de los tranvías antiguos.

1.8 Conclusiones

Con respecto a la evolución del tranvía se destaca lo tecnológico y lo estético del vehículo. Esta revolución tecnológica se dio al pasar de la tracción equina a la eléctrica que impacto en los volúmenes de transportación y en la estética del tranvía.

De ser tirado por mulas la tracción de los tranvías se sustituyó por la eléctrica sustituyendo las mulas por el trole y por un motor eléctrico que sirve para darle propulsión al vehículo.

Hasta nuestros días la evolución tecnológica en el caso de la tracción ha sufrido pocos cambios el uso de pantógrafo en lugar del trole y la sustitución de línea elevada por catenaria, siendo el principio el mismo pero perfeccionado.

Donde se puede hablar de una mayor evolución tecnológica del tranvía es en los sistemas de frenado, ventilación, comunicación cabina usuarios, apertura de puertas, etc. que analizar a detalle la evolución de cada elemento nos llevaría a otra tesis.

Podemos observar que el tranvía desde su concepción fue un vehículo pensado para contemplar los escenarios de la ciudad, en pocas palabras para disfrutar el entorno urbano, este elemento sin lugar a dudas lo ha perdido el metro al internarse en un túnel que ciertamente nos da velocidad de traslado pero

pierde el sentido de ser un transporte para disfrutar la ciudad. En este elemento la ventana se explotara al máximo en la prospectiva del tren ligero de piso bajo para la ciudad. Otros factores como reordenamiento del transporte concesionado y la nula emisión de contaminantes en forma directa nos lleva a la posibilidad de devolverle a la ciudad este medio de transporte. La propuesta de un nuevo tren ligero de piso bajo ayudará a que el parque vehicular retome el orden que se empezó a perder en los años sesenta.

La evolución morfológica y estética del vehículo esta muy ligada a los cambios en la tecnología imperante de la época y a menor grado en las corrientes artísticas de la época que se vieron reflejadas en la estética del vehículo. Cabe mencionar que los primeros tranvías hechos en México eran ideados en los talleres de artes y oficios de la capital por ebanistas, para después ser construidos en los talleres Indianilla.

Existió una clara evolución es en los materiales usados tanto en el exterior como en el interior del tranvía. En un principio tranvías se fabricaron completamente de madera con barandales Art Nouveau hasta un aerodinámico PCC con una silueta futurista y algunas reminiscencias Art Deco como se aprecia en los códigos morfológicos del tranvía.

Después del PCC, no existió una evolución en los tranvías, no fue hasta 1980 casi cuarenta años después que se decide modernizar el transporte eléctrico en la ciudad. Si bien es cierto que el metro vino a suplir a los antiguos tranvías se hubiera podido analizar el tranvía como un medio de transporte alternativo al metro .

En 1986 se crea el primer tren ligero mexicano hecho con componentes de los PCC, con una estética de planos rectos y sin ornamentación alguna se podía juzgar por su exterior, un tren ligero moderno pero con equipo de tracción de 40 años de antigüedad por lo que las fallas no tardaron en relucir y a dos días después de la inauguración fue cerrada la línea. Esto nos habla del poco o nulo interés de las autoridades capitalinas por modernizar el transporte eléctrico. Después cuatro años se adquieren equipos totalmente nuevos el material rodante TE-90 y TE-95.

La estética del vehículo cambia, las carrocerías fueron hechas por CONCARRIL (hoy Bombardier Transportation) y la fisonomía del tren ligero en su interior y exterior es igual a la del metro.

Por lo que podemos decir que la estética del tren ligero a pesar de que es de 1990 las formas y materiales que emplea son de los años sesentas.

Por lo antes mencionado una cultura de diseño en el transporte público aunado a una producción nacional enfocada a los usuarios, serían un campo muy

fértil para el diseñador industrial en México, diseñando transporte adecuado para las necesidades de los mexicanos.

A lo largo de este capítulo de retrospectiva se ha observado que el transporte eléctrico en México ha sido importado principalmente de Estados Unidos, Francia y Japón. Vale la pena reflexionar que hubo una época (principios siglo XX) en la que México construía sus propios tranvías con una excelente calidad y que sirvieron a millones de mexicanos durante más de 150 años.



portada de la revista *Electra*, 1930. Fuente Hemeroteca Nacional de México

Introducción

Después de un análisis retrospectivo del tranvía, en este capítulo se retoma este medio de transporte para la ciudad debido a los beneficios y la transformación urbana especialmente en los centros históricos y en los principales corredores de la ciudad.

En este capítulo se describirán las diferentes formas de operar el transporte público en la ciudad, esto nos llevará al análisis comparativo de cada uno como son sus formas de operar, sus ventajas y sus desventajas.

También se abordarán los requerimientos mínimos de espacio que se requieren para instrumentar un

sistema (plataformas) de trenes ligeros de piso bajo para los corredores con mayor movilidad de pasajeros en la ciudad.

Existen estudios prospectivos de transporte público como lo es el plan maestro de metro, tren ligero, metrobús y tranvía, cabe mencionar que en este último, se basó en un artículo del diario Reforma, debido a que no facilitaron más información las instituciones encargadas en el proyecto más que las citadas en este diario.

2.1 Definición del transporte público en la Ciudad de México para el siglo XXI

Los diferentes medios de transporte urbano pueden ser clasificados por el tipo de servicio que prestan o por el volumen de viajes que manejan. Atendiendo a la primera forma de clasificación se tienen tres tipos de medios de transporte.

- **Transporte privado**, vehículos operados por el dueño de la unidad, circulando en la vialidad proporcionada, operada y mantenida por el Estado. Entre otros medios de transporte se encuentran: el automóvil, la bicicleta, la motocicleta y el peatón. Asimismo, en algunas comunidades rurales podemos citar el uso de vehículos de tracción animal o el animal así mismo.

- **Transporte de alquiler**, el cual puede ser utilizado por cualquier persona que pague una tarifa en vehículos proporcionados por un operador, chofer o empleado ajustándose a los deseos de movilidad del usuario. Entre estos servicios se encuentran los taxis, los servicios de respuesta de demanda y en algunos casos los servicios de colectivos.

- **Transporte público**, los cuales son sistemas de transportación que operan con rutas fijas y horarios predeterminados y que pueden ser utilizados por cualquier persona a cambio de pago de una tarifa previamente establecida.

Estas dos últimas modalidades son las que integran el transporte público urbano.

Tipo de derecho de vía

Se entiende por derecho de vía la porción de vialidad o superficie de rodamiento por donde circulan las unidades de transporte, incluyendo el peatón a continuación se describirán brevemente cada uno de ellos:

- **Derecho de vía tipo C**, el cual representa la vialidad en la que la superficie de rodamiento es compartida entre varios medios de transporte. Es decir opera con tránsito mixto. Como lo pueden ser los ejes viales de la ciudad de México.



Eje 7, ejemplo de derecho de vía tipo C. Foto: J. Antonio González

Capítulo 2 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México

- **Derecho de vía tipo B**, El cual muestra una separación física longitudinal a través de elementos fijos, tales como barreras o guarniciones. Sin embargo, se mantienen los cruces a nivel con otros vehículos así como con los peatones. Como ejemplos podemos citar el tren ligero de la ciudad de México o el Metrobus.



△
Metrobús, ejemplo de derecho de vía tipo B. Foto: J. Antonio González



△
Tren ligero de la Ciudad de México derecho de vía tipo B. Foto: J. Antonio González



△
STC, ejemplo de derecho de vía A foto J. Antonio González

- **Derecho de vía A**, el cual muestra una separación física tanto longitudinal como vertical del derecho de vía, lo que evita cualquier interferencia entre vehículos y peatones. Este tipo de solución puede ser subterránea, elevada o a nivel y los casos más representativos son los sistemas de metro que existen en muchas ciudades, las autopistas urbanas para el caso de transporte privado.

Tipo de tecnología utilizada

La tecnología se relaciona directamente con dos aspectos principales: las características mecánicas de las unidades de transporte y las características del camino mismo. En algunos casos estas dos características están relacionadas entre sí y se tienen cuatro componentes principales a considerar:

- **Soporte**, el cual es el contacto vertical entre la unidad de transporte y la superficie de rodamiento sobre la que se transfiere el peso mismo del vehículo. Ejemplos típicos de este soporte lo dan los neumáticos sobre el asfalto o concreto; la rueda de acero sobre el riel; el colchón de aire o bien; el soporte magnético.

- **Guía**, la cual se refiere a la forma que permite controlar al vehículo en sus movimientos laterales, presentándose dos tipos fundamentales: los sistemas que son dirigidos desde el vehículo a través de un volante, como es el caso del autobús, trolebús o automóvil o aquellos sistemas que su control lateral viene dado por guías o rieles con que cuenta: como es el caso de un tren ligero, metro o autobús guiado. Una característica importante de la tecnología basada en el riel es que el conjunto rueda-riel permite combinar tanto el soporte como la guía de la unidad de transporte.

- **Propulsión**, se refiere al tipo de unidad motriz con que cuenta el vehículo así como el método de transferir las fuerzas de aceleración y desaceleración. Como tipo de unidad motriz se pueden citar los motores de combustión interna o los motores eléctricos, mientras que los métodos de transferencia de las fuerzas tractivas puede ser a través de la fricción-adhesión, la magnética o por hélice.

Componentes físicos de los sistemas de transporte

Un sistema de transporte se compone principalmente de tres elementos físicos, siendo estos:

- **Vehículos**. Son las unidades de transporte y normalmente su conjunto se describe como parque vehicular en el caso de autobuses y trolebuses y de equipo rodante para el caso del transporte férreo.

- **Infraestructura**. Está compuesta por los derechos de vía en que operan los sistemas de transporte, sus paradas y estaciones ya sean terminales, de trasbordo o normales los garaje, depósitos, encierros o patios, los talleres de mantenimiento y reparación, los sistemas de control-tanto de detección del vehículo como de comunicación y de señalización- y los sistemas de suministro de energía.



Depósito de trolebuses, San Andrés Tepepilco, STE.

- **Red de transporte.** Esta compuesta por las rutas de autobuses, los ramales de los sistemas colectivos y minibuses y las líneas de trolebuses, tren ligero y metro que operan en la ciudad.
- **Red de transporte.** Esta compuesta por las rutas de autobuses, los ramales de los sistemas colectivos y minibuses y las líneas de trolebuses, tren ligero y metro que operan en la ciudad.

Características de los sistemas de transporte

Se conciben cuatro características que permiten distinguir y comparar diferentes sistemas de transporte entre sí y el paquete seleccionado será aquél que

muestre una mejor combinación de estas características, las cuales son: rendimiento o desempeño del sistema, nivel de servicio, impacto ambiental y costos.

Rendimiento o desempeño del sistema

Se encuentra definido por varios conceptos entre los que se encuentran:

- a) Frecuencia de servicio:** la cantidad de unidades que prestan servicio de transporte durante un período de tiempo.
- b) Velocidad de operación:** es la velocidad de viaje que experimentan los usuarios a bordo de una unidad.
- c) Regularidad del servicio:** es la uniformidad de salidas de las unidades de transporte.
- d) Seguridad del sistema:** esta en función del número de accidentes por año o por kilómetro.
- e) Capacidad de línea:** el número máximo de espacios (capacidad ofrecida) o usuarios (capacidad utilizada) que la unidades de transporte pueden llevar a través de un punto durante un determinado período de tiempo.

f) Productividad: la cual relaciona la cantidad producida y su unidad de insumo, como puede ser los vehículos-km entre una unidad de trabajo o una unidad de costo.

g) Utilización: En la cual se relaciona la producción y el insumo pero con unidades iguales o similares, como pueden ser persona-km entre espacio-km.

Nivel de servicio

Desde el punto de vista de la capacidad, existen dos aspectos relativos al nivel de servicio que deben considerarse: uno es el número de pasajeros por unidad de transporte y el otro es el número de vehículos por hora. Los cuales deben ser reflejados por los criterios relacionados de la capacidad de la capacidad con los niveles de servicio.

Los aspectos referentes a la calidad de servicio (en gran parte cualitativos) tales como la cobertura adecuada de la red, la limpieza y estética de las unidades, los itinerarios convenientes y publicados (lo cual carece nuestra ciudad y el país), los vehículos adecuados y la presencia de servicios rápidos, frecuentes y confiables son aspectos que permiten lograr mejores niveles de servicio.

Impacto ambiental

Los impactos de un sistema de transporte son los efectos que el servicio tiene en su entorno y dentro del área que cubre. Estos impactos pueden ser a corto plazo como los son la reducción del congestionamiento de las vialidades, los cambios en la emisión de contaminantes o en los niveles de ruido o en la estética misma de las unidades de transporte donde el diseñador industrial desempeña un gran papel.

A su vez, pueden ser impactos de largo plazo cuando afectan el valor del suelo o promueven el cambio en las actividades económicas o urbanas así como la forma física de la ciudad. Su impacto también puede darse a su vez en el medio social.

Capítulo 2 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México

Medio de transporte	Contaminación al aire	Ruido	Impacto visual	Seguridad
Autobús en tránsito mixto (C) Ej. RTP	mala	regular	buena	regular
Autobús en carriles confinados (B) Ej. Metrobús	regular	regular	mala	regular
Autobús en carriles exclusivos	buena	buena	buena	buena
Tranvía	excelente	buena	buena	buena
Tren ligero Ej. Tasqueña-Xochimilco	excelente	buena	regular	buena
Metro elevado Ej. Línea B	excelente	mala	mala	excelente

Fuente: Alan Armstrong-Wright. Urban Transit Systems: Guidelines for Examining Options. Washington: World Bank Technical paper No. 52, 1986



Costos

Los costos de inversión o de capital, los cuales se refieren a la construcción y la realización de cambios permanentes en el aspecto físico del sistema y los costos de operación, que son los que se deben al funcionamiento diario del sistema.

Los costos de operación se ven afectados por los salarios, energía y materiales los cuales varían considerablemente. Los vehículos y de la infraestructura, pudiendo ir de 7 a 15 años para autobuses; hasta 30 años para el material rodante y 100 años para túneles.

Conclusiones

Como el transporte público (taxi, concesionado, autobús, trolebús, tren ligero y metro) puede transportar de 5 a 50 veces más pasajeros que el automóvil y la estrategia fundamental a seguir en las metrópolis como la ciudad de México es la de mover personas y no vehículos.

Muchas ciudades han adoptado primeramente el derecho de vía confinado longitudinalmente para el transporte público derecho de vía B y A. Esta separación de los medios de transporte trae como consecuencias:

- La mejora del nivel de servicio y del rendimiento del sistema.

- La atracción de un número de pasajeros.
- El establecimiento de una identidad e imagen más fuerte del sistema.
- La reducción de los costos unitarios de operación.
- La introducción de un mayor impacto en el uso de suelo y en la forma urbana debido a la permanencia que presenta.

Algunos puntos en contra pueden ser la necesidad de espacio extra y el requerimiento de un costo de inversión y tiempo para su construcción.

Es importante enfatizar que un derecho de vía confinado longitudinalmente trae importantes incrementos a la velocidad de operación y a la confiabilidad del sistema. Únicamente de esta forma se puede lograr que el transporte público sea competitivo con el transporte privado.

2.2 Comparativo de transporte en la Ciudad de México.

Para transportar a 1530 personas en la Ciudad de México se requeriría...

Comparando los medios de transporte utilizados para trasladar un volumen estimado de pasajeros y de acuerdo a la capacidad promedio del metro, se pudo determinar la siguiente tabla comparativa, misma que servirá para ilustrar de forma explícita y analítica las ventajas que se pueden obtener con el sistema de transporte colectivo propuesto.

Comparativo de los medios de transporte en el A.M.C.M							
	METRO	TREN LIGERO	METROBÚS	AUTO	MICROBÚS	AUTOBÚS	TROLEBÚS
Número de pasajeros a transportar	1,530	1,530	1,530	1,530	1,530	1,530	1,530
Número de vehículos requeridos (capacidad)	1 tren (9 vagones)	5	9	900 (1.7 pasajeros por unidad)	39 (40 pasajeros por unidad)	20 (80 pasajeros por unidad)	20
Área de vialidad ocupada en un instante	525 m ²	392 m ²	408.33 m ²	20,475 m ²	1,365 m ²	1,120 m ²	547.2 m ²
Velocidad comercial promedio	60 km/hr	40 km/hr	21.1 km/hr	20 km/hr	16 km/hr	11 km/hr	20 km/hr
Emisión de contaminantes	0	0	N/A	77.6 kg/km	17.0 kg/km	3.9 kg/km	0
Accesibilidad a Discapacitados y Personas de la 3ra. Edad	Baja	Media	Media	Buena	Nula	Nula	Baja

Comparativo realizado por: José Antonio González Olivares.

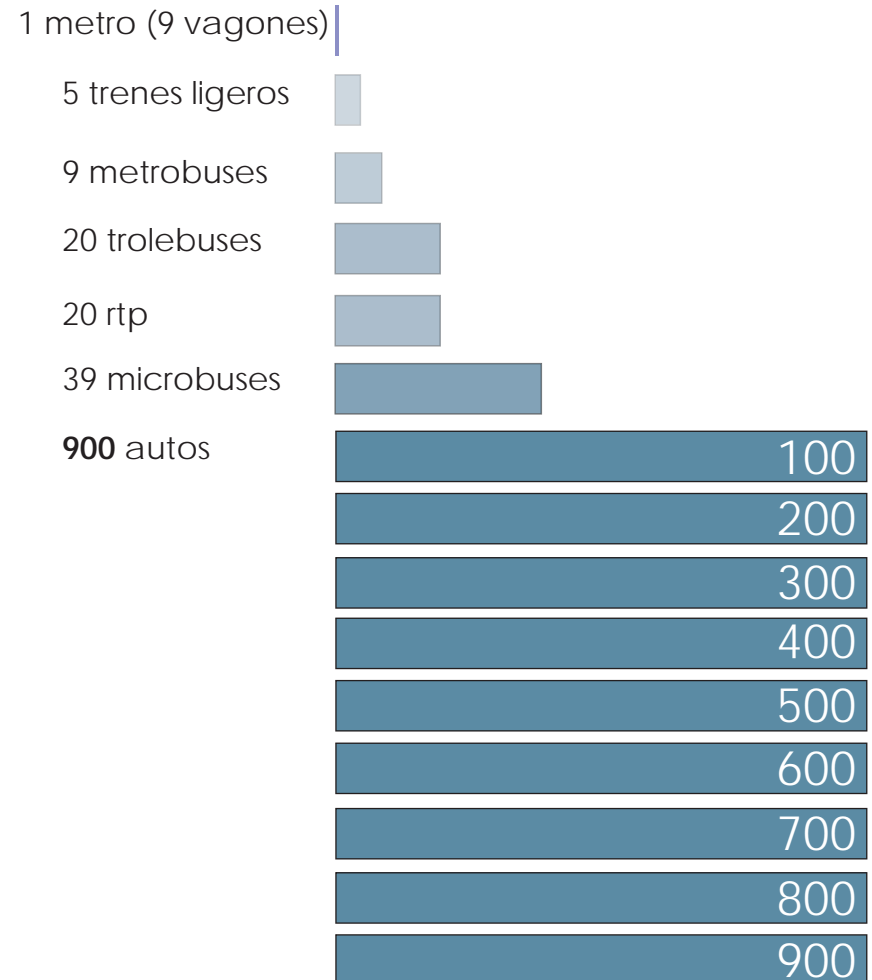
2.2.1 Volúmenes de transportación

Número de vehículos requeridos para transportar a 1530 personas

Haciendo un cotejo para trasladar a este número de personas, de acuerdo a la tabla, se requeriría de 900 autos contra un solo convoy de metro y por otro lado solo se necesitarían de cinco trenes ligeros.

La primera cifra citada es la más preocupante ya que debido a la tendencia actual por adquirir un automóvil, la cual es estimulada por precios accesibles o por facilidades de pago, la clase media mexicana esta optando por comprar un auto sin considerar las repercusiones al medio ambiente: como el calentamiento global, uso inmoderado de recursos no renovables y de forma más directa el gran caos vial que se genera en la ciudad de México y sus áreas adyacentes.

Es importante considerar como ejemplos que en otras ciudades, como Japón o Europa, existen espacios destinados al estacionamiento de bicicletas y autos en los sitios aledaños a las estaciones del metro y tren ligero. Con lo anterior las personas optan por el uso del automóvil o la bicicleta en el trayecto que comprende desde su casa hasta la estación, por lo que las grandes distancias las realizan en tren.

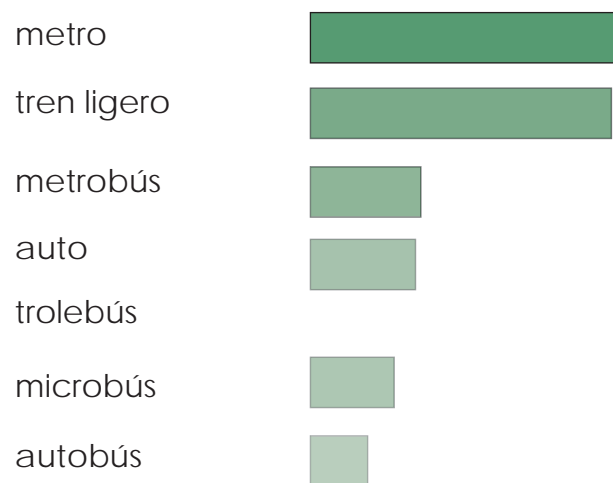


2.2.2 Velocidad comercial promedio

El tren ligero y el metro son los vehículos que proporcionan mayor velocidad al usuario. Ambos cuentan con un carril confinado, subterráneo o vía elevada (estas dos últimas modalidades son muy costosas) con lo que libran el pesado tráfico vehicular de la ciudad.

Por otro lado se puede comparar con el transporte concesionado (microbuses, autobuses, combis) que se enfrenta diariamente en horas picos a velocidades no mayores a 20 Km/hr.

Un caso interesante es que el metrobus a pesar de tener un carril confinado no rebasa los 22 Km/hr, esto se atribuye a que el trayecto que existe entre estaciones hay una distancia no mayor a los 400 o 500 metros. Eso sin considerar que tanto peatones como vendedores cruzan el carril confinado en la mitad de la avenida y no en sus áreas designadas (cebras), por lo que resultaría peligroso elevar la velocidad cruce de los autobuses articulados.



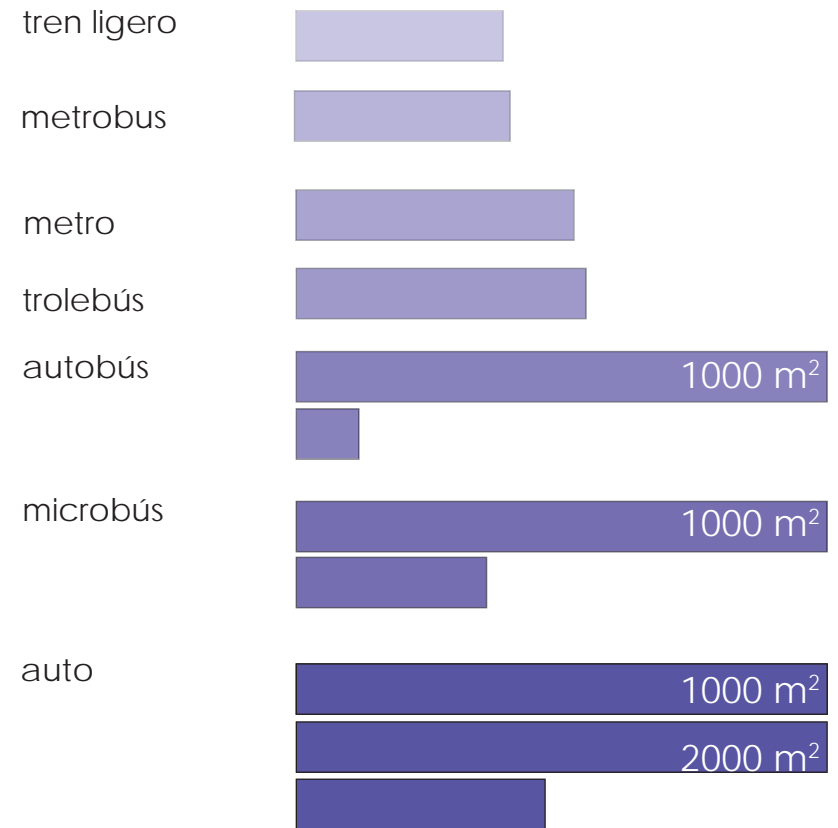
2.2.3 Área de Vialidad Ocupada en un Instante

Como podemos observar en la tabla 2.1 para transportar a 1,530 personas sólo se requiere de un convoy de nueve vagones de metro.

El segundo más eficiente en el traslado de pasajeros es el tren ligero con cinco trenes, ya que en cada convoy del mismo caben 300 personas. Por lo que lo hacen una opción viable para el transporte colectivo.

Lo anterior es mencionado ya que con esta gráfica se observa percatar de la gran cantidad de autos, microbuses y autobuses que se requieren para movilizar a 1530 personas y por ende el respectivo espacio que se ocupa sobre la superficie. En este punto el Metrobús también requiere de un espacio relativamente amplio, sin embargo resulta ser más rápido y eficiente para el traslado colectivo.

Siendo la ciudad de México una de las más grandes urbes en el mundo vale la pena analizar y concientizar el uso del automóvil, sobre todo por las grandes emisiones de bióxido de carbono y por el espacio cada vez más limitado en la capital.



¿Qué es la plataforma?

Se trata del espacio de la vía pública, túnel o puente, destinado a la circulación del tranvía. Comprende la zona ocupada por la vía, la distancia de seguridad (entrevía y laterales), los postes de catenaria y los andenes de las paradas cuando las hay.

La plataforma reservada (carril confinado tipo B) es el espacio que se dedica única y exclusivamente a la circulación de tranvías (y a veces autobuses). Esto aporta mayor regularidad, velocidad y seguridad al tranvía que el autobús. Sólo hay contacto con el resto de vehículos en las intersecciones, que son reguladas semafóricamente.

Características de la plataforma reservada del tranvía

- Salvo en intersecciones, es plataforma reservada exclusiva para tranvías.
- Permite la circulación de trenes urbanos de anchura máxima: 2,65 m
- Se ubica, según necesidades particulares del vial, con cuatro disposiciones básicas:
 - a) Plataforma central**, a modo de mediana o terciada ajardinada; entre carriles de circulación.
 - b) Plataforma lateral**, adosada a una de las aceras laterales del vial.

c) Plataforma central con paseo, en forma de mediana, pero con paseo-bulevar en medio.

d) Plataforma peatonal, sin distinción en altura respecto el pavimento existente entre fachadas

- Es soporte de capa vegetal y arbolado públicos.

Los gálibos mínimos evitan la colisión entre las distintas formas de movilidad que se combinan en un metro ligero: circulación tranviaria, circulación rodada y peatones.



Tranvía de Antwerpen, ejemplo de arbolado

2.3 Requerimientos para instrumentar el tranvía en la Cd. de México.



Tranvía de Montpellier, ejemplo de reforestación de las calles

Cálculo de la anchura de una plataforma

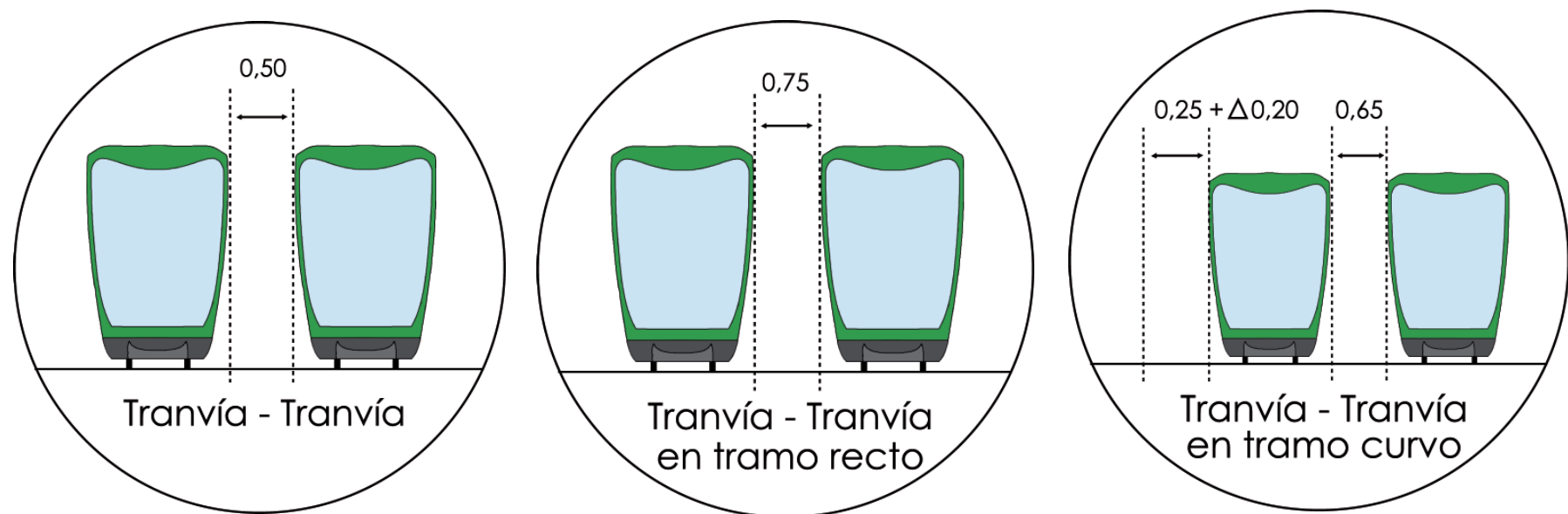
El diseño de la plataforma es una de las características más determinantes del metro ligero y su funcionamiento futuro. No todas las secciones son válidas para cualquier calle. Hay que estudiar sus dimensiones, la utilidad de la misma, su carga de tráfico rodado, su carga de tráfico peatonal, etc.

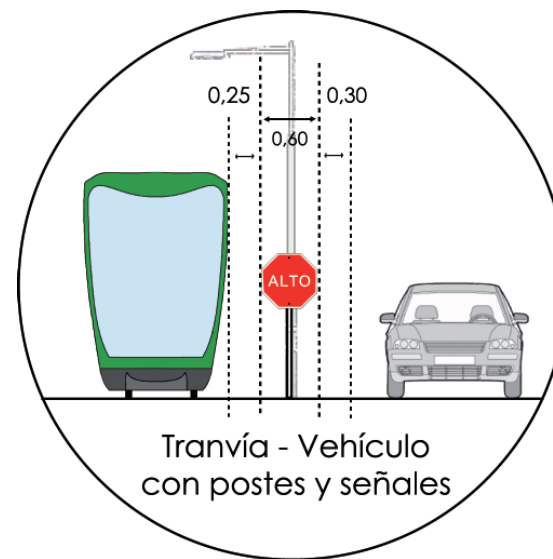
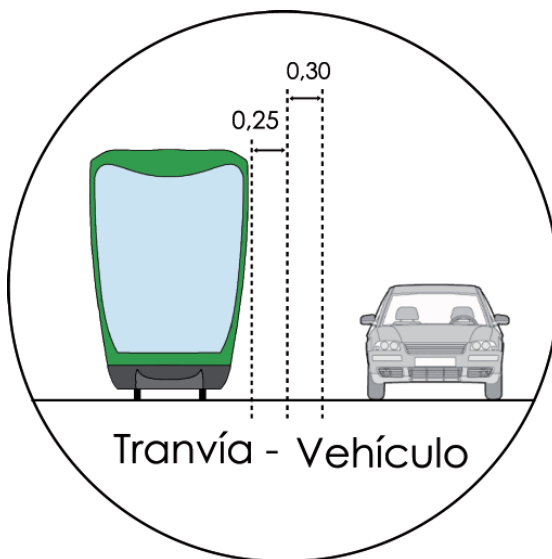
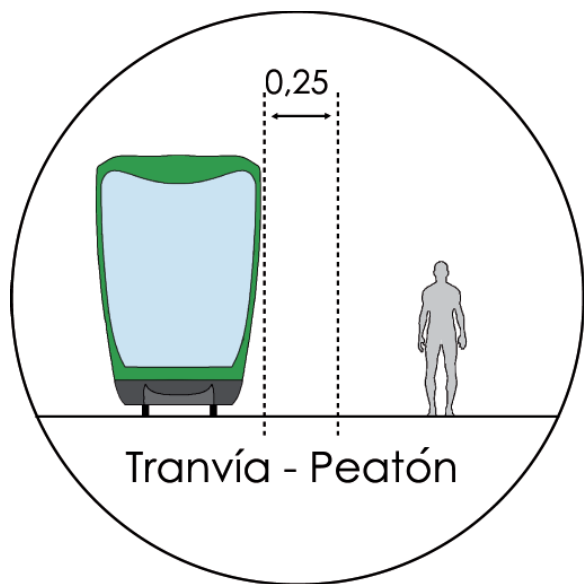
Antes de decidir definitivamente la sección vial, tendremos en cuenta los siguientes gálibos mínimos entre tranvía, peatones y circulación rodada; que garantizarán una seguridad vial y visibilidad adecuadas.

A las exigencias del manual de carreteras y de accesibilidad del peatón, se añaden los siguientes gálibos:

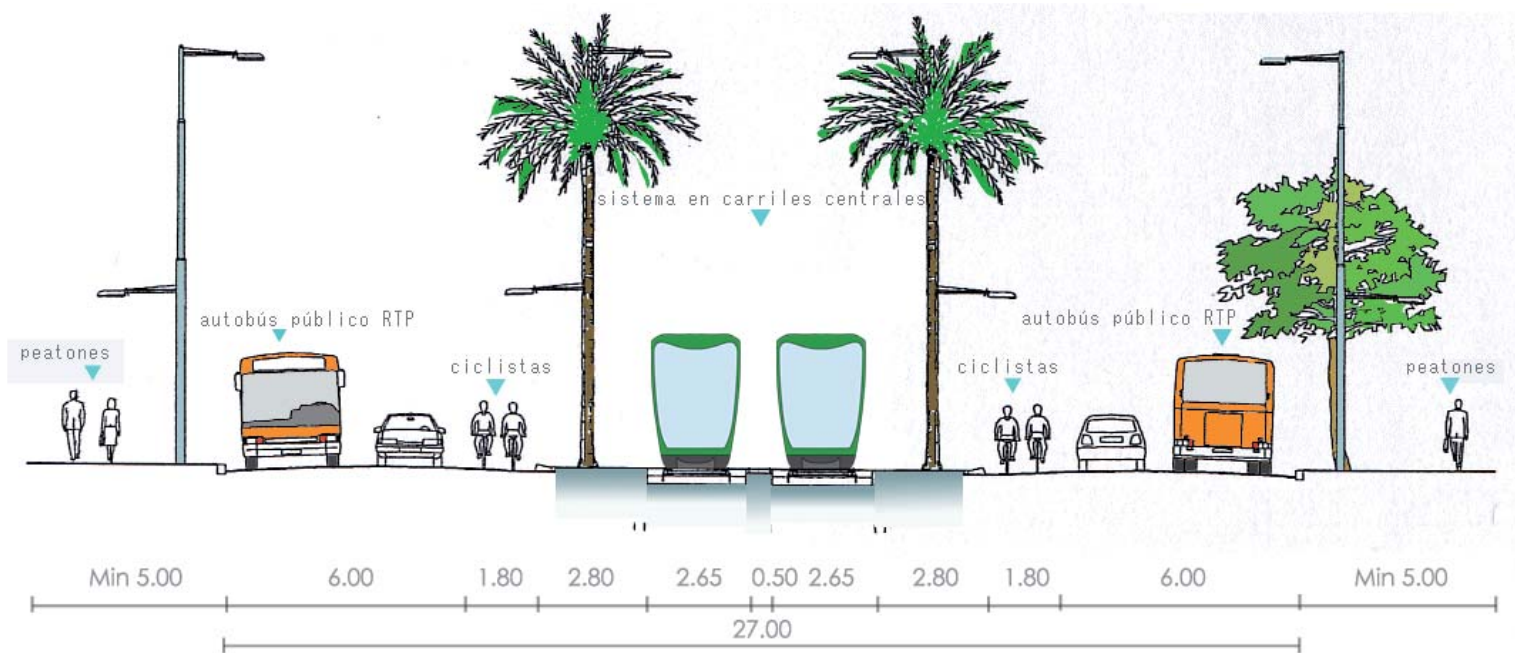
- a. Tranvía-Tranvía
- b. Tranvía-Tranvía en tramo recto
- c. Tranvía-Tranvía en tramo curvo
- d. Tranvía-Peatón
- e. Tranvía-Vehículo
- f. Tranvía-Vehículo con postes y señales

A continuación se ilustra las cotas necesarias para cada uno de los gálibos.

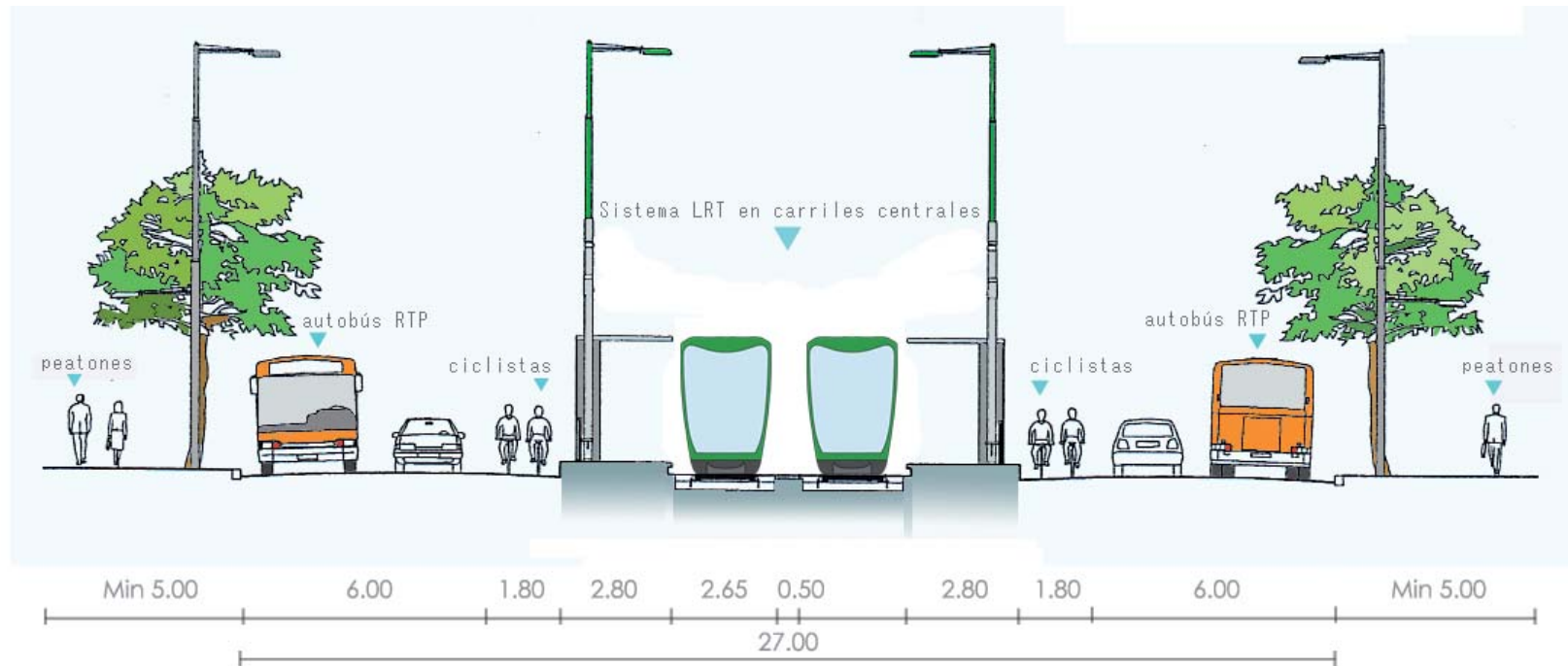




Disposición de la plataforma



Plataforma central Sin andenes



Con andenes

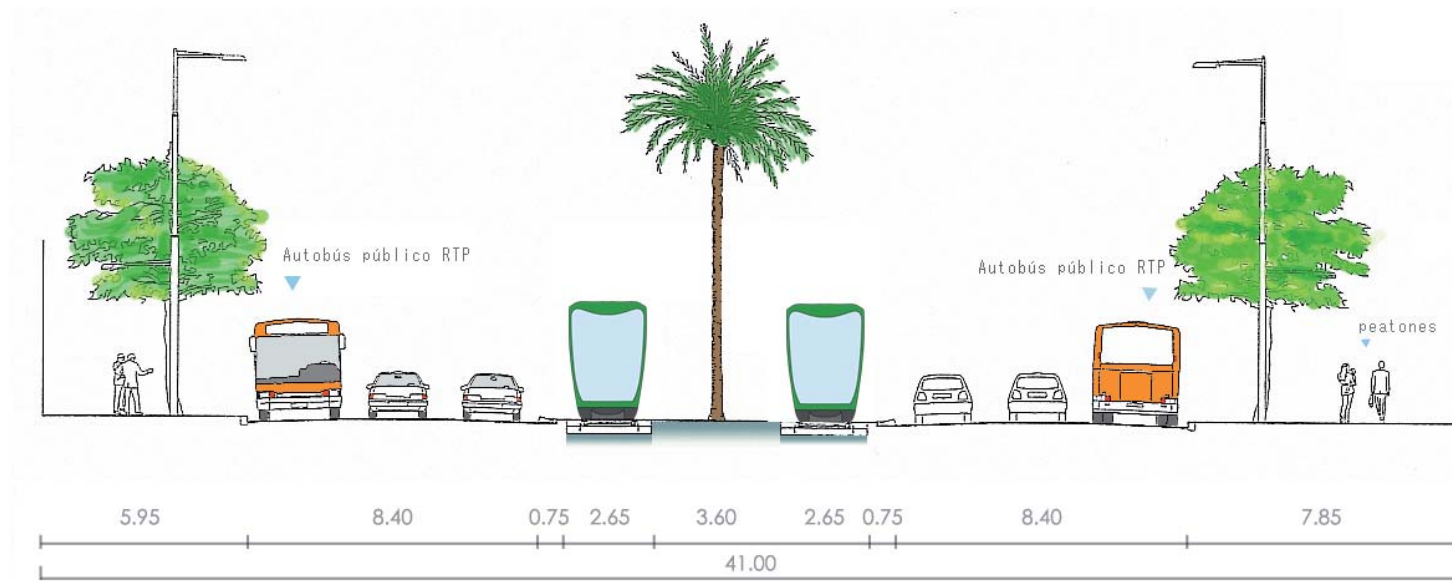
Ventajas

- En tramos sin andén ocupa relativamente poco espacio.
- No le afectan operaciones de carga y descarga.
- Aislamiento vegetal entre tráfico rodado y paseo central.

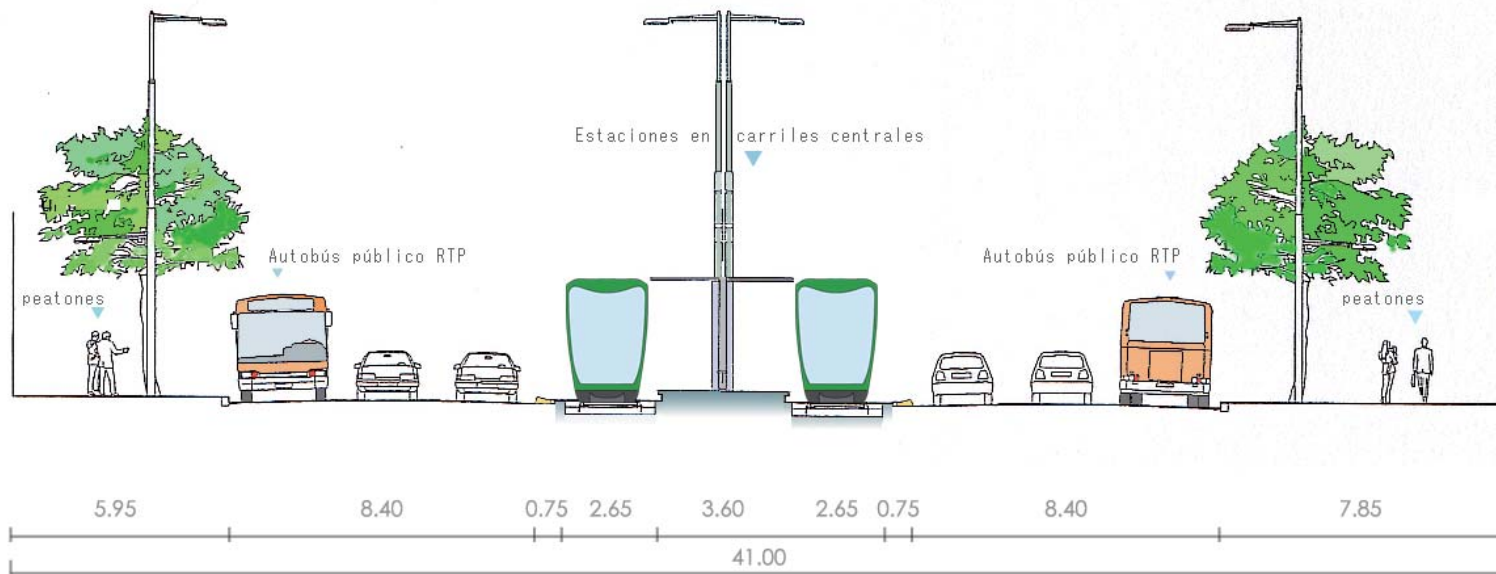
Desventajas

- El sobrancho que requieren los andenes de las paradas, provoca un retranqueo en Zig-zag de las carreteras y aceras de alrededor. Esto se puede evitar colocando unos resguardos laterales que sean de anchura constante respecto a la misma sección con andenes

Capítulo 2 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México



Sin andenes



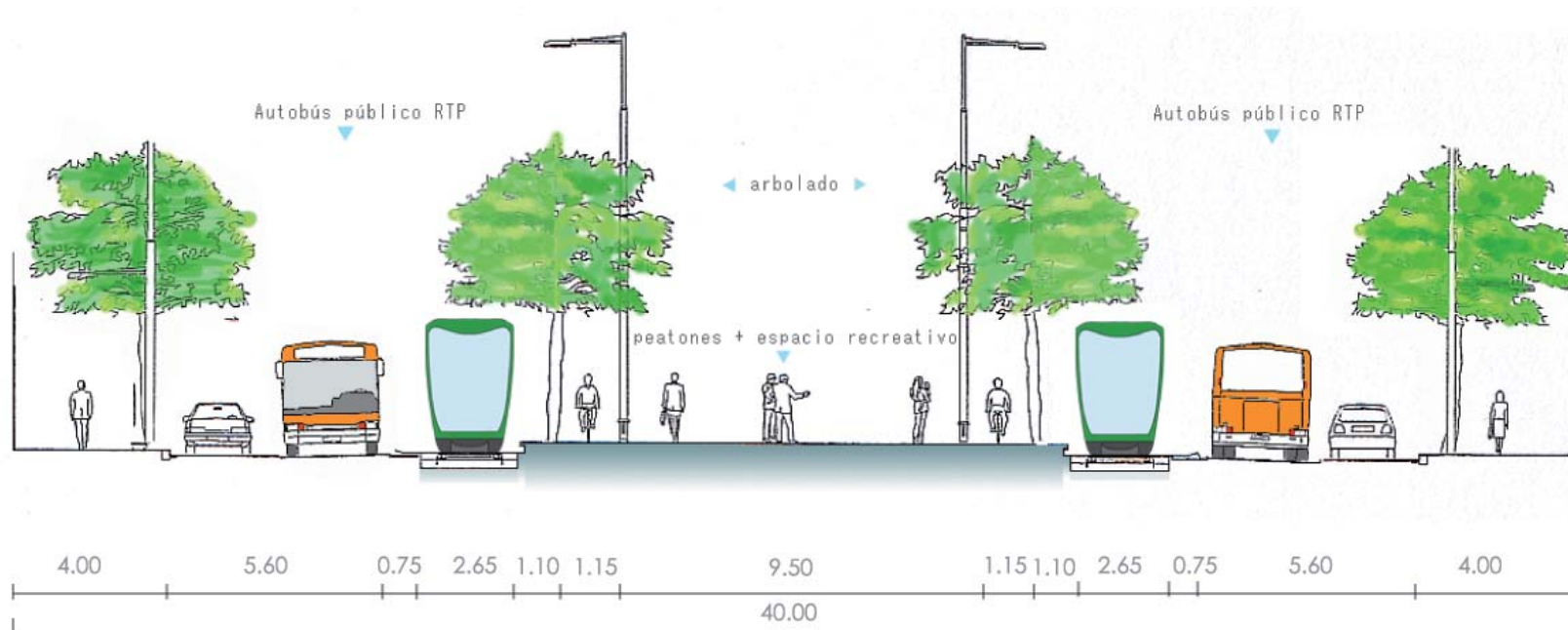
Con andenes

Ventajas

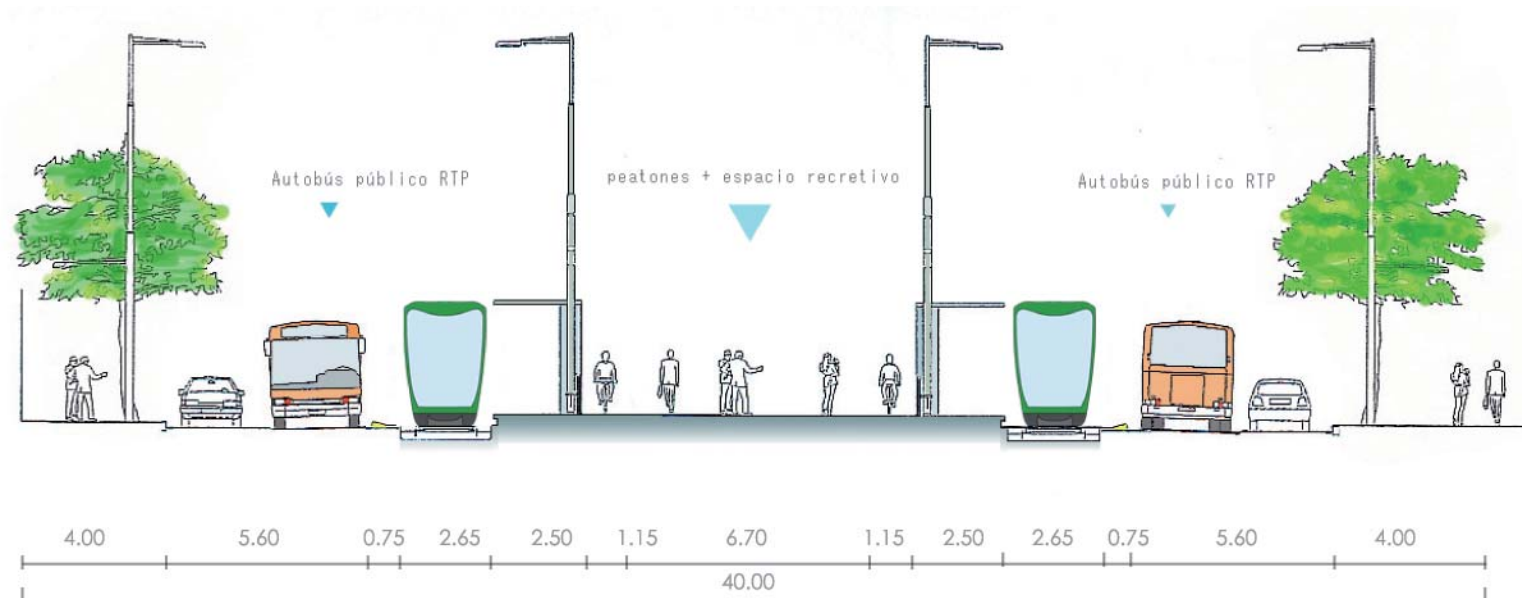
- La anchura es constante con o sin andén, por lo que se hace innecesario crear retranqueos en las carreteras cerca de las paradas del tranvía.
- No le afectan operaciones de carga y descarga.
- Permite la plantación de arbolado en la entreeva, cuando no hay andenes.

Desventajas

- Ocupa más espacio que la mediana central simple.



Plataforma central con paseo Sin andenes



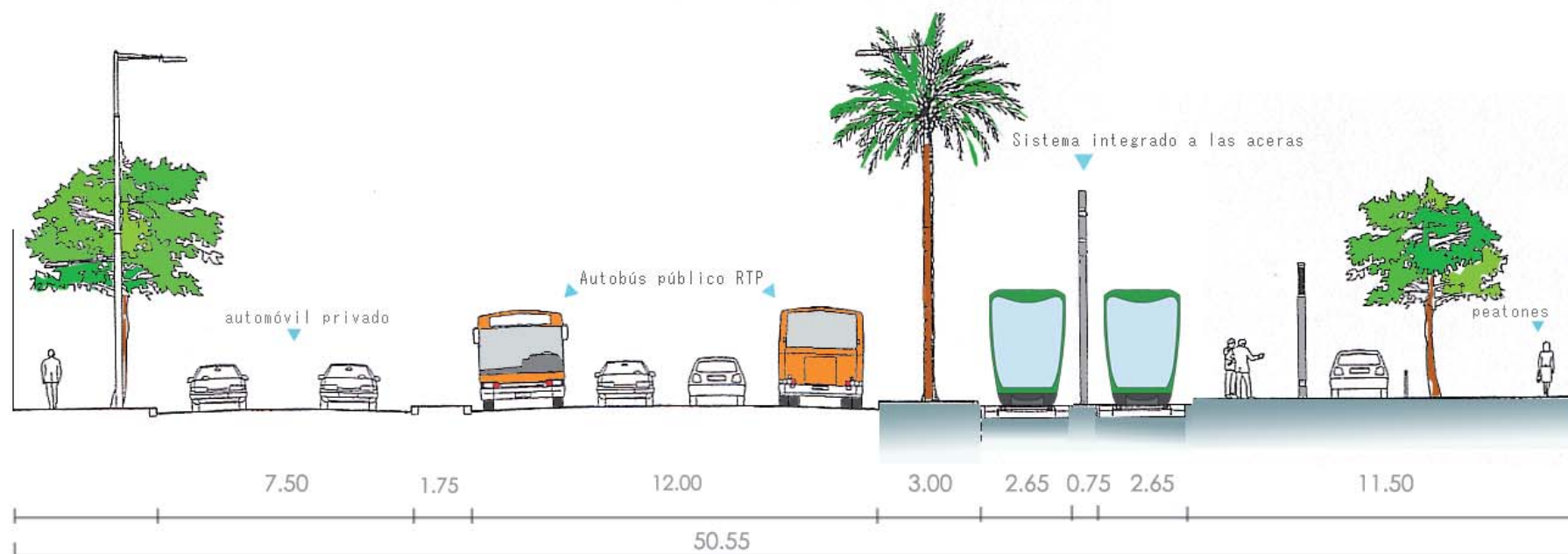
Con andenes

Ventajas

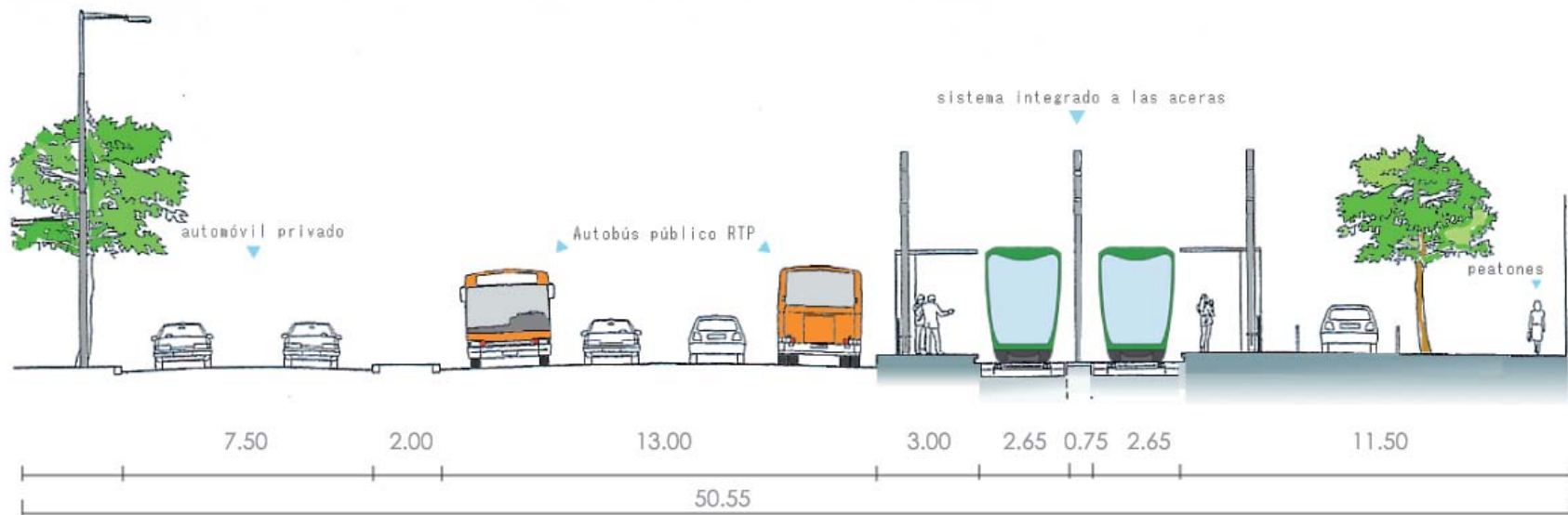
- Integración de los andenes sobre el paseo. La anchura es constante con o sin andén, por lo que se hace innecesario crear retranqueos en las carreteras cerca de las paradas del tranvía.
- Aislamiento vegetal entre tráfico rodado y paseo central.
- No le afectan las operaciones de carga y descarga.

Desventajas

- Requiere de mucho espacio y calles anchas.
- Las intersecciones son dobles, una por cada vía, por lo que la regulación semafórica deberá evitar que queden coches en la entrevista.



Plataforma adosada a acera Sin andenes



Con andenes

Ventajas

- Menor ocupación en el caso de las paradas, debido a que uno de los andenes queda integrado en la acera.
- Es la sección que aporta mayor accesibilidad a las paradas, no es necesario cruzar la carretera.
- En un sentido facilita mucho el trasbordo con los autobuses.

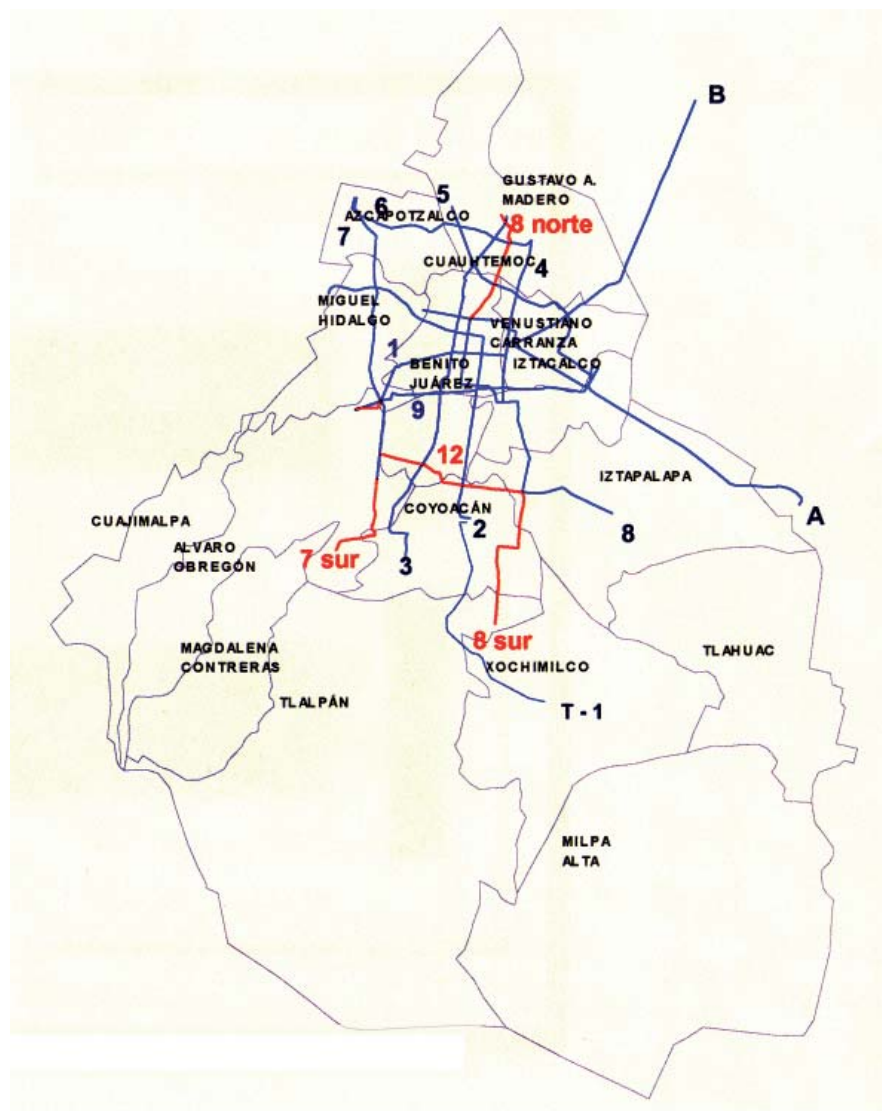
Desventajas

- Los accesos a casas, edificios ya aparcamientos pueden limitar su aislamiento del tráfico y evitar la colocación de tramos con césped.
- Su velocidad se puede ver afectada por operaciones de carga y descarga en zonas de alta actividad comercial.

2.4 Plan maestro del metro y tren ligero

Ampliaciones a la red al horizonte 2003

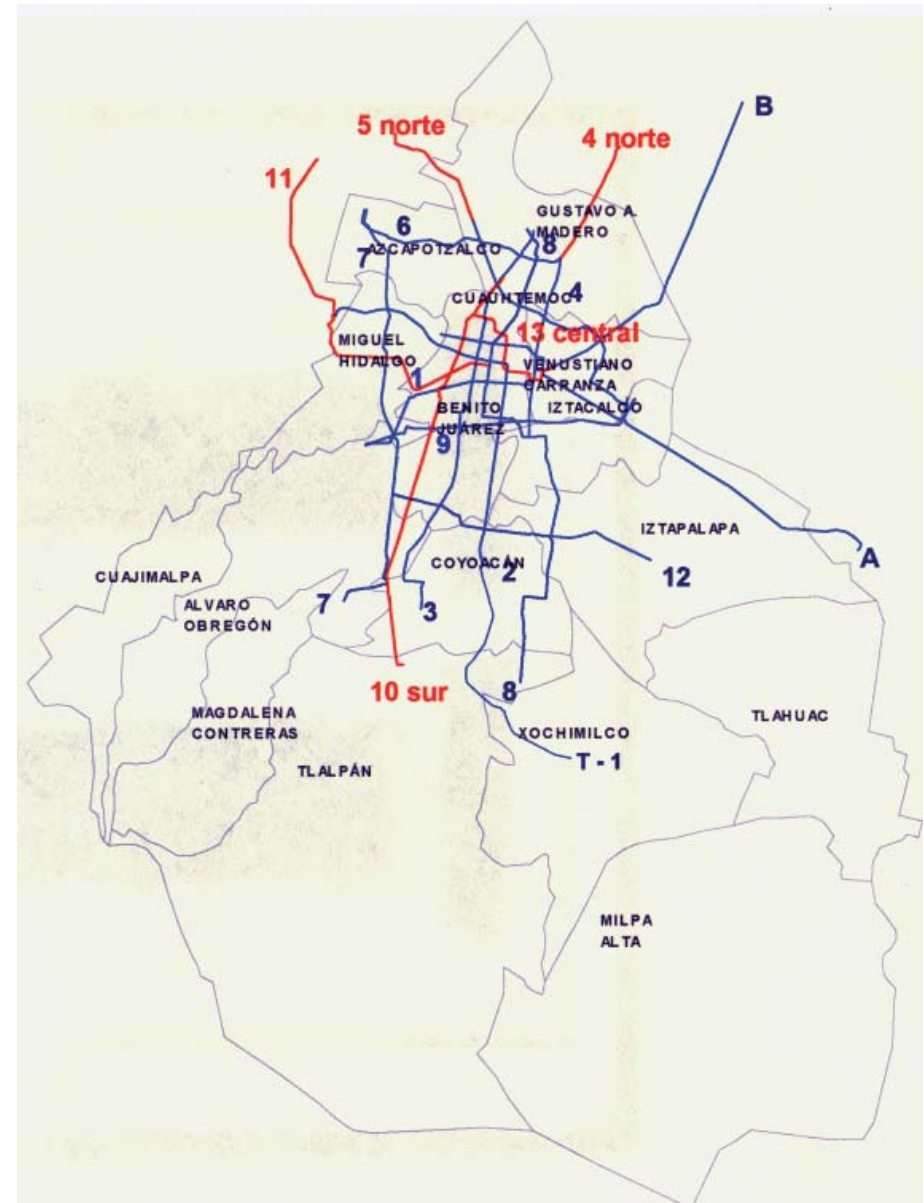
Línea	Origen-Destino	Longitud de servicio (km)	Estaciones
7 sur	Barranca del Muerto-San Jerónimo	5.263	5
8 sur	Escuadrón 201-Acoxpa	9.307	8
8 norte	Garibaldi-Indios Verdes	6.290	7
9	Tacubaya-Observatorio	1.46	1
12 Pte*	Atlalilco-Mixcoac	9.720	10
Línea B	Cd. Azteca-Villa de Aragón	8.850	8
	Total	40.925	39



* Incorporándole el tramo de Atlalilco a Constitución de 1917, que actualmente forma parte de la Línea 8

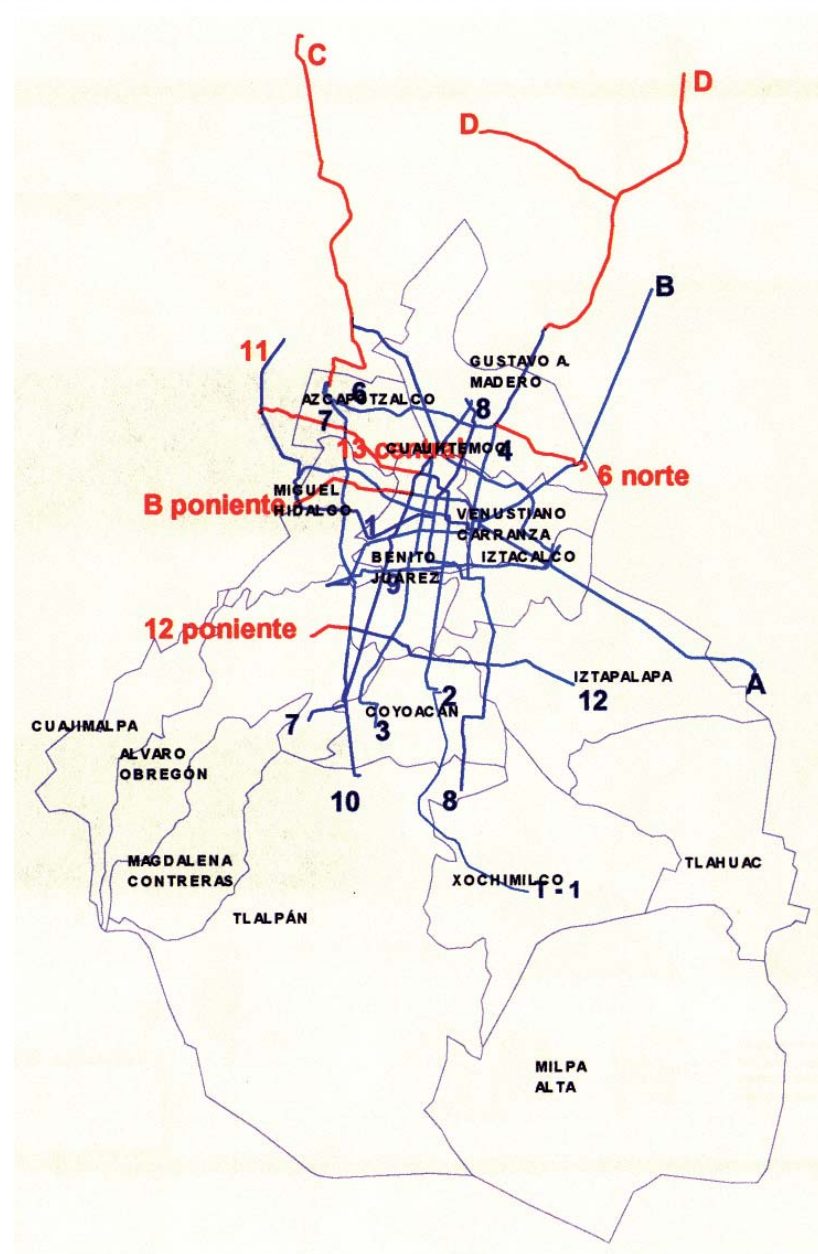
Ampliaciones a la red al horizonte 2009

Línea	Origen-Destino	Longitud de servicio (km)	Estaciones
Primera opción			
4 Norte	Martin Carrera-Santa Clara	5.506	6
5 Norte	Politécnico-Tlalnepantla	5.849	6
13 Centro	San Lázaro-Tlatelolco	6.715	4
	Total	18.07	16
Segunda opción			
Línea 10	Eulalia Guzmán-Estadio México 68	18.640	21
Tercera opción			
Línea 11	Santa Mónica-Bellas Artes	19.965	21



Ampliaciones a la red al horizonte 2020

Línea	Origen-Destino	Longitud de servicio (km)	Estaciones
Metro de rodadura neumática			
6	Martin Carrera-Villa de Aragón	5.62	5
B	Buenavista-Hipódromo	7.46	8
12 Pte.	Mixcoac-Santa Lucía	2.58	2
13	Parque Naucalli-Tlatelolco	10.77	17
	Total	26.43	32
Metro de rodadura férrea			
C	El Rosario-Cuatitlán Izcalli	24.90	18
D	Santa Clara-Ojo de agua/Coacalco	27.73	24
	Total	52.63	42



Pronósticos

Para construir los escenarios de proyecto 2009 y 2020, se consideraron los aspectos normativos vigentes, definidos en los programas de desarrollo urbano del área de cobertura. Se procesó la siguiente información de organismos públicos y privados.

- Tendencias de crecimiento y conformación demográficas.
- Tendencias de urbanización y de cambios de uso de suelo.
- Tendencias de crecimiento vehicular.
- Tendencias de movilidad.
- Estrategia y políticas de vialidad y transporte.

Selección de corredores aprovechables para nuevas líneas

Tomando como base escenarios pronosticados, se determinó una red de vialidades, o corredores urbanos susceptibles de ser equipados con líneas ferroviarias de transporte masivo. Como resultado se seleccionaron 54 corredores urbanos con una longitud total de 609 km con longitudes que van desde 4 hasta 29 km, la cual fue integrada como ítem en la parte de modelación.

Modelos de generación y atracción de viajes

Los modelos de atracción y generación son expresiones paramétricas que permiten cuantificar el número de viajes que se generan en, o que son atraídos hacia, cada una de las zonas e que se subdividió el área de cobertura. Estos modelos son alimentados, principalmente, con los resultados de la encuesta Origen destino de 1994, del censo de población de 1990 y de los estudios complementarios de campo así como con los datos de la matrícula de SEP.

Modelos de distribución de viajes

Este modelo pronostica el número de viajes entre cada origen y destino y determina la distribución de los movimientos entre zonas, de acuerdo a los viajes estimados por los modelos de generación y atracción. El resultado se concretó en una matriz de origen-destino.

Atributos a evaluar

- **Mayor captación de usuarios.**- Índice del volumen de personas que utilizarán un transporte masivo eficiente, en todos sus aspectos, y de generación de ingresos financieros al Organismo.

- **Ahorro de horas hombre.** Índice del incremento de tiempo disponible para trabajo adicional, cultura o esparcimiento, de un mayor número de usuarios del transporte público.

- **Sustitución de otros medios.** Índice de reducción de vehículos automotores por la presencia de una línea de metro o tren ligero, con el correspondiente ahorro de combustible, mayor fluidez de la circulación y menor emisión de contaminantes.

- **Mejor distribución de carga en la red.** Índice de optimización del uso de líneas existentes por una mejor distribución de la demanda.

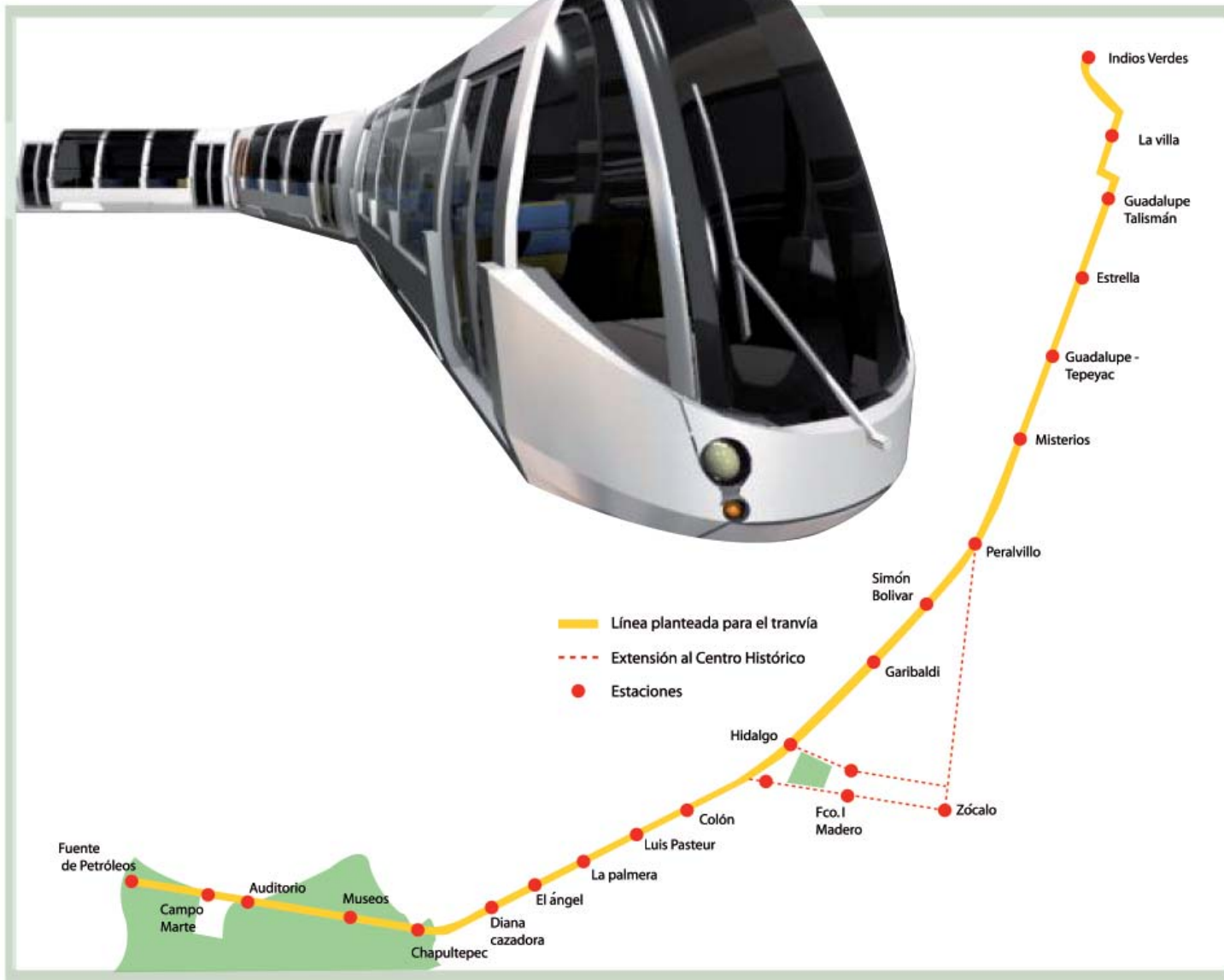
- **Adquisición obligada de predios.** Índice costo económico y social de los predios requeridos para la obra.

- **Servicio a zonas de bajos ingresos.** Índice de beneficios de una línea de servicio masivo en áreas densas de menores recursos.

Estos datos fueron proporcionados por el STC, que corresponde al plan maestro de metro y trenes ligeros. A continuación se presenta una tabla donde se compara los sistemas de medio de transporte masivo para la ciudad.

Opciones de transporte masivo			
	Metro	Tranvía	Metrobús
Costo (MDD/km)*	50 - 100	10 - 100	15 (máximo)
Velocidad (km/h)**	40 - 50	20 - 30	17 - 20
Construcción	Más de 3 años	2 años	18 meses
* Millones de dólares por kilómetro / ** Kilómetros por hora			

La ruta que se presenta en la lámina de la derecha es una propuesta de la ruta del tranvía. Esta información fue proporcionada por el periódico Reforma, donde se puede ver el corredor en donde se implementaría el sistema de tranvías.



3.1 Descripción de un LRT.

Light rail o *light rail transit (LRT)* estos dos términos se refieren a una forma de transporte urbano férreo que utiliza equipo e infraestructura que comúnmente es más sencilla que la del metro (*rapid transit systems*), utilizando modernos *light rail vehicles* comúnmente corriendo a lo largo del sistema.

El *light rail* es el término sucesor de la palabra tranvía. Este término se asocia más a los modernizados tranvías empleando características más usadas y asociadas al metro, incluyendo derechos exclusivos de vía, múltiples configuraciones y señales de control de operación.

El término *light rail* es derivado del inglés británico *light railway* usado frecuentemente para distinguir entre las operaciones tranviarias y los sistemas ferroviarios de vapor además de que utilizan infraestructura más sencilla que los sistemas ferroviarios y metro. Este término fue adoptado en los años 70s, particularmente en Estados Unidos para romper con la imagen obsoleta de la palabra tranvía.

En Toronto Canadá la comisión de tránsito de la ciudad tuvo que renombrar el proyecto para construir un carril confinado para una de las líneas de sus nuevos tranvías, el nombre que le asignaron al proyecto fue "*New, Modern LRT*" con el objetivo de tener mayor aceptación entre la población, después fue cambiado el nombre usando la familiar palabra tranvía (*streetcar*).

Los sistemas *light Rail* mayoritariamente son operados con energía eléctrica (catenaria y recibida por el vehículo con pantógrafo).



LRV de Lyon, Francia (operación mediante catenaria y pantógrafo)

Existen otros medios para suministrar energía al vehículo como el LRT del aeropuerto JFK que toma la energía desde un tercer riel.



Aeropuerto JFK, operación mediante un tercer riel



Burdeos, Francia. LRT alimentado por un tercer riel



River Line, Nueva Jersey, E.U. tracción diesel

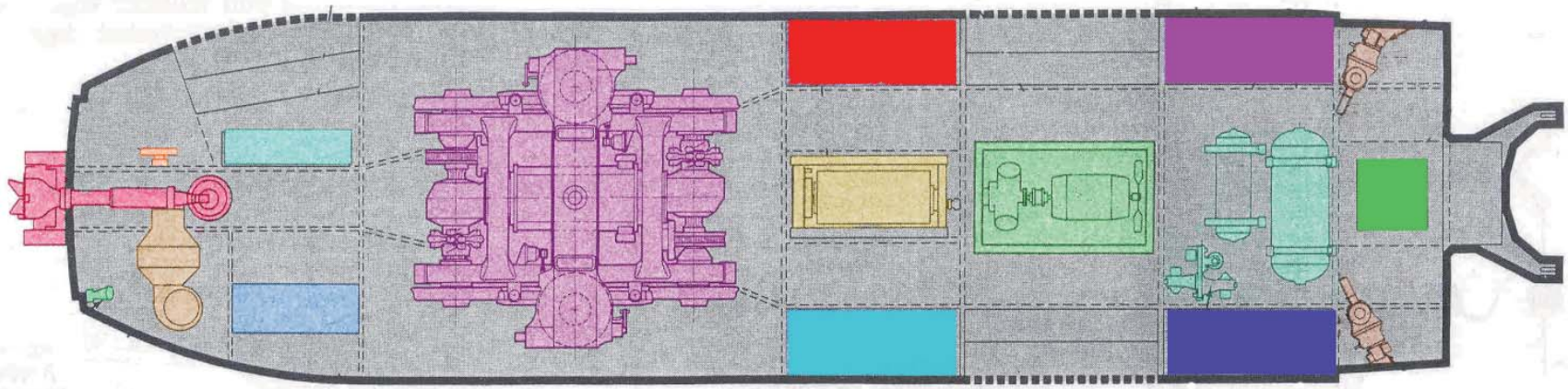
Francia desarrollo una especial configuración de tercer riel el cual se activa únicamente cuando el tranvía esta arriba de el haciendo esto más seguro para los peatones.

Son pocos sistemas los que emplean diesel algunos ejemplos sepueden ver en *River Line* en *New Jersey*, *O-Train* en *Ottawa* y el *SPRINTER* en *San Diego*, *California*, ese debido a que la mayoría de los habitantes se oponían a la implantación de catenaria argumentando la peligrosidad de las líneas.

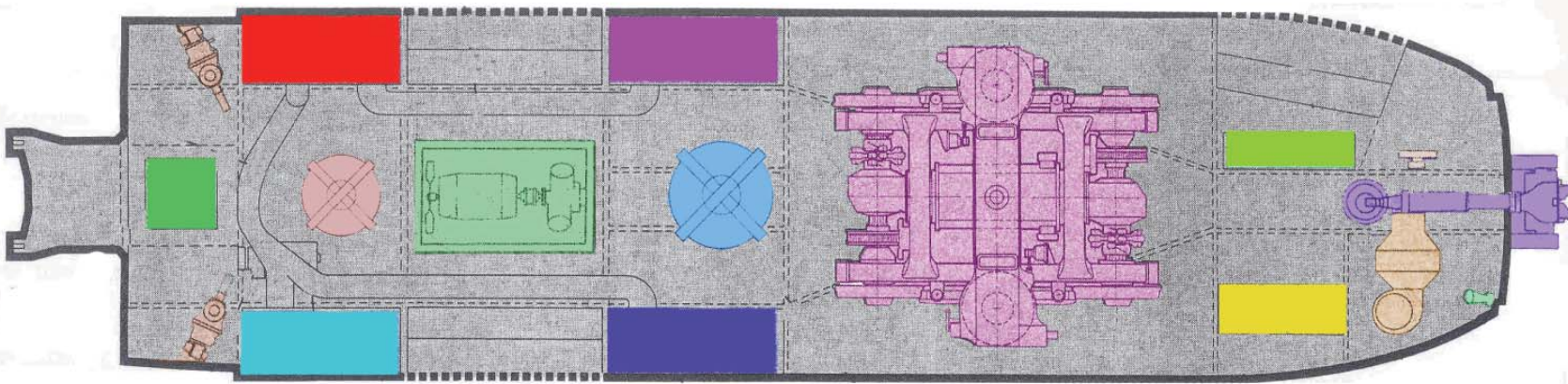













O-Train-Ottawa, Canadá. Tracción diesel

3.1.1 Componentes de un LRV.



	Claxón		Caja de conexión		Batería		Caja de conexión		Reserva para el freno de aire		soplador del motor de tracción
	Gong		Compresora del freno de aire		Sobrante		Truc		Contacto y fusibles		Convertidor de freno
	Acoplador		Paquete de control de frenos		Acoplador		Compresor del aire acondicionado				



- | | | | | | |
|---|--|--|---|--|--|
|  Caja de conexión |  Chopper |  Compresora del aire acondicionado |  Unidad de control de poder |  Truc |  Unidad de control de aire acondicionado |
|  Unidad de control de poder |  Reactor de entrada |  Suministrador de corriente directa de bajo voltaje |  Reactor de suavizado |  Caja de conexión |  Convertidor de freno |
|  Respiradero del motor de tracción |  Claxón |  Acoplador |  Gong | | |

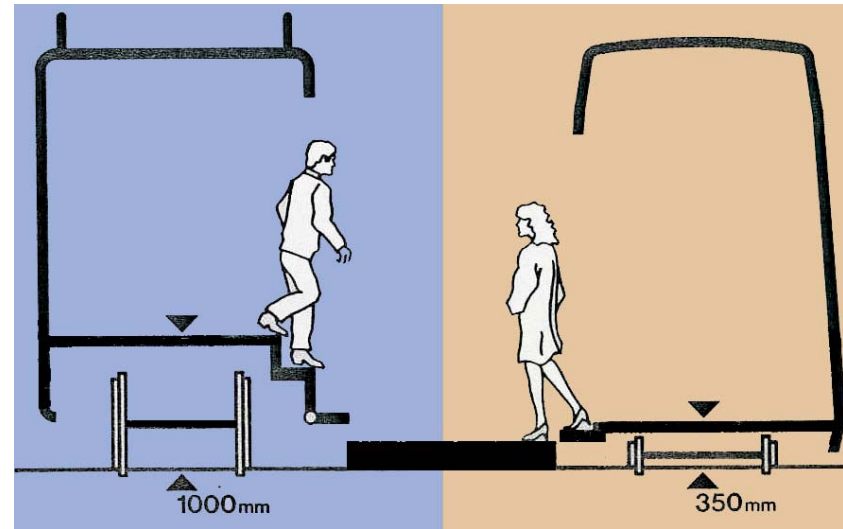
3.2 Descripción de un piso bajo (Low floor)

En el transporte público, el piso bajo se puede describir a los vehículos como autobuses, trolebuses y tranvías que cuentan con un acceso del pasajero al vehículo considerablemente más bajo que los modelos tradicionales.

Los recientes desarrollos tecnológicos de la industria de la transportación permiten un acceso y descenso del vehículo sin la necesidad de subir escalón alguno además de contar con un área libre destinada para los discapacitados y silla de ruedas. Además de que permite el ascenso y descenso del vehículo de una forma más rápida mejorando la velocidad comercial del vehículo.

La mayor parte de los vehículos de piso bajo se extiende el piso bajo a lo largo del vehículo, en ocasiones algunas áreas del tren son un poco más altas que las entradas debido a que tienen que albergar los componentes mecánicos del tranvía, estas diferencias de alturas son suavizadas con rampas o con escalones.

Si el vehículo es completamente piso bajo no hay espacio para los trucs o ejes que conecten las rueda derecha con la izquierda. Esto se resuelve con un sistema de ruedas cada una con tracción independiente.



Diferencias de alturas entre un piso convencional y un piso bajo.

Alturas típicas de los pisos bajos

Existen diferentes alturas de los vehículos de piso bajo a continuación mostramos las existentes (altura de calle a acceso al vehículo).

- Ultra piso bajo 180 mm
- Piso bajo de 300 a 350 mm
- Piso alto más de 600 mm
- Tren de 800 a 1200 mm

Para que un tranvía sea denominado de piso bajo su altura calle vehículo no debe ser mayor de 350 mm.

Dentro de los fabricantes de tranvías de piso bajo están los:

- o Avanto
- o Citadis
- o Combino
- o Flexity Outlook y Swift
- o Ultra Low floor
- o Sirio
- o ZET 2200

En el subtema 3.3 analizaremos las distintas plataformas de tranvías de piso bajo existentes en el mundo.

Ventajas de un piso bajo

- Acceso universal a este medio de transporte: personas de la tercera edad, discapacitados, personas en silla de ruedas, carritos de bebés y bicicletas.
- Reducción del impacto de los andenes en la calle, pueden integrarse perfectamente en las aceras.
- Bajo centro de gravedad del vehículo, que reduce la sensación de mareo o vaivén

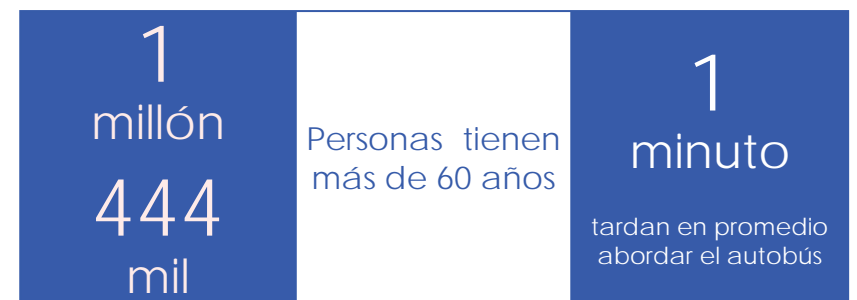
¿Porque un vehículo de piso bajo para la ciudad de México?

Por que en esta ciudad viven:



Fuente: INEGI, 2000

* Se hace hincapié en la delegación Iztapalapa debido a que esta demarcación tiene planeado el proyecto de Metrobús sobre el corredor Ermita Iztapalapa.



Fuente: INEGI, 2000

Capítulo 3 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México

Aunque México es un país con población joven también hay un número considerable de personas de la tercera edad que se verían beneficiados con un piso bajo además de reducir los tiempo de acenso y descenso del vehículo.



Acceso al vehículo a nivel banqueta

Un piso bajo en un vehículo trae múltiples beneficios como los antes mencionados además de una transformación en el paisaje urbano. Gracias a su piso bajo estos tranvías no requieren de plataformas altas como las del tren ligero y las del metrobús que tienen alturas de 50 cm sobre la avenida.



Stepless fácil acceso, que se traduce en rapidez para abordar y descender el vehículo

Con una modificación de DISEÑO en el tranvía, como es un piso bajo podemos ver que trae múltiples beneficios al acceso del vehículo, además de un bajo impacto ambiental al no requerir de plataformas, así como la reducción de costos en la construcción de estaciones.

Si bien es cierto, que el metrobús que circula en el corredor de Insurgentes a traído múltiples beneficios a los usuarios, como la velocidad de transportación, disminución de accidentes etc., resta ahora perfeccionar estos sistemas, a un año de haber sido implantado este sistema su carril confinado se encuentra seriamente dañado en la mayor parte de su trayecto.

Esto debido al gran peso del vehículo, que provoca que el asfalto se dañe o que se hagan baches, además de que el peso del metrobús a hecho sobre la avenida sus propios zurcos para circular.



El metrobús haciendo sus propios "rieles", foto. J. Antonio González O.



En un tranvía de piso bajo la carga del vehículo se distribuye uniformemente en sus rieles evitando que el asfalto se dañe, con la implantación de tranvías de piso bajo la inversión inicial sería mayor, pero a futuro se recupera debido a que el mantenimiento que requieren es mucho menor.

Un metrobús tiene una vida útil de diez años mientras que la de un tren ligero es de 25 años, además de que se evitarían los constantes gastos de mantenimiento del carril confinado.

3.3 Plataformas existentes

En este subtema tratarán las diferentes empresas en el mundo que diseñan y construyen tranvías de piso bajo.

Dentro de las más representativas tenemos:

- Alstom (Francia)

CITADIS

- Bombardier (Franco-Canadiense)

Flexity Classic
Flexity Link
Flexity Outlook
Flexity Swift

- CAF (España)

- Kinki Sharyo (Japón)



CITADIS



FLEXITY



CAF



KINKI

	Tipo	Longitud	Ancho	Alto	Altura de piso	Pasajeros sentados	Pasajeros de pie (4/m ²)	Cap. total	Ancho de puertas	Velocidad
CITADIS	Bidireccional	32.5 m	2.65 m	3.27 m	350 mm	64	154	218	1300 mm	70 km/hr
FLEXITY	Bidireccional	43 m	2.44 m	3.1 m	100 %	92	178	270	1300 mm	65 km/hr
CAF	Bidireccional	20 m	2.40 m	3.25 m	350 mm	32	100	132	1300 mm	60 km/hr
KINKI	Bidireccional	30 m	2.45 m	3.45 m	350 mm	62	87	149	1300 mm	70 km/hr

Para la realización de esta tabla se compararon análogos entre las principales compañías que ofrecen tranvías de piso bajo.

Las características son muy similares entre las compañías, el diseño conceptual que observaremos en el capítulo 5 pretende adaptar el diseño exterior a cada una de las plataformas de las diferentes compañías.

En esta tabla se observa que ningún vehículo rebasa la velocidad de 70 km/hr, esto a que son vehículos urbanos, por lo que su velocidad comercial no rebasa los 30 km/hr, en tramos interurbanos se pueden incrementar las velocidades debido a que las distancias entre estaciones son más largas.

En la actualidad estas empresas cuentan con contratos en varias partes del mundo, Alstom y Bombardier liderean en Europa y algunas ciudades asiáticas mientras Kinki Sharyo su mercado principal es Estados Unidos y los Emiratos Árabes Unidos.

Cabe mencionar que el material rodante del metro de la ciudad de México son de transnacionales como Alstom, Bombardier y en algunas líneas CAF. Esta última con un contrato para construir y operar durante 30 años el transurbano (proyecto que une el D.F. con el Estado de México).

3.4 El tren ligero en el mundo

LRT en África y Oceanía

Después de ver los diferentes tranvías de piso bajo que existen en el mercado se analizan lo que esta ocurriendo en otros países en cifras, lo que dará un aspecto global de la actualidad del tren ligero (LRT).

El sistema LRT es utilizado en todo el mundo, sin embargo el empleo del mismo contrasta notablemente entre continentes, razón por la cual es necesario hacer un análisis comparativo acerca de la cantidad de líneas utilizadas por país, mismo que se detallan a continuación.

CONTINENTE	TOTAL	PORCENTAJE
ÁFRICA		
Egipto		
El Cairo, Helwan*, Alejandría, Heliopolis	3	0.51%
Túnez		
Túnez	1	0.17%
TOTAL	4	0.68%

* Sistema construido nuevo desde 1978

Itálicas: rueda de acero, automatizado y confinado
(+) Sistema que no cuenta con las características LRT

OCEANÍA	TOTAL	PORCENTAJE
AUSTRALIA		
Adelaide, Bendigo (t), Melbourne	3	0.51%
TOTAL	3	0.51%

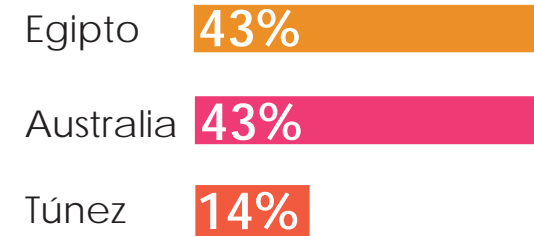
Itálicas: rueda de acero, automatizado y confinado



Melbourne, Australia



Alejandro, Egipto



Como se puede ver en la gráfica África y Oceanía cuentan con muy pocos sistemas LRT.

Diversas causas explican la poca popularidad de estos sistemas, una de ellas es el factor físico-geográfico de ambos continentes.

En el caso de África con una zona muy boscosa que hace muy difícil la implementación de estos sistemas principalmente en el sur.

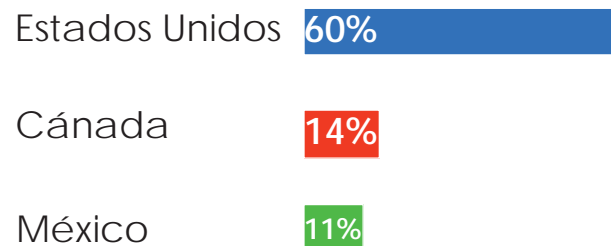
LRT en el continente americano

CONTINENTE	TOTAL	PORCENTAJE
AMÉRICA		
Argentina		
Buenos Aires*	1	0.17%
Brasil		
Campo Do Jordao, Río de Janeiro*(t)	2	0.34%
Canadá		
Calgary*, Edmonton*, Toronto, Vancouver	4	0.68%
E.U.A.		
Boston, Buffalo*, Cleveland, Dallas(t), Detroit*(t), Fort Worth, Galveston (t), Newark, New Orleans(t), Philadelphia, Pittsburgh, Portland*, Sacramento*, San Diego*, San Francisco, San Jose*, Seattle(t)	17	2.88%
México		
Guadalajara*, México, Monterrey	3	0.51%
Paraguay		
Asunción(+)	1	0.17%
TOTAL	28	4.75%

* Sistema construido nuevo desde 1978

Itálicas: rueda de acero, automatizado y confinado

(+) Sistema que no cuenta con las características LRT



Estados Unidos es el país que cuenta con más LRT en todo el continente americano. Siendo este el primero en contar con sistemas de tranvías de todos tipo, (sufrió en los años treinta y cuarentas la motorización de la ciudad).

La concepción de "my car" poco a poco se fue adueñando de la forma de transportarse de la sociedad americana, copiándose este modelo en Latinoamérica.

Debido a las emisiones y partículas emitidas por la motorización de las ciudades, la sociedad americana vuelve a poner sus ojos en sistemas de trenes ligeros.

Capítulo 3 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México

Cabe mencionar que Estados Unidos fue el pionero en el siglo pasado de contar con trenes ligeros fabricándolos ellos mismos y exportándolos a todo el mundo. En la actualidad la mayoría de sus sistemas son importados de Alemania, Francia y Japón.

Latinoamérica se encuentra rezagado en la implementación de estos sistemas aún cuando en la mayoría de los países latinoamericanos cuentan con las condiciones físicas para la implementación de LRT.



Toronto, Canadá



Golden Line, Los Angeles, E.U.



Ciudad de México

LRT en Asia

CONTINENTE	TOTAL	PORCENTAJE
ASIA		
China		
Anshan, Changchun, Dailian	3	0.51%
Filipinas		
Manila*	1	0.17%
Hong Kong		
Hong Kong(+), Tuen Men*	2	0.34%
India		
Calcuta	1	0.17%
Japón		
Enoshima, Fukui, Gifu, Hakodate, Hiroshima, Kagoshima, Kitakyushu, Kochi, Kumamoto, Kyoto, Matsuyama, Nagasaki, Okayama, Osaka, Sapporo, Takaoka, Tokyo, Toyama, Toyohashi	19	3.22%
Vietnam		
Hanoi(+)	1	0.17%
TOTAL	28	4.75%

* Sistema construido nuevo desde 1978

Itálicas: rueda de acero, automatizado y confinado

(+) Sistema que no cuenta con las características LRT

Japón

60%

China

11%

Hong Kong

7%



Okayama, Japón

Capítulo 3 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México



Pyong Yang, Corea del Norte

Asia se encuentra en igual número de LRT que el continente americano, siendo Japón el país que lidera con la modernización de tranvías y trenes ligeros.

Japón es un caso muy peculiar en Asia ya que conserva muchas de las líneas que corrían a principios de siglo. A raíz de la revolución industrial Japón adoptó el modelo de transporte europeo debido a esto se puede ver una gran influencia en sus medios de transporte.

China y Corea a principios de la década de los setenta, retiró la mayoría de tranvías, en el caso de China optó por la implementación de trolebuses y salvo algunos tranvías como el de Hong Kong que cuenta con uno de los dos sistemas de tranvías de dos pisos en operación en todo el mundo.

Estos tranvías de Hong Kong datan de 1920 de fabricación inglesa. Aquí cabe mencionar que México fue el primer país en el mundo que contó con estos tranvías de dos pisos.



Hong Kong, China

LRT en Europa

CONTINENTE	TOTAL	PORCENTAJE
EUROPA		
Alemania		
Bad Schandau(t), Berlín, Brandenburgo, Cottbus, Dessau, Dresden, Erfurt, Frankfurt, Gera, Gorlitz, Gotha, Halberstadt(+), Halle, Jena(+), Karl-Marx- Stadt, Leipzig, Magdeburg, Naumburg(+), Nordhausen(+), Plausen, Potsdam, Rostock, Schoneiche, Schwerin, Strausberg, Woltersdorf(+), Zwickau, Augsburg, Bielefeld, Bochum-Gelsenkirchen, Bonn, Braunschweig, Bremen, Darmstadt, Dortmund, Duisburg, Dusseldorf, Essen, Frankfurt, Freiburg, Hannover, Heidelberg, Karlsruhe, Kassel, Koln, Krefeld, Ludwigshafen, Mainz, Mannheim, Mulheim, Munich, Nurnberg, Stuttgart, Ulm, Wurzburg.	27	4.58%
Austria		
Gmunden, Graz, Innsbruck, Linz, Wien (Vienna)	5	0.85%
Bélgica		
Antwerpen, Brussels, Charleroi, Gent, Oostende	5	0.85%
Bulgaria		
Sofia	1	0.17%
España		
Barcelona, Soller(t), Valencia, Bilbao	4	0.68%
Francia		
Grenoble*, Lille, Marsella, Nantes*, St Etienne	5	0.85%
Gran Bretaña		
Blackpool, Douglas(t), London*, Newcastle-upon-Tyne*	4	0.68%
Holanda		
Amsterdam, Den Haag, Rotterdam, Utrecht	4	0.68%
Hungría		
Budapest, Debrecen(+), Miskolc(+), Szeged(+)	4	0.68%
Italia		
Milano, Napoli, Roma, Torino	4	0.68%
Noruega		
Oslo	1	0.17%



Berlín, Alemania



Barcelona, España



París, Francia

Capítulo 3 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México

	Polonia	TOTAL	PORCENTAJE
	Bydgoszcz, Czestochowa, Elblag, Danzig, Grudziadz, Katowice, Krakow, Lodz, Poznan, Szczecin, Torun, Warsaw, Wroclaw	13	2.20%
	Portugal		
	Lisboa(+), Porto(+)	2	0.34%
	Republica Checa		
	Bratislava, Brno, Kosice, Liberec, Most, Olomouc, Ostrava, Plzen, Praha, Teplice	10	1.69%
	Rumania		
	Arad, Braila, Brasov*, Bucarest, Cluj, Constanta*, Craiova*, Galati, Iasi, Oradea, Ploeisti*, Resita*, Sibiu(+), Timisoara.	14	2.37%
	Rusia		
	Achinsk, Alma Ata, Angarsk, Arkhangelsk, Astrakhan, Avdeyevka, Baku, Barnaul, Biysk, Chelyabinsk, Cherepovets, Daugavpils, Dneprodzerzhinsk, Dnepropetrovsk, Donetsk, Druzhkovka, Dzerzhinsk, Gorki, Gorlovka, Groznyi, Irkutsk, Ivanovo, Kalinin, Kaliningrad, Karaganda, Karpinsk, Kazan, Kemerovo, Khabarovsk, Kharkov, Kiev, Kolomna, Komsomolsk, Konotop, Konstantinovka, Kramatorsk, Krasnoarmeik*, Krasnodar, Krasnoturinsk, Krasnoyarsk, Krivoy Rog, Kuibyshev, Kursk, Kuznetsk, Leningrad, Liepaya, Lipetsk, Lvov, Magnitogorsk, Makeyevka, Minsk, Moscow, Mosyr*, Naberezhnye-Chelny, Nikolayev, Nishnikamensk, Nishni Tagil, Noginsk, Novopolotsk, Novosibirsk, Novotroitsk, Odessa, Omsk, Orzhonikidze, Orel, Orsk, Ossinniki, Pavlodar, Perm, Prokopyevsk, Pyatigorsk, Riga, Rostov-na-Donu, Ryazan, Salavat, Saratov, Shakhty, Shushenskoye, Smolensk, Stakhanov, Stary Oskol*, Sumgait, Sverdlovsk, Taganrog, Tallinn, Tashkent, Tbilisi, Termitau, Tomsk, Tula, Ufa, Ulan Ude, Ulyanovsk, Ussolye-Sibirskoye, Ust-Ilimsk*, Ustinov, Ust-Kamenogorsk, Vinnitsa, Vitebsk, Vladivostock, Voroshilovgrad, Yaroslavl, Yenakievo, Yerevan, Yevpatoria, Zaporozhye, Zhdanov, Zhitomir, Zlatoust	116	19.66%
	Suecia		
	Goteborg, Lidingo, Norrkoping	3	0.51%
	Suiza		
	Basel, Bern, Bex(+), Génova, Neuchatel, Zurich	6	1.02%
	Turquía		
	Estambul*, Konya*	2	0.34%
	Yugoslavia		
	Beograd, Osijek, Sarajevo, Zagreb	4	0.68%
	TOTAL	234	39.66%

* Sistema construido nuevo desde 1978 Itálicas: rueda de acero, automatizado y confinado(+) Sistema que no cuenta con las características LRT



Brujas, Bélgica



Lisboa, Portugal



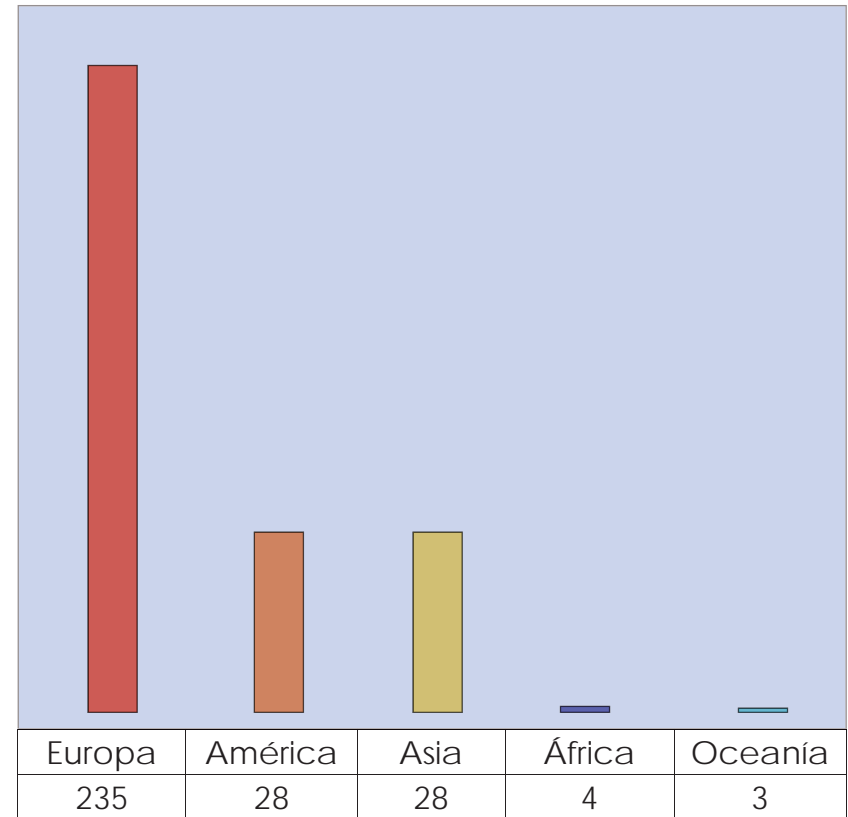
Londres, Reino Unido

Rusia es el único país con la mayor cantidad de LRT, tranvías y trolebuses, cabe resaltar la gran extensión territorial con la que cuenta. En segundo sitio se encuentra Alemania uno de los países precursores del tranvía, que con el paso del tiempo modernizó sus líneas de tranvías gradualmente. En la actualidad es el transporte público más usado en Alemania.

Dentro de Europa ha sido el país que se ha llevado el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas al LRT, impulsando el renacimiento del tranvía moderno como es el caso de España, Grecia, Francia etc, que están optando por vehículos de piso bajo. Gradualmente se están volviendo a tender los rieles aprovechando las buenas características dinámicas, velocidad (con carriles confinados) y el poco impacto ambiental que cuentan los nuevos tranvías.

Europa es el continente que cuenta con más tranvías en todo el mundo, aún unidos los continentes restantes no le llegan en número a Europa.

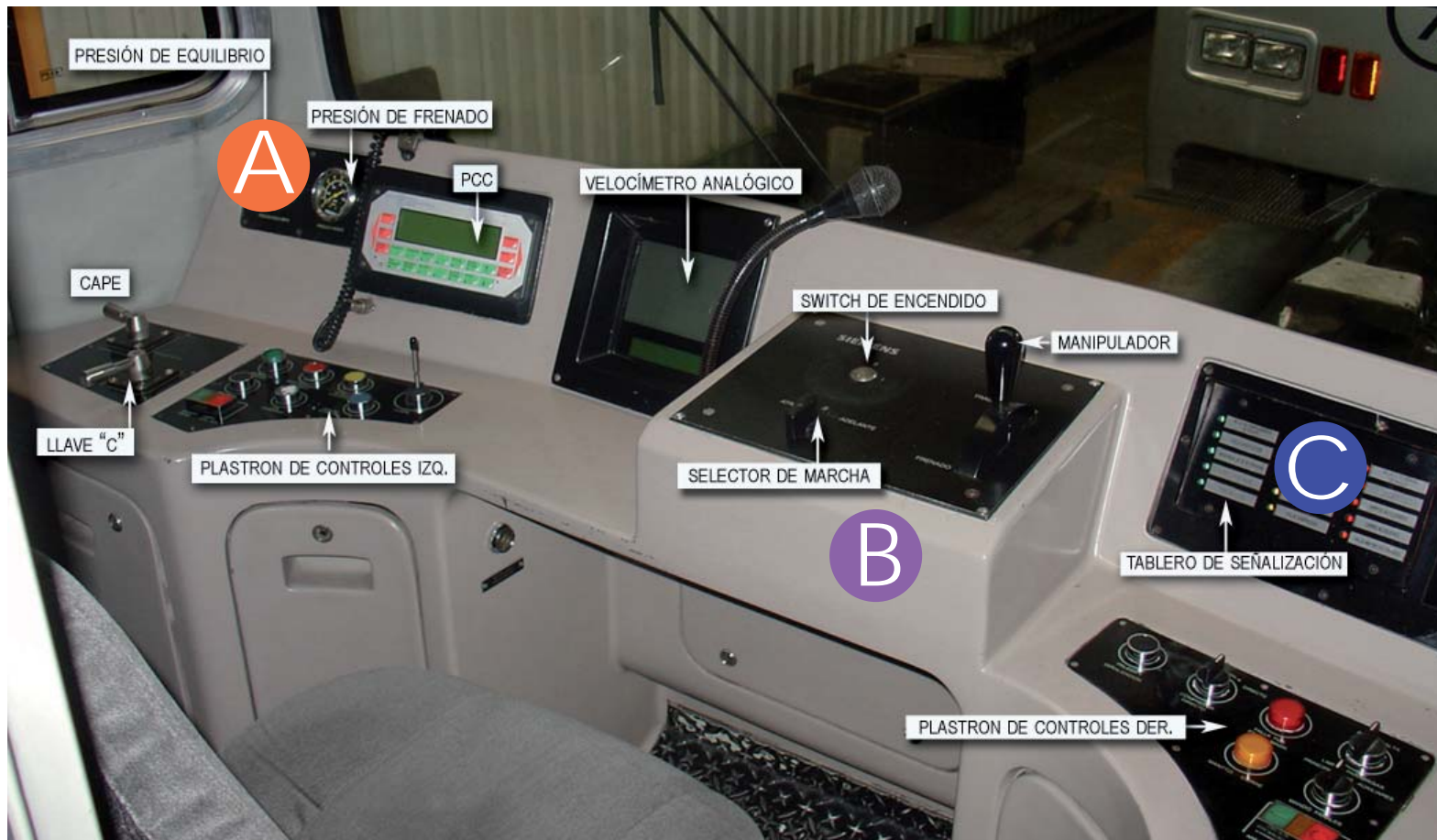
Comparativo Global



4.1 Análisis de los componentes básicos de la cabina de conducción del tren ligero.

En este capítulo, se analizarán la cabina de conducción y el salón de usuarios. En este subtema se describirán los principales componentes de la cabina de conducción. Para realizar el análisis se dividió la cabina en zonas (A, B, C).

Este estudio analítico se realizó gracias a STE, que permitió encuestar a los operadores y fotografiar el material rodante TE-90 y TE-95.





A



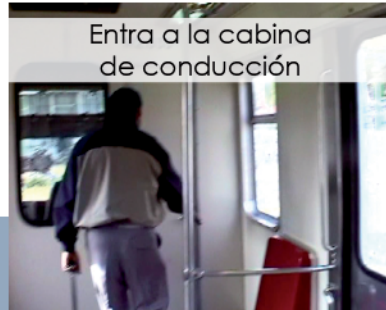
B



C

4.2 Mecánica de uso de la cabina de conducción

El operador entra al tren por el salón de usuarios



El operador se sienta frente al tablero



Prepara cierre de puertas Paso 1



Prepara cierre de puertas Paso 2



Tracciona el tren



Oprime el botón de hombre muerto



Se repite la operación desde el paso A

Tracciona el tren



Oprime el botón de hombre muerto



Llega a la estación Xochimilco y finaliza la operación



4.2 Análisis de uso de la cabina de conducción.

Selecciona la conducción



Selecciona la conducción
(manual)



El operador mira
hacia el andén por
medio del espejo

Prepara cierre de puertas



El operador ob-
serva las banderas
y según el número
en ellas acelera
y frena

Crucero



Se detiene en el crucero



Toca el claxón



Paso A

Paso B

Terminal

Se realiza el cambio de
operador. Se repite la
operación desde el paso A

Mecánica de uso de la cabina de conducción

4.2.1 Encuesta a los operadores del tren ligero

En este estudio se analizará la cabina del tren ligero (modelos Siemens TE90-95).

Metodología

La metodología empleada para este estudio fue la aplicación de cuestionarios (entrevista directa) que consiste en entrevistar personalmente a cada uno de los conductores de ambos sistemas de transporte. La mayoría de los cuestionarios fueron realizadas al interior de la cabina cabe destacar la gran participación de los conductores, aportando ideas que se verán reflejadas en el diseño de la cabina del nuevo LRV (tren ligero de piso bajo) que propone este trabajo en las principales avenidas del país.

Objetivo

El objetivo principal de esta encuesta es recopilar información e ideas de los conductores acerca de las modificaciones de diseño que le harían a las cabinas.

Puntos a evaluar del cuestionario:

- a) Modificaciones de diseño
- b) Ergonomía
- c) Sensaciones
- d) Usabilidad
- e) Visibilidad

A continuación se explica cada uno:

a) Modificaciones de diseño

La pregunta principal del cuestionario es que modificaciones le haría a la cabina de conducción, esto con el fin de conocer las necesidades de diseño de los conductores: distribución de conmutadores, manipulador, parasol, etc.

b) Ergonomía

Con el fin de saber que riesgos músculo-esqueléticos y visuales presenta o puede llegar a tener el conductor ya sea a corto o a largo plazo y así poder evitarlo mediante un diseño adecuado al conductor.

c) Sensaciones

Debido a que el diseño esta muy ligado a las emociones esta pregunta nos ayudara a saber como los conductores perciben la cabina de conducción.

d) Usabilidad

Otro de los objetivos del estudio del usuario es la usabilidad de la cabina. La palabra usabilidad surge del significado principal de facilidad. La usabilidad evalúa los siguientes puntos:

- Una cabina se mide por su eficacia.
- Es esencial la facilidad de uso.
- El tiempo de aprender las características debe ser mínimo.
- Los componentes deben ser fáciles de usar y tener resistencia.
- Satisfacción de uso.

e) Visibilidad

Un objetivo importante en la cabina de conducción es la visibilidad ya que de ella depende en mucho la conducción del tren. Factores como iluminación interior y exterior de la cabina, empañamiento, reflejos etc., serán analizados para el diseño del nuevo LRV.

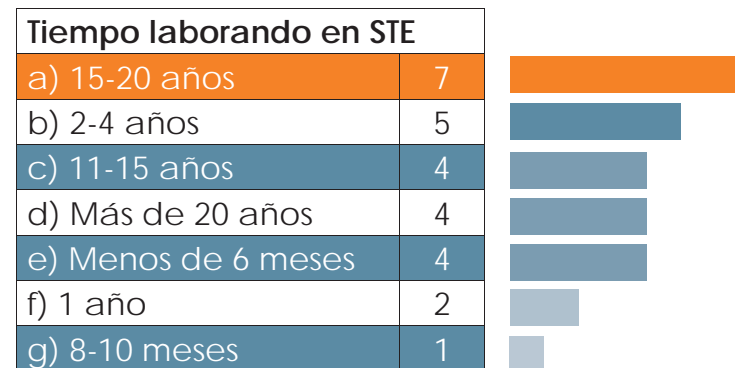
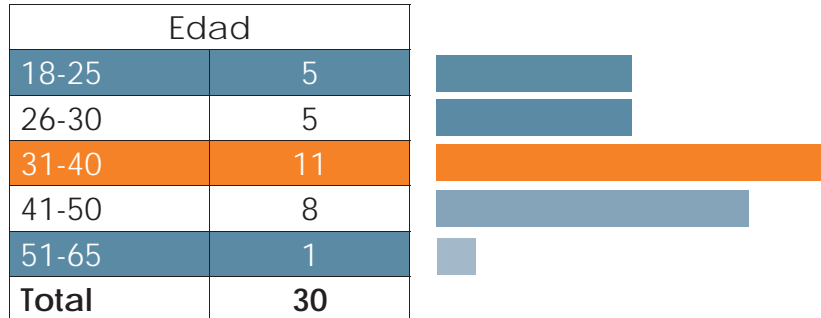
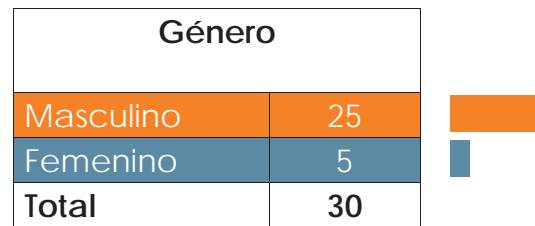
Se encuestaron a 30 conductores de 60 que laboran en el tren ligero-STE.

A continuación se presentarán los resultados de la encuesta a los operadores, así como la encuesta hecha.

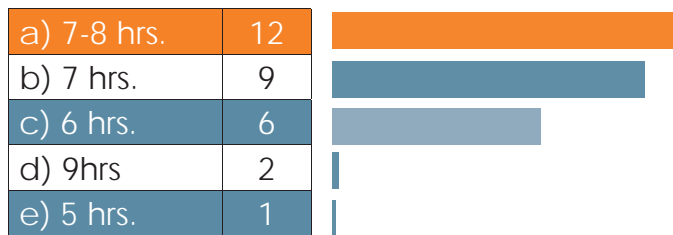
Resultados del estudio de la cabina de conducción

Para desarrollar un perfil de usuario al nuevo tranvía que correrá en las principales de la ciudad de México, se analizó el perfil de los conductores del tren ligero debido a que es lo más cercano que se tiene a un tranvía en la actualidad.

Con estos resultados se desarrolló el perfil de usuario que debe de tener la cabina de conducción y saber a que personas se dirige el producto.



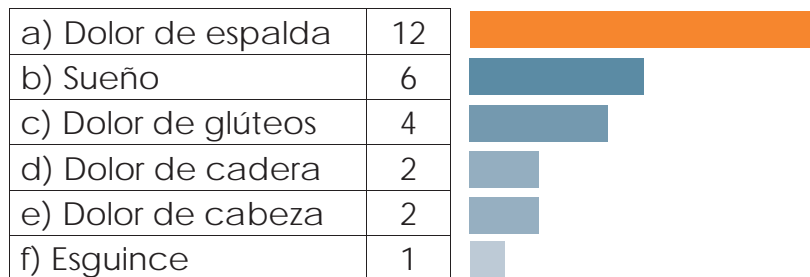
Tiempo que labora en el interior de la cabina



Se presentaron casos de conductores que tienen laborando más de 20 años y ahora presenta dolores de riñón así como mareos. Un conductor sufrió un esguince por el frío que se cuele por debajo de la cabina.

Otras molestias fueron presentadas como dolor de glúteos debido al tiempo que permanecen sentados que en la mayoría de los casos va asociado al dolor de espalda y de cadera.

Molestias músculo-esqueléticas después de trabajar



La mayoría de los encuestados presenta una molestia, el dolor de espalda es el que mas afecta a los conductores, en segundo lugar tenemos el sueño, una gran parte de los conductores considera su trabajo monótono, esa monotonía es la que les causa sueño y en varios casos hasta los estresa.

¿Cuál fue la parte que más se le dificultó para operar el tren?








a) CAPE	4	■
b) SAE	3	■
c) Frenado	1	■
d) Visibilidad al pantógrafo	1	■
e) Ninguna	18	■



La mayoría de los conductores no presentaron dificultades para operar el tren. El CAPE (Conmutador de Apertura de Puertas) fue el que presentó alguna dificultad. Cabe mencionar que este conmutador requiere de mucha responsabilidad del conductor, debido a que este dispositivo habilita el lado en el que se abrirán las puertas y un error podría resultar fatal debido a que se pudieran abrir las puertas del lado contrario de la plataforma.

Otro dispositivo como el SAE nos muestra las diferentes fallas que puede tener el tren y comentan los operadores que les costo trabajo memorizar el número de posible fallas que pudiera tener el tren.

¿Qué operación de la conducción le resulta la más incómoda?

a) SAP	6	
b) Asiento	6	
c) CAPE	3	
d) Alto total en crucero	3	
e) Manipulador	3	
f) Claxon	2	
g) Ninguna	11	

a) Como se puede ver en la gráfica el SAP y el asiento es lo que les resulta más difícil. El SAP (Sistema de Aislamiento de Pantógrafo) que se utiliza en casos de emergencia, cuando en la catenaria se encuentra una rama o un objeto estorbando, se activa el SAP que aísla el pantógrafo de la catenaria. Este dispositivo se encuentra en la parte inferior derecha del pupitre de conducción para tener acceso a el, se requiere abrir la puerta (llave de triángulo) y accionar el dispositivo.

b) Asiento: la mayoría de los asientos con los que cuentan las cabinas son rígidos del respaldo por lo que no permite el libre movimiento de la espalda.

c) CAPE: un dispositivo de mucha responsabilidad habilita el lado en le que abre la puerta.

d) Para evitar accidentes en los cruceros se requiere de hacer de alto total, prender las luces y avanzar a una velocidad de 15 Km/hr esta operación les resulta incómoda al conductor.

e) Manipulador: (Hombre muerto) tiene unos tornillos a los lados del botón que molestan cuando se va presionando.

f) Claxón algunos conductores preferirían tenerlo en el piso, en forma de pedal.



¿Qué conmutador, palanca, manija o botón le parece más complicado?

a) CAPE	9	
b) SAP	4	
c) Confusión entre 90-95	4	
d) Manipulador	4	
e) Frenado (lluvia)	3	
f) Llave C	1	
g) Ninguna	11	

a) CAPE: Lo complicado radica en la confusión, un error en este conmutador ocasionaría que las puertas abrieran del lado contrario del andén.

b) SAP para tener acceso resulta complicado, el problema es la localización, el conductor tiene que agacharse, abrir el cofre con la llave de triángulo y accionar el aislador del pantógrafo. Se requiere de experiencia para calcular la distancia en donde esta el objeto estorbando la catenaria, acceder al SAP y una vez abajo el pantógrafo con el puro impulso que lleva el tren librar el obstáculo.

c) Confusión entre modelos 90 y 95, la distribución de los plastrones de botones varia de un modelo a otro, esto ocasiona confusión en el conductor. El manipulador también es distinto uno es de "T" y el otro

de "gota". El de "T" se requiere de estar oprimiendo constantemente el botón "hombre muerto", mientras que el de "gota" basta apoyar la mano sobre el manipulador para liberar el sistema de seguridad "hombre muerto" y así traccionar el tren.

El traccionado y frenado en ambos modelos (90-95) es igual, en el caso del manipulador solo cambia la forma y la colocación del arillo de "hombre muerto" representado en el dibujo de la derecha.



Manipulador de "Gota" tren ligero modelo 90.



Manipulador "T" tren ligero modelo 95.

¿Qué recuerda o cual fue la primera sensación cuando operó el tren ligero?

a) Nervios	8	
b) Responsabilidad	8	
c) Fue muy padre	6	
d) Miedo	5	
e) Emoción	5	
f) Orgullo	4	
g) Alegría	3	
h) Novedad	3	
i) Adrenalina	2	
j) Satisfacción	2	
k) Era mi sueño	2	
l) Libertad	1	
m) Felicidad	1	
n) Impone	1	
ñ) Soledad	1	
o) Tranquilidad	1	

Las respuestas fueron muy variadas, la gran cantidad de sensaciones que puede despertar una cabina que van desde el miedo hasta el orgullo y desde la felicidad hasta la soledad.

El sentido de responsabilidad y miedo fueron las respuestas que más contestaron. Cabe mencionar que los comentarios al momento de recordar la primera vez que lo manejaron fueron muy expresivos, se transportaban a ese momento, en el que cada uno expresó lo que sintió esa vez.

Algunos de los conductores ya estaban familiarizados con los trenes, como el Moyada (construido en México con motores del tranvía PCC), aunque la forma de operarlo era diferente sintieron un gran cambio al tener un sistema más automatizado y más seguro. Comentaba un operador “los PCC para frenarlos tenían que trinquetearlo” (aplicar reversa) solo así lo frenabas... fue toda una novedad estos sistemas. Otros operadores se sienten orgullosos debido a que para muchos de ellos su ilusión desde pequeños era manejar estos trenes.

¿Que actividad le estresa más mientras conduce?

a) Cruceos	16	
b) Monotonía	6	
c) Retrasos con el regulador	3	
d) Impedimento de cierre de puertas	3	
e) Calor	1	
f) Maniobra y prueba de trenes	1	
g) Agresividad de usuarios	1	
h) Ninguna	4	



a) Cruceos: En los cruceos el tren ligero tiene que lidiar con automovilistas y peatones. Es aquí donde hace unos años atrás existían el mayor número de accidentes debido a la imprudencia de los automo-





vilistas. Aunque el tren ligero tiene prioridad de paso, para que el tren pase un cruceo primero tiene que hacer alto total, encender las luces de emergencia, tocar el claxon (ya sea eléctrico o neumático) y traccionar el tren a una velocidad de 15 Km/hr. Cuando el tren hace alto total muchas veces el automovilista piensa que se le esta cediendo el paso siendo que el tren ligero es el que tiene la prioridad.

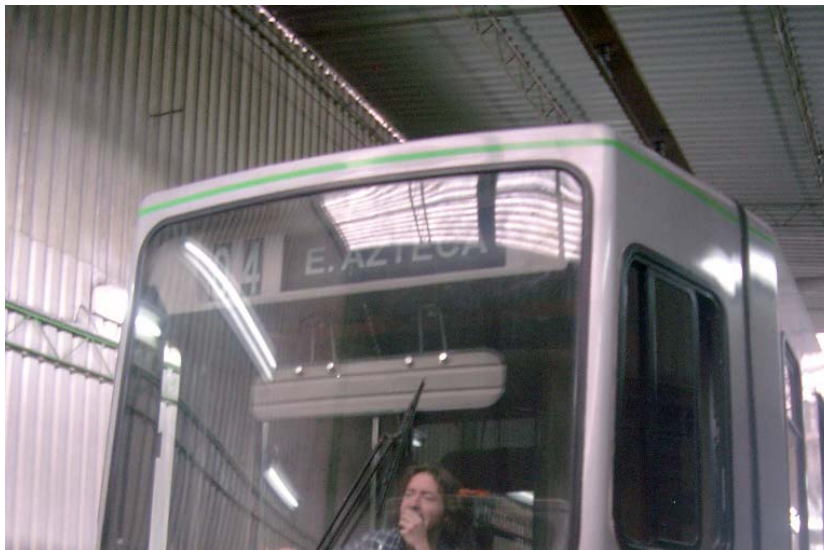
b) Monotonía: Hacer siempre el mismo recorrido y repetir las mismas operaciones son las principales causas de estrés.

c) Retrasos con el regulador: Todas las corridas de los trenes están reguladas por una tabla de tiempos de recorridos, que muchas veces se ven afectadas con retrasos debido a la invasión de vías del tren por parte de los automovilistas o por impedimento de cierre de puertas de parte de los usuarios.

d) Impedimento de cierre de puertas: Muchas veces los usuarios impiden el libre cierre de puertas lo que provoca retrasos con el regulador.

Visibilidad de la cabina hacia el exterior la considera...

a) Adecuada	13	
b) Inadecuada	11	
c) Muy adecuada	5	
d) Muy inadecuada	1	



Se observa en la gráfica esta muy dividido entre la gente que opina que la visibilidad es adecuada y los que piensan que es inadecuada.

Los conductores que piensan que es inadecuada es debido a que cuando llueve el parabrisas se empaña, o en horas picos el vapor que desprenden los usuarios

se filtra por la puerta de entrada de la cabina y propicia que se empañen los cristales.

Los reflejos del sol que pegan directamente al parabrisas propician que el conductor tenga una visibilidad deficiente hacia el exterior.

Algunos conductores recurren al uso de lentes oscuros, debido a los rayos del sol. Las unidades cuentan con un parasol, pero en la mayoría de los casos no es suficiente.

Para algunos de los conductores la visibilidad lateral no la consideran adecuada.

Debido a que es un vehículo que interactúa con los automovilistas y peatones la visibilidad de la cabina es de gran importancia.

Visibilidad del conductor hacia el pupitre de conducción

a) Adecuada	21	<div style="width: 82%;"></div>
b) Muy adecuada	8	<div style="width: 35%;"></div>

Ninguno de los conductores tiene problema con la visibilidad hacia el pupitre de conducción. Cabe mencionar que en plena luz del día los LEDs que prenden cuando se activa la apertura de puertas no es visible. Al momento de cubrirlo con la mano se aprecia que esta encendido de otra forma no se percibe su encendido.

El velocímetro también sufre de poca visibilidad durante el día.

Iluminación nocturna dentro de la cabina

a) Adecuada	26	<div style="width: 100%;"></div>
b) Inadecuada	3	<div style="width: 12%;"></div>
c) Muy adecuada	1	<div style="width: 4%;"></div>

La cabina cuenta con iluminación propia, muy pocas veces es usada por el conductor debido a que emite reflejos además de que la iluminación que llega del salón de usuarios es suficiente para iluminar la cabina. En la oscuridad la iluminación del pupitre de conducción es muy buena, los LEDs son visibles y el velocímetro también.

Visibilidad nocturna hacia el exterior

a) Inadecuada	16	<div style="width: 67%;"></div>
b) Adecuada	11	<div style="width: 45%;"></div>

Esto se debe a los fanales que muchas veces no sirven o no tienen suficiente alcance, además de que los consideran opacos.

También presenta problema la altura de los faros., para los peatones y automovilistas los conductores recomiendan reflejantes a lo largo del tren para que sea más visible el tren en la oscuridad.



La mayoría de los conductores considera que la visibilidad al exterior es inadecuada.

Toma algún alimento o bebida mientras conduce?

a) Sí	11	
b) No	19	

Por reglamento los conductores no pueden consumir ningún alimento o bebida mientras conducen. Sin embargo hay un número considerable que toma alguna bebida (por lo general es agua).

En cuanto alimento consumen alguna golosina o goma de mascar.

Objetos personales que trae el conductor mientras conduce

a) Tarjetón, llave de triángulo	30	
b) Chamarra	24	
c) Mochila (bolsa)	12	
d) Bebidas	7	
e) Ninguna porque se la roban los usuarios	5	
f) Lentes de sol	4	
g) Celular	2	
h) Alimentos	1	

a) Trajetón y lleva de triángulo: Por reglamento deben de traerlo, la llave de triángulo para tener acceso a cofres y puertas.

b) Chamarra: Según sea la inclemencia del tiempo, por lo general la colocan en el respaldo del asiento.

c) Mochila: La suelen colocar al lado del pupitre de conducción donde llevan sus objetos personales.

d) Bebidas: La colocan en la parte inferior del pupitre de conducción donde colocan sus piernas por lo general es agua o refresco de cola.

e) Ninguna: Debido a robo por parte de los usuarios, no cargan consigo nada.

f) Lentes de sol: Para tener una mejor visibilidad, debido a los reflejos del sol en la cabina los usan

g) Celular: Por lo general lo traen ya sea en la chamarra o en la mochila (bolsa).

h) Alimentos: Por lo general es alguna golosina o una goma de mascar.

¿Que mejora le haría usted a la cabina?

a) Ventilación	21	
b) Puertas laterales	17	
c) Asiento	12	
d) Parasol	11	
e) Ventanillas deslizables	9	
f) Faros de mayor potencia	5	
g) Desempañante	5	
h) Música	4	
i) Aire acondicionado	3	
j) Sellar la parte de abajo	3	
k) Reflejantes en el exterior	2	
l) Polarizar el parabrisas	2	
m) Perchero	2	
n) Mas espacio interior	2	
o) Ubicación del SAP	2	
p) Evitar que pase vapor de usuarios	2	
q) Reflejos del riel	2	

a) Ventilación: La mayoría de los conductores considera que la ventilación de la cabina no es adecuada. En tiempos de frío les parece una congeladora, mientras que en tiempos de calor es un horno. Cuentan con un ventilador pero presenta el problema que expulsa aire caliente y en lugar de ventilar la cabina la hace más calurosa.

b) Puertas laterales: Como con las que cuenta la cabina del metro, son independientes a los usuarios. El conductor para poder salir del tren tiene que cruzar por el salón de usuarios, que muchas veces en horas pico es difícil entrar y salir de la cabina.

c) Asiento: Algunos ya con el tiempo y la falta de mantenimiento muy deteriorados, otros son nuevos, pero son fijos no tienen opción de reclinar el respaldo ni regular la altura del mismo. En la mayoría de los casos es la causa del dolor de espalda, glúteos y cadera.

d) Parasol: Es pequeño y no cubre al conductor de los rayos del sol, los conductores por lo general utilizan gafas oscuras para evitar los rayos del sol.

e) Ventanillas deslizables: Algunos trenes cuentan con ventanillas de aleta que no resultan ser muy eficientes debido a que el flujo de aire es muy poco en la cabina, los conductores proponen que sean deslizables.

f) Faros de mayor potencia: Con esto se mejoraría la visibilidad nocturna debido a que la mayoría de los conductores la considera inadecuada.

g) Desempañante: Debido al calor desprendido por el cuerpo del conductor y de los usuarios en tiempos de frío o de lluvia los cristales sufren de empañamiento. Los conductores por lo general traen una franela para quitarle lo empañado a los vidrios.

h) Música: Muchos de los conductores consideran un tanto monótona y alguno de ellos para romper con la monotonía proponen música dentro de la cabina.

i) Aire acondicionado

j) Sellar la parte de debajo de la cabina: La zona en la que se filtra el aire es en la parte de debajo de la cabina por lo que proponen sellarla para evitar filtraciones.

k) Reflejantes: Debido a que este tren interactúa con el tráfico en los cruceros, los conductores propo-

nen reflejantes para que sea más visible para los usuarios y peatones.

l) Polarizar parabrisas: Los reflejos, los rayos de sol que impiden la visibilidad al exterior un par de conductores lo resolvería polarizando el parabrisas unos 40 cm.

m) Perchero: La mayoría de los conductores coloca su chamarra, saco etc., en el respaldo del asiento, por lo que un perchero evitaría que sus pertenencias quedaran a la vista de los usuarios y que se arrugue su prenda.

n) Espacio interior: Debido a que el asiento es fijo no se puede recorrer hacia delante y hacia atrás por lo que los conductores se sienten con poco espacio en las piernas.

o) SAP: Sistema de aislamiento del pantógrafo, la mayoría de los conductores le cambiaría su ubicación ya que para acceder a el requieren de abrir el cofre (con la llave de triángulo), agacharse y girar el interruptor para que baje el pantógrafo.

p) Vapor de los usuarios: Se filtra por la puerta de acceso a la cabina de conducción y provoca el empañamiento de los vidrios.

4.3 Análisis de uso de los pasajeros del tren ligero y Metrobús





Observa la estación a la que se dirige



Busca ubicación en este orden dentro del vehículo en este orden

1
Asiento cerca de la salida

2
De pie cerca del salida

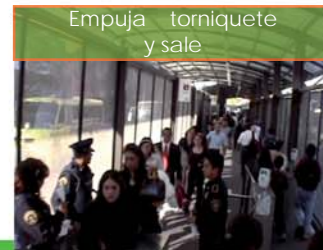
3
Asiento en cualquier pto.

4
De pie en cualquier pto.



Esta pendiente de su destino.

Baja en estación deseada



4.3.1 Sondeo a los usuarios del Metrobús y tren ligero

Estudio del usuario

El estudio de usuario se realiza con el fin de conocer la opinión que tiene el usuario del Metrobús y tren ligero sobre estos medios de transporte. Para este estudio se realizaron 107 encuestas, dentro de las cuales hay desde niños hasta personas de la tercera edad.

La razón por la que se escogieron estos dos medios de transporte es por la similitud que tienen en compartir dos carriles confinados en medio de la avenida para trasladar a los usuarios. En este caso es avenida de los Insurgentes y Tasqueña-Xochimilco).

Metodología

La metodología empleada para la aplicación de los cuestionarios fue la de entrevista directa que consiste en encuestar personalmente a cada usuario de ambos sistemas de transporte. Todas las preguntas fueron realizadas en el interior del Metrobús y tren ligero. Cabe destacar la gran participación de la gente, aportando ideas que se verán reflejadas en el diseño del nuevo LRV (tren ligero de piso bajo) que esta tesis propone circule en las principales avenidas de la ciudad.

Objetivo

El objetivo principal de esta encuesta es recopilar información e ideas de los usuarios acerca de las modificaciones de diseño que le harían a los vehículos (tanto interiores como exteriores).

Puntos a evaluar del cuestionario:

- a) Modificaciones del diseño
- b) Usabilidad
- c) Tiempos de transportación
- d) Viabilidad

Modificaciones del diseño

La pregunta principal del cuestionario es que modificaciones le haría al interior y exterior del vehículo, esto con el fin de conocer las necesidades de diseño de los usuarios como pueden ser: distribución de asientos, postes, accesos, etc.

Usabilidad

Otro de los objetivos del estudio del usuario es la usabilidad del transporte. La palabra usabilidad sur-

ge del significado principal de facilidad. La usabilidad evalúa los siguientes puntos:

- Un transporte se mide por su eficacia
- Es esencial la facilidad de uso
- El tiempo de aprender las características debe ser mínimo
- Los componentes deben ser fáciles de usar y tener constancia
- Satisfacción de uso

Tiempos de transportación

Los usuarios de estos dos medios de transporte pasan gran parte de su tiempo en transporte. Se requiere diseñar un vehículo adecuado a los tiempos de traslado.

Viabilidad

Este punto respecta a la viabilidad de este tipo de transporte en otras avenidas de la ciudad. Concretamente un sistema que corra en dos carriles confinados (uno de ida y otro de regreso) en medio de la avenida, como lo hacen el tren ligero y el Metrobús.

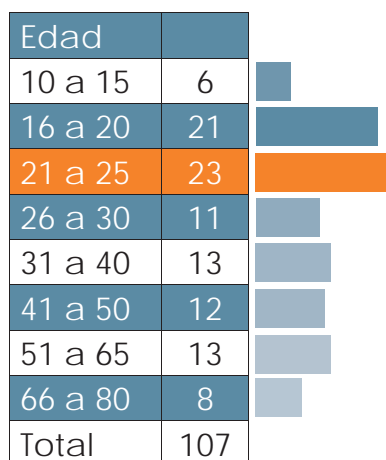


Metrobús Dr. Gálvez-Indios Verdes



Tren ligero Tasqueña-Xochimilco.

Usuarios encuestados

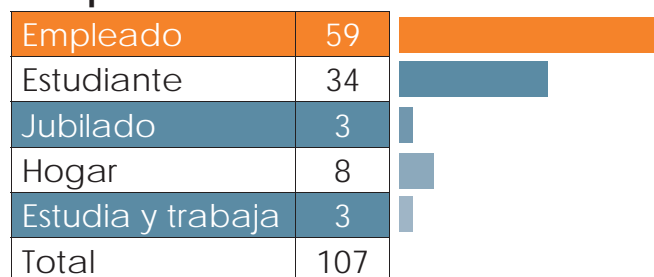


Sexo



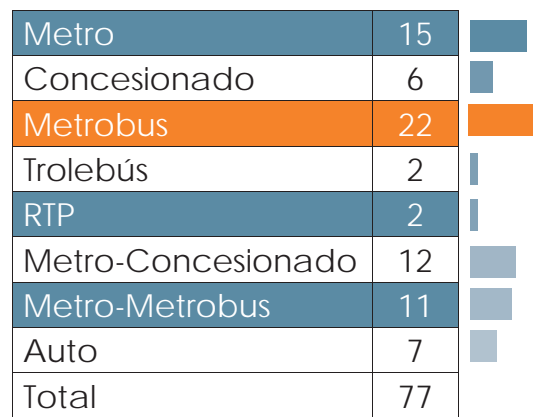
La mayoría de los usuarios tanto del metrobús como del tren ligero son jóvenes de entre 16 a 25 años lo que demuestra la creciente población joven del país.

Ocupación







Como lo muestra la gráfica la mayor parte de los usuarios es laboralmente activa, seguidos por un gran número de estudiantes que utilizan ambos medios de transporte para llegar a sus destinos.

Medio de transporte utilizado para llegar a su destino (Usuarios de metrobus)



A raíz de la desaparición de la ruta dos (transporte concesionado) y de los RTP por el corredor de Insurgentes, a los usuarios les quedó la única opción de utilizar el metrobús para transportarse por la avenida lo cual se refleja en la gráfica.









Medio de transporte utilizado para llegar a su destino (Usuarios tren ligero)

Metro	6	
Concesionado	5	
Tren ligero	11	
Metro-Tren Ligero	8	
Metro-Concesionado	5	
Total	30	

En el caso del tren ligero (Tasqueña-Xochimilco) este transporte compite con el concesionado en la misma avenida, por lo que los usuarios pueden elegir entre trasladarse en el tren o el microbús. Según la gráfica la gente tiende a utilizar más el tren ligero argumentando ser más rápido que el transporte concesionado (microbuses).

Otro punto que es importante es que el tren ligero y el metro permiten un trasbordo más fácil que el del transporte concesionado.

Tiempos de viaje para llegar al destino

10 min	6	
10-15 min.	6	
15-30 min.	25	
30-1hr.	30	
1 hr.	16	
1hr- 1hr 30 min.	12	
2 hrs	8	
más de 2 hrs.	4	
Total	107	

La mayoría de la gente tarda de quince minutos a una hora de trayecto a su destino. En el corredor de Insurgentes se presentó mayor tiempo para trasladarse de un punto a otro ya que un número considerable viene diario del Estado de México al D.F. a trabajar debido a la colindancia existente entre la última estación Indios Verdes y el Estado de México.

¿Que opina los usuarios del Metrobús?

a) Muy eficiente	25	<div style="width: 25%;"></div>
b) Eficiente	39	<div style="width: 39%;"></div>
c) Deficiente	10	<div style="width: 10%;"></div>
d) Muy deficiente	2	<div style="width: 2%;"></div>
Total	76	

Este sondeo mostró que este medio de transporte cuenta con amplia aceptación dentro de los usuarios considerándolo mayoritariamente un transporte eficiente.

¿Le gusta este medio de transporte?

a) Me gusta	64	<div style="width: 64%;"></div>
b) No me gusta	10	<div style="width: 10%;"></div>

Me gusta el Metrobús porque es:

a) Cómodo	9	<div style="width: 9%;"></div>
b) Rápido	24	<div style="width: 24%;"></div>
c) Limpio	6	<div style="width: 6%;"></div>
d) Seguro	7	<div style="width: 7%;"></div>
e) Carril confinado	10	<div style="width: 10%;"></div>

El carril confinado con el que cuenta el Metrobús le da rapidez al vehículo, este factor es el que más agrada al usuario. Entre otras opiniones de preferencia están: el paisaje que se ve desde el autobús, forma de pago de tarjeta, novedoso, accesible, etc.



Carril confinado del metrobús

¿Que opina los usuarios del tren ligero?

a) Muy eficiente	10	
b) Eficiente	21	
c) Deficiente	2	
d) Muy deficiente	0	
Total	33	

El tren ligero cuenta con una gran aceptación en los usuarios lo consideran la gran mayoría un transporte eficiente. Cabe mencionar que tiene más aceptación que el Metrobús.

¿Le gusta el tren ligero?

a) Me gusta	34	
b) No me gusta	0	

El 100% de los usuarios encuestados le gusta este transporte.

Me gusta el tren ligero porque es:

a) Cómodo	4	
b) Rápido	21	
c) limpio	4	
d)seguro	5	
Total	34	

La solución de librar el tráfico con un carril confinado le da rapidez al tren, tanto el tranvía en su tiempo como ahora el trolebús circulan con los demás automotores lo que hace su trayecto lento. En algunos casos tienen el carril confinado a contra flujo pero es poco respetado por los automovilistas.

Observando la gráfica este medio de transporte está bien evaluado por su rapidez. Entre otras preferencias están: económico, no contaminante y que va por la superficie.

Comparativo Metrobús-Tren Ligero

Metrobús

Tren ligero

¿Que es lo que NO me gusta de estos sistemas?

a) Lento	4	
b) Poco espacio	9	
c) Poca ventilación	5	
d) Insuficiencia en hora pico	6	

a) Lento	3	
b) Poco espacio	2	
c) Poca ventilación	4	
d) Insuficiencia en hora pico	3	
e) Intervalo entre trenes	2	

Debido a la diferencia de volumétrica entre el Metrobús y el tren ligero (metrobus 160 pasajeros, tren ligero 370 pasajeros), en el corredor de Insurgentes existe una gran insuficiencia en hora pico.

El poco espacio del metrobus es lo que menos gusta. Donde el balance espacio-demanda se ve por mucho rebasado en ambos sistemas. La ventilación es un problema que tienen los dos sistemas especialmente en horas pico.



En el tren ligero los intervalos entre tren y tren son más largos que en el metrobus aun así se ve muy rebasado por la demanda lo que nos hace pensar en vehículos con una mayor capacidad de usuarios para atender la demanda de ambos sistemas.


Otro de los problemas mencionados por los usuarios del Metrobús pero en menor medida están: impacto ambiental, emisor de ruidos, distancia entre plataforma y puertas.

Metrobús

Tren ligero

¿Considera fácil de usar este medio de transporte?

a) Sí	56	
b) No	18	
Total	74	

a) Sí	34	
b) No	0	
Total	34	

Debido a que el Metrobús es un sistema de transporte de reciente creación los usuarios aún no saben como funciona en su totalidad.

La principal complicación que surge es la forma de pago. Se requiere comprar de una tarjeta y abonarle a esta los viajes necesarios.

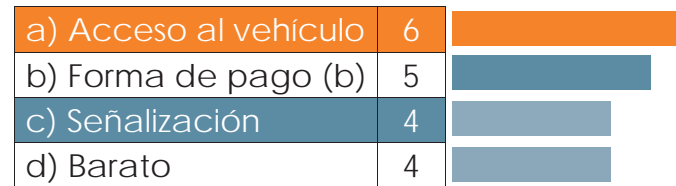
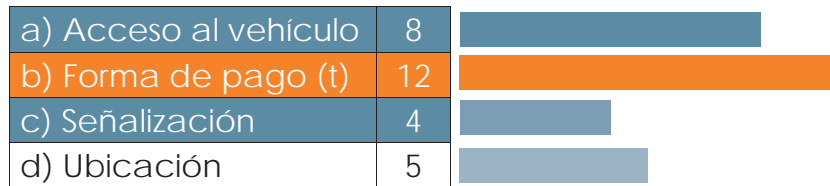
El tren ligero por tener más años en funcionamiento no experimenta ninguna complicación para el usuario.

La forma de pago es por boleto que se adquiere en la taquilla después es introducido al torniquete o en algunos casos a una alcancía.

Metrobús

Tren ligero

¿Que es lo que considera fácil de usar este medio de transporte?



En este gráfica se puede ver que la forma de pago por tarjeta tiene buena aceptación, sin embargo hay casos en que solo existe una máquina en servicio para recargar por lo que forman grandes filas de gente que retrasan el acceso al transporte.

El acceso al vehículo es lo que los usuarios consideran fácil, esto es también debido al tiempo que lleva operando el tren ligero. Además de que no requiere la compra de una tarjeta para su acceso, además de que lo consideran barato.



Sistema de pago por tarjeta



Forma de pago por boleto

Metrobús

Tren ligero

¿Que es lo que considera difícil de usar este medio de transporte?

a) Acceso al vehiculo	6	■
b) Forma de pago (tarjeta)	25	■
c) Señalización	8	■
d) Acceso Hora pico	12	■

La forma de pago sigue siendo lo más complejo del sistema del metrobús, mientras que el acceso a hora pico para ambos sistemas es un problema aún no resuelto. Cabe mencionar que el número de quejas es mucho mayor en el metrobús que en el tren ligero.

a) Acceso al vehículo	2	■
b) Señalización	2	■
c) Acceso hora pico	5	■
d) Máquina solo acepta de un lado el boleto	1	■

El caso del tren ligero el principal problema lo tiene en horas pico principalmente en las estaciones Tasqueña y Xochimilco es donde se concentra la mayor afluencia de usuarios.

Otros problemas en ambos sistemas radica en la distancia que hay que caminar hacia la estación para abordar los sistemas.

Metrobús

Tren ligero

¿Que modificaciones le haría a este medio de transporte?

a) Más largo	12	
b) Dos pisos	12	
c) Cambiaría asientos	8	
d) Música	8	
e) Más ventilación	8	
f) Aire acondicionado	6	
g) LCD indicador de estación	5	
h) Cambiaría el color	5	
i) Distribución de los asientos	4	
k) Tamaño de la ventana	4	
l) Más asientos	4	
m) Puertas corredizas	4	

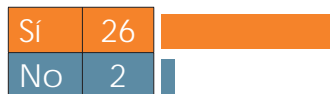
a) Más vagones	14	
b) Cambiaría el color	8	
c) Más asientos	5	
d) Pantalla indicadora de estación	6	
e) Aumentaría el tamaño de la ventana	4	
f) Música	4	

¿Estaría de acuerdo en ampliar este sistema en otras avenidas?

Metrobús

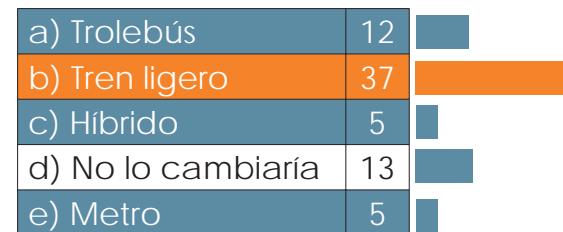


Tren ligero



Tanto el metrobús como el tren ligero tienen muy buena aceptación, los pocos usuarios que no están de acuerdo con la ampliación de estos sistemas, comentan que optarían por ampliar el Sistema de Transporte Colectivo Metro. Dentro de las avenidas más solicitadas están: Reforma, Tlahúac, Periférico, Edomex y Ermita (Eje 8).

Si existiera la posibilidad de tener otra opción en lugar de los autobuses articulados que usa el metrobus los cambiaría por:



Tren ligero como opción de transporte

Como se puede observar en la gráfica el tren ligero tiene la preferencia de los usuarios. Debido a su capacidad de expansión y a su rapidez lo hacen un medio de transporte muy competitivo que podría ser adaptable a las principales avenidas del país.

Modificaciones de diseño al metrobús

Más largo: Debido a la alta demanda de usuarios que hay en horas pico, la gente propone un vehículo más largo que los actuales.

Segundo piso: Fue la opción que plantearon los usuarios, cabe mencionar que esta respuesta no estaba contemplada en los campos pero por su alta demanda fue añadida.

Ventilación: Un problema no resuelto para ambos sistemas. En horas pico a los usuarios les parece asfixiante debido a la poca circulación de aire.

Color: El color del vehículo influye en el ánimo de las personas, por lo que la mayoría de la gente preferiría que se utilizaran colores cálidos al contrario del tren ligero donde los usuarios tienen preferencia por los colores fríos.

Puertas corredizas: Como las que cuenta el metro. Según experiencias de los usuarios, las puertas con las que cuenta el metrobús, son inconvenientes debido a que en horas pico, el momento de plegarse la puerta golpea a los usuarios, además de que son fáciles de abrir.

Modificaciones de diseño al tren ligero

Más vagones: En los sistemas de tren ligero existe la posibilidad de aumentar vagones según la demanda (hasta un máximo de cinco).

Pantalla indicadora de estación: Se puede solucionar con una pantalla LCD, o bien una forma más económica sería con LED o una calcomanía con íconos impresos. Muchos usuarios les resulta confusa la señalización de ambos sistemas debido a que desde la ventana no se ve el nombre de la estación. Otros usuarios preferirían mensajes de audio que les indique cual es la siguiente estación y del lado que abren las puertas.

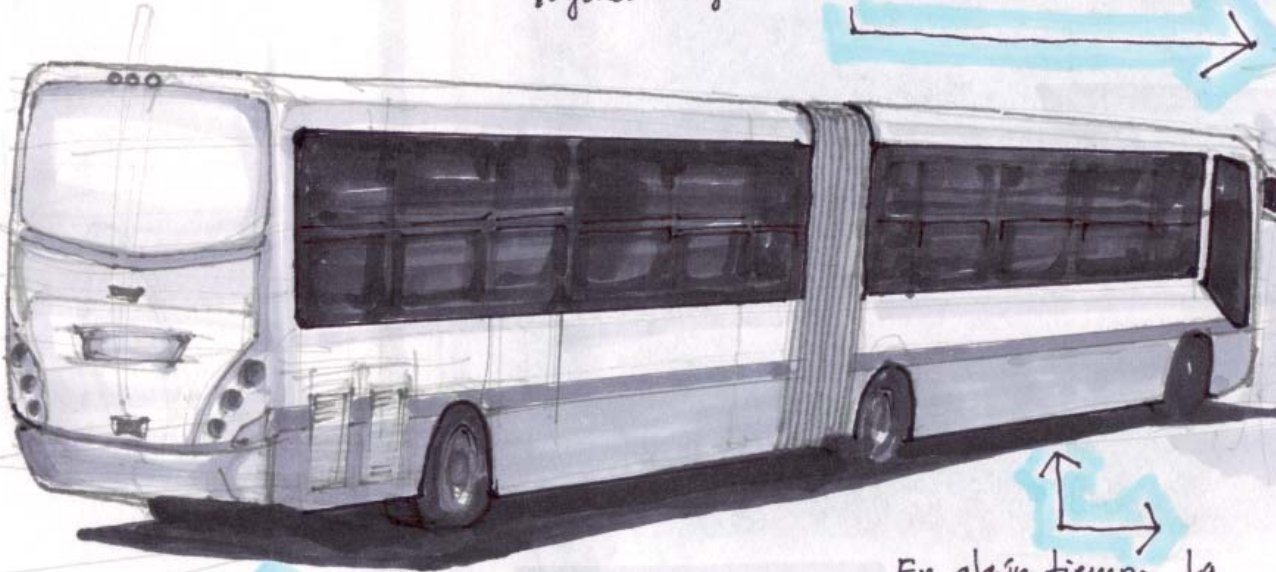
Tamaño de la ventana: La mayoría de los usuarios aumentaría el tamaño para ver la señalización, las calles y así poderse ubicar, además de contemplar el paisaje de la avenida.

Música: En este punto fue donde hubo una gran variedad de respuestas aunque la mayoría prefiere una música ambiental dentro del vehículo.

Asientos: Al igual que el metrobús, en cuanto a diseño los usuarios los preferirían más acojinados aunque reconocen que el mantenimiento sería costoso. En cuanto a la distribución a muchos les gustaría que fueran de barra (en lugar de módulos de tres) pero que tuvieran alguna textura antiderrapante. Debido a que los usuarios tienden a resbalarse en el momento de frenado de las unidades.

CAPACIDAD

El trolebús siendo un medio de transporte eléctrico por lo que no emite emisiones contaminantes. Se encuentra limitado por el espacio lo que le impide ser modulable como lo pudiera ser un tren ligero que se le pueden adherir vagones según la demanda.

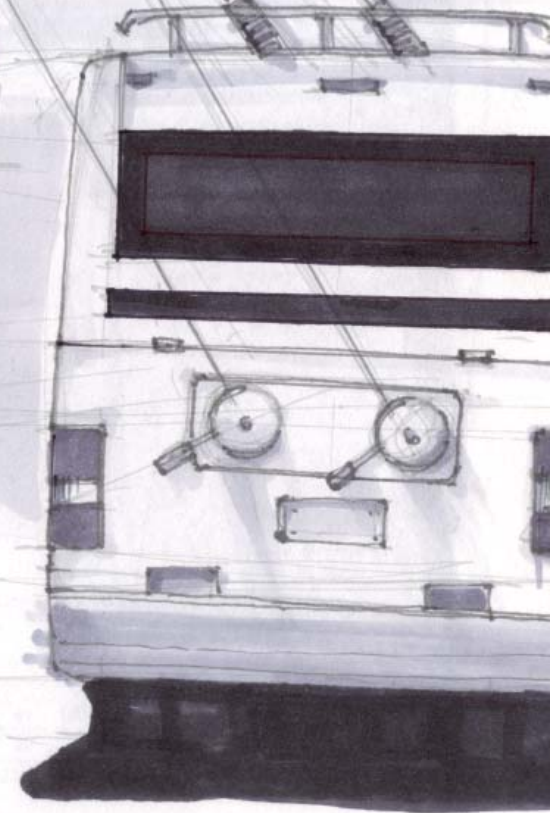


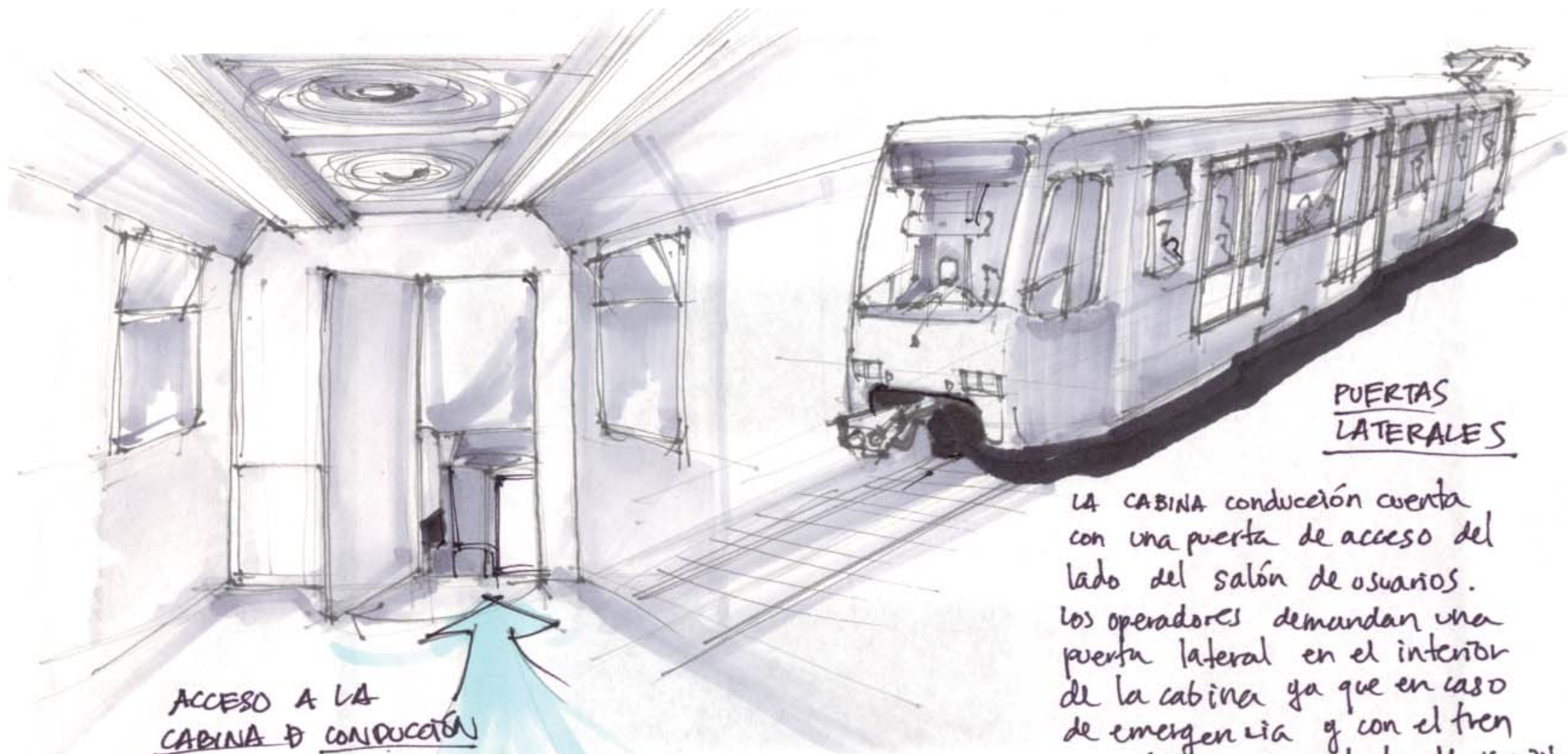
Tanto el metrobús como el trolebús son transportes de mediana capacidad.

- Metrobús 160 personas
- Trolebús 100 personas

Debido a la gran demanda de transporte ambos sistemas se encuentran rebasados por la demanda.

En algún tiempo la Cd. de México contó con trolebuses articulados como el (tro) metrobús ahora están en operación en Guadalajara.





ACCESO A LA CABINA DE CONDUCCIÓN

El acceso por el salón de usuarios es complicado debido a que el conductor tiene que lidiar con el usuario para entrar, además de que mientras está con el despachador el conductor es víctima del robo de sus pertenencias.

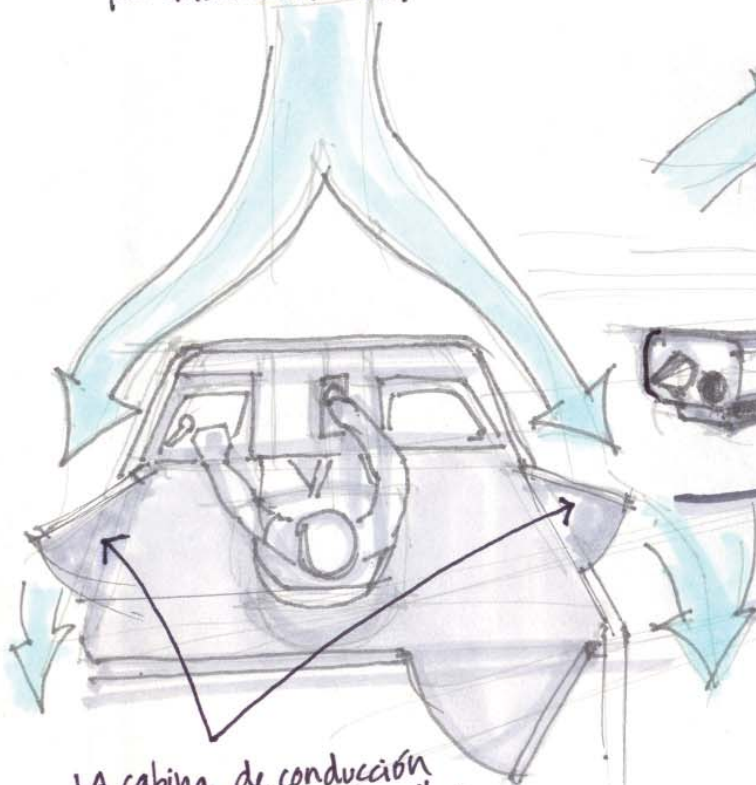
PUERTAS LATERALES

LA CABINA conducción cuenta con una puerta de acceso del lado del salón de usuarios. Los operadores demandan una puerta lateral en el interior de la cabina ya que en caso de emergencia y con el tren a su máxima capacidad de usuarios es difícil que el conductor pueda salir.

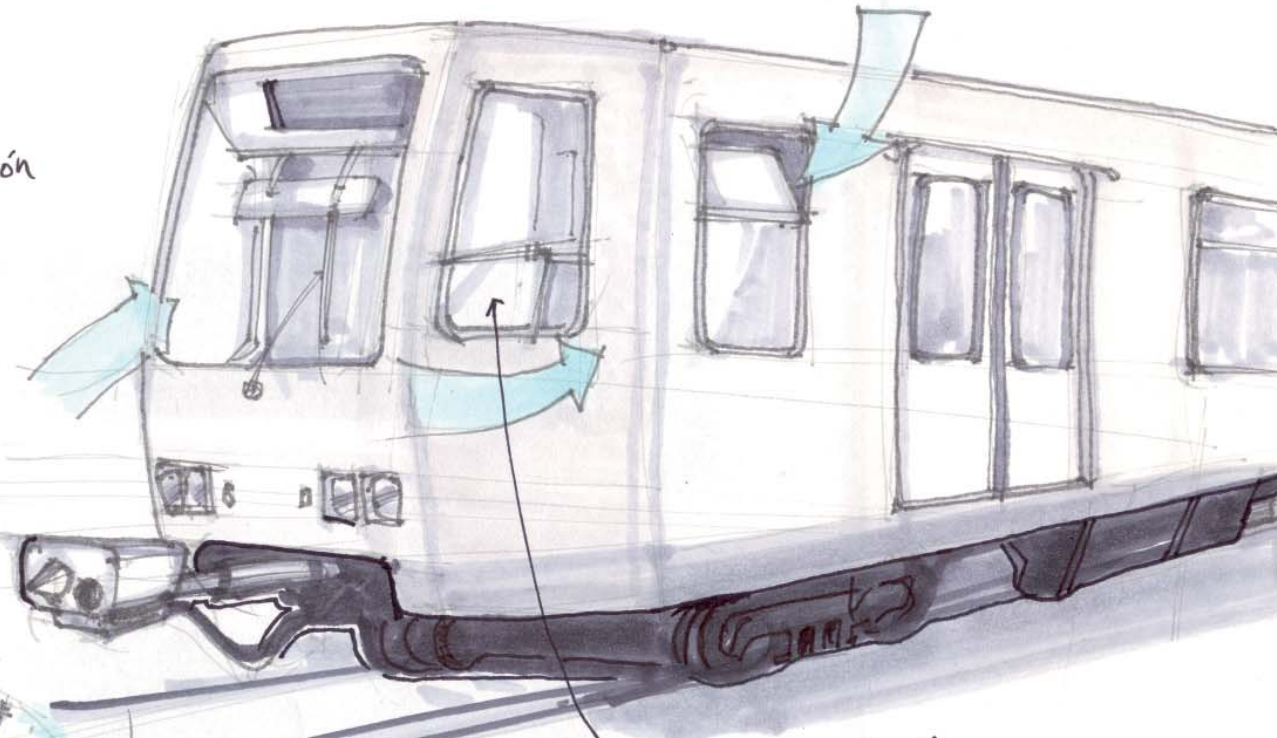
VENTILACIÓN DE CABINA

FLUJO DE AIRE

El principal problema de la cabina de conducción es la falta de ventilación que existen en ella.

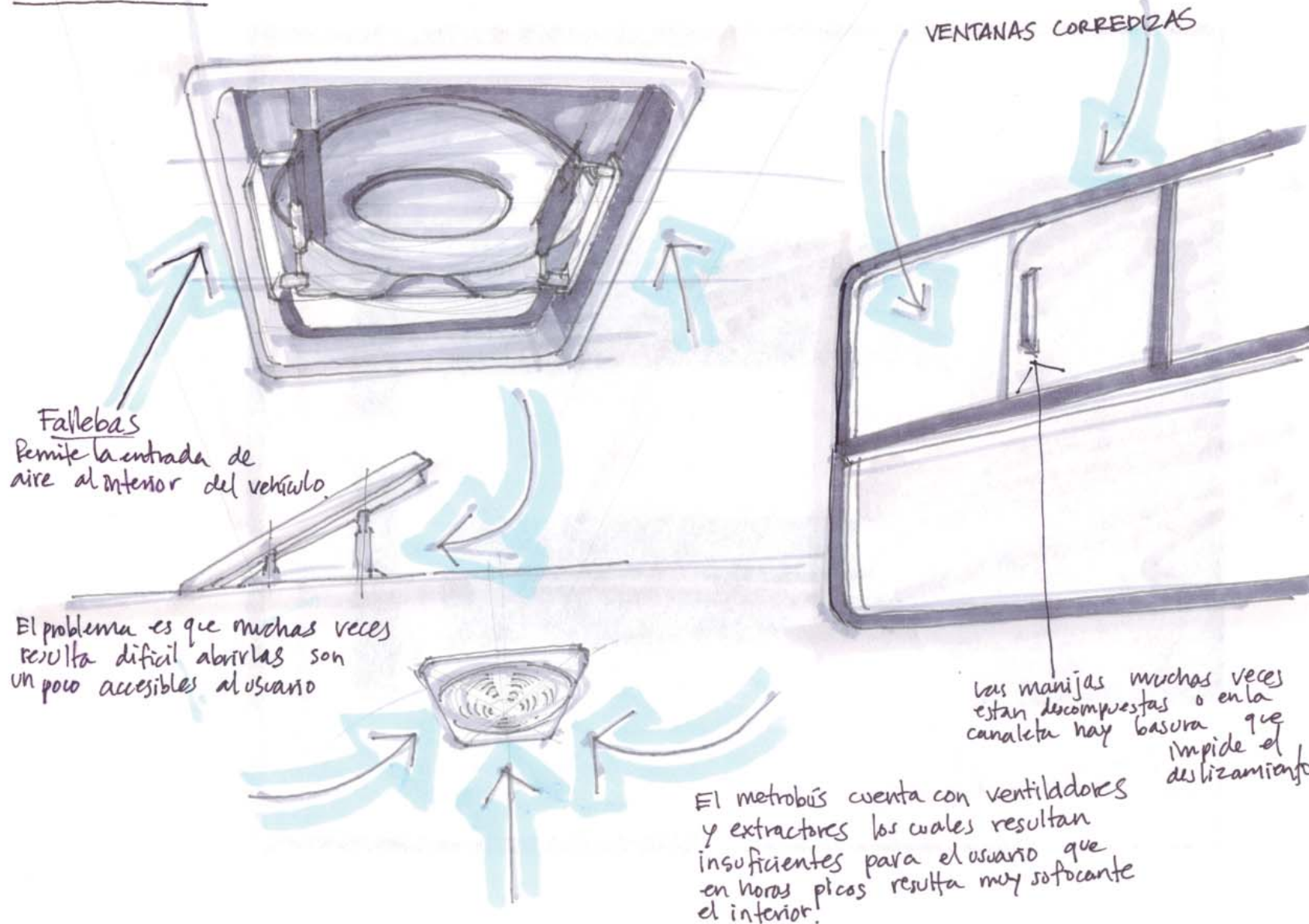


LA cabina de conducción cuenta con 2 ventanillas de "aleta" además de un ventilador interno (muy poco usado porque expulsa aire caliente)



La disposición de estas ventanillas de aleta no es la adecuada según los operadores que las prefieren corredizas en lugar de aleta ya que el flujo de aire no ventila la cabina

VENTILACIÓN

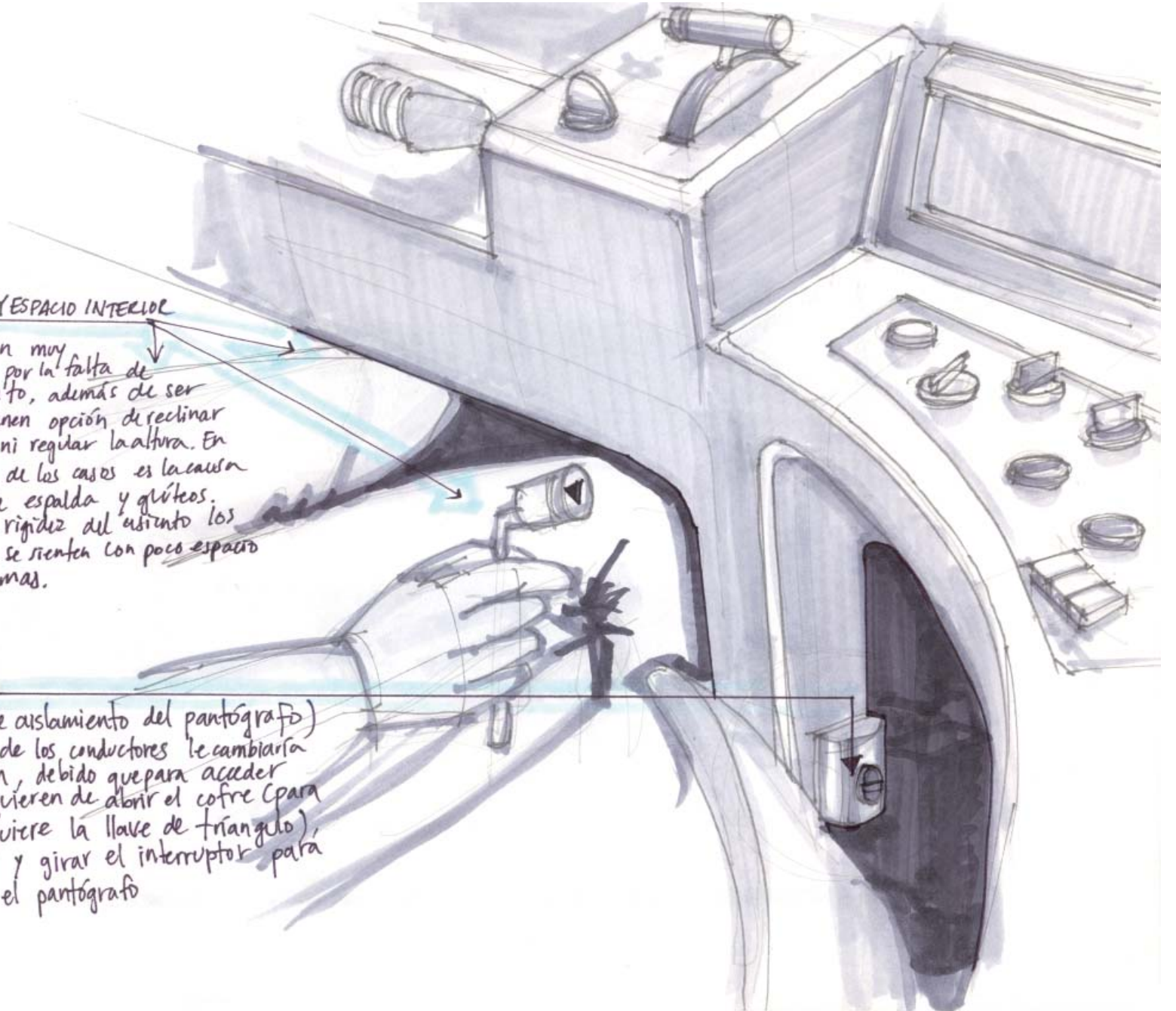


ASIENTO Y ESPACIO INTERIOR

Se encuentran muy deteriorados por la falta de mantenimiento, además de ser fijos no tienen opción de reclinar el respaldo ni regular la altura. En la mayoría de los casos es la causa del dolor de espalda y quitéos. Debido a la rigidez del asiento los operadores se sienten con poco espacio en las piernas.

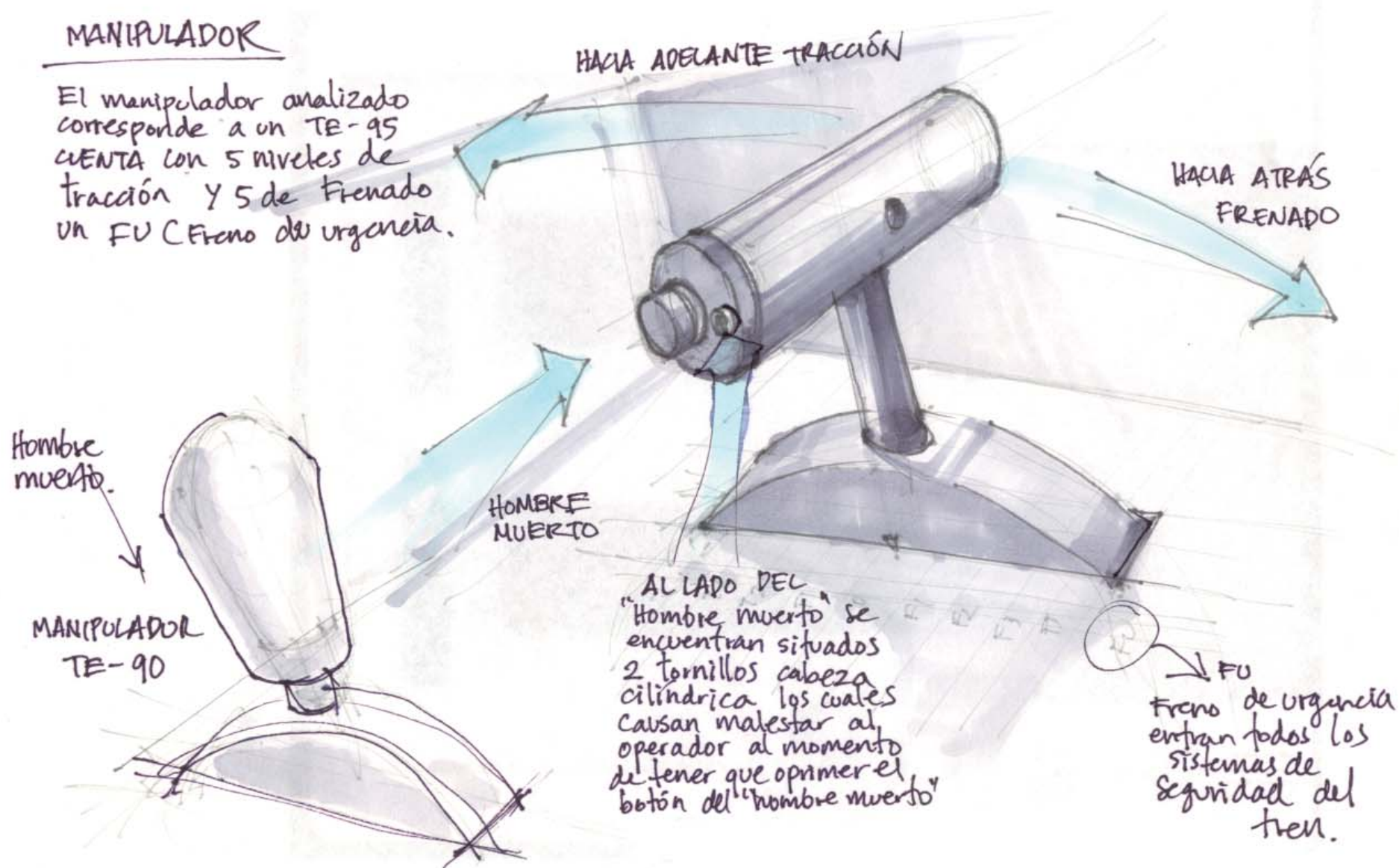
SAP

(sistema de aislamiento del pantógrafo)
La mayoría de los conductores le cambiaría su ubicación, debido que para acceder a él requieren de abrir el cofre (para esto se requiere la llave de triángulo), agacharse y girar el interruptor para que baje el pantógrafo



MANIPULADOR

El manipulador analizado corresponde a un TE-95 cuenta con 5 niveles de tracción y 5 de frenado un FU (Freno de urgencia).



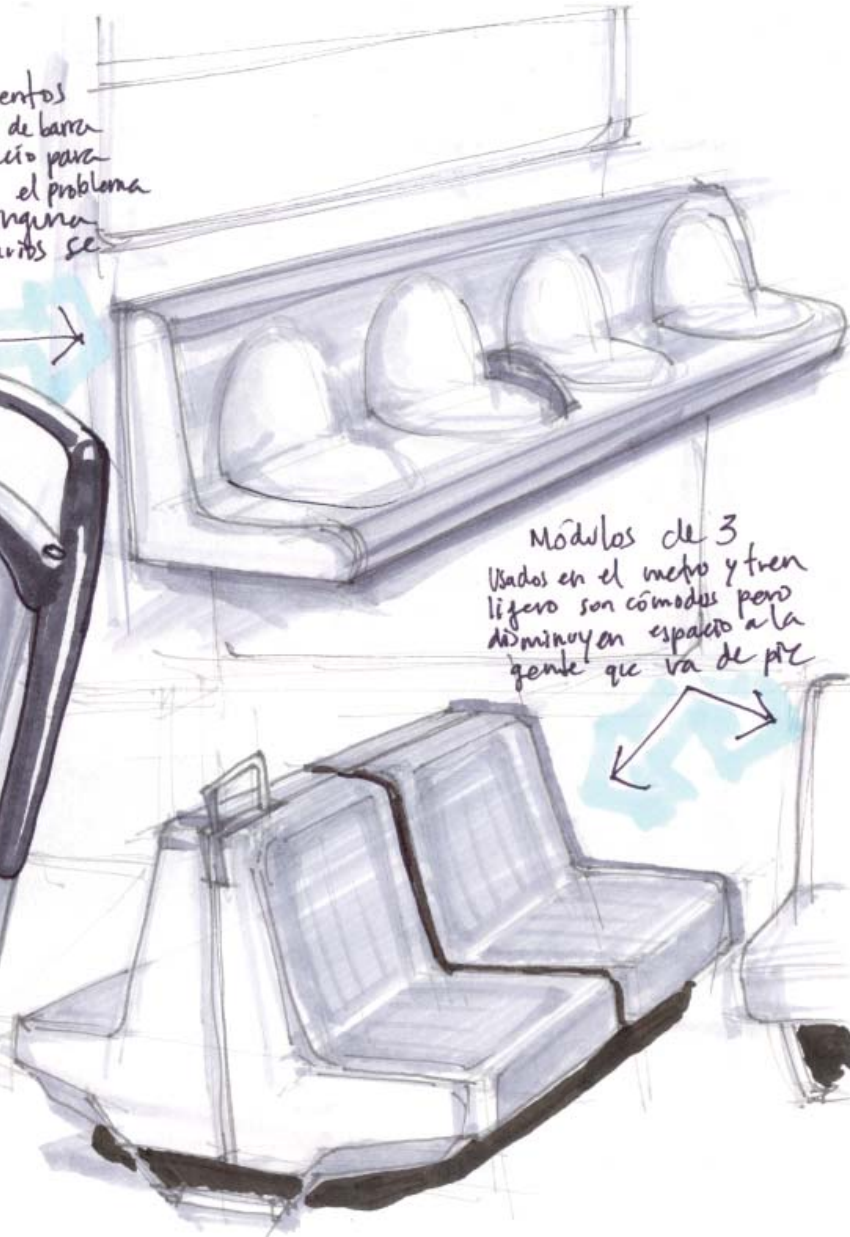
ASIENTOS

Los asientos del metrobús son buenos ya que sujetan bien al pasajero evitando que se resbale

La distribución de asientos del metro línea 2 es de barra permitiendo más espacio para la gente q' va de pie el problema radica q' no tiene ninguna textura y los usuarios se resbalan

Módulos de 3 Usados en el metro y tren ligero son cómodos pero disminuyen espacio a la gente que va de pie

El problema es la distribución interna de asientos en el metrobús



PARASOL

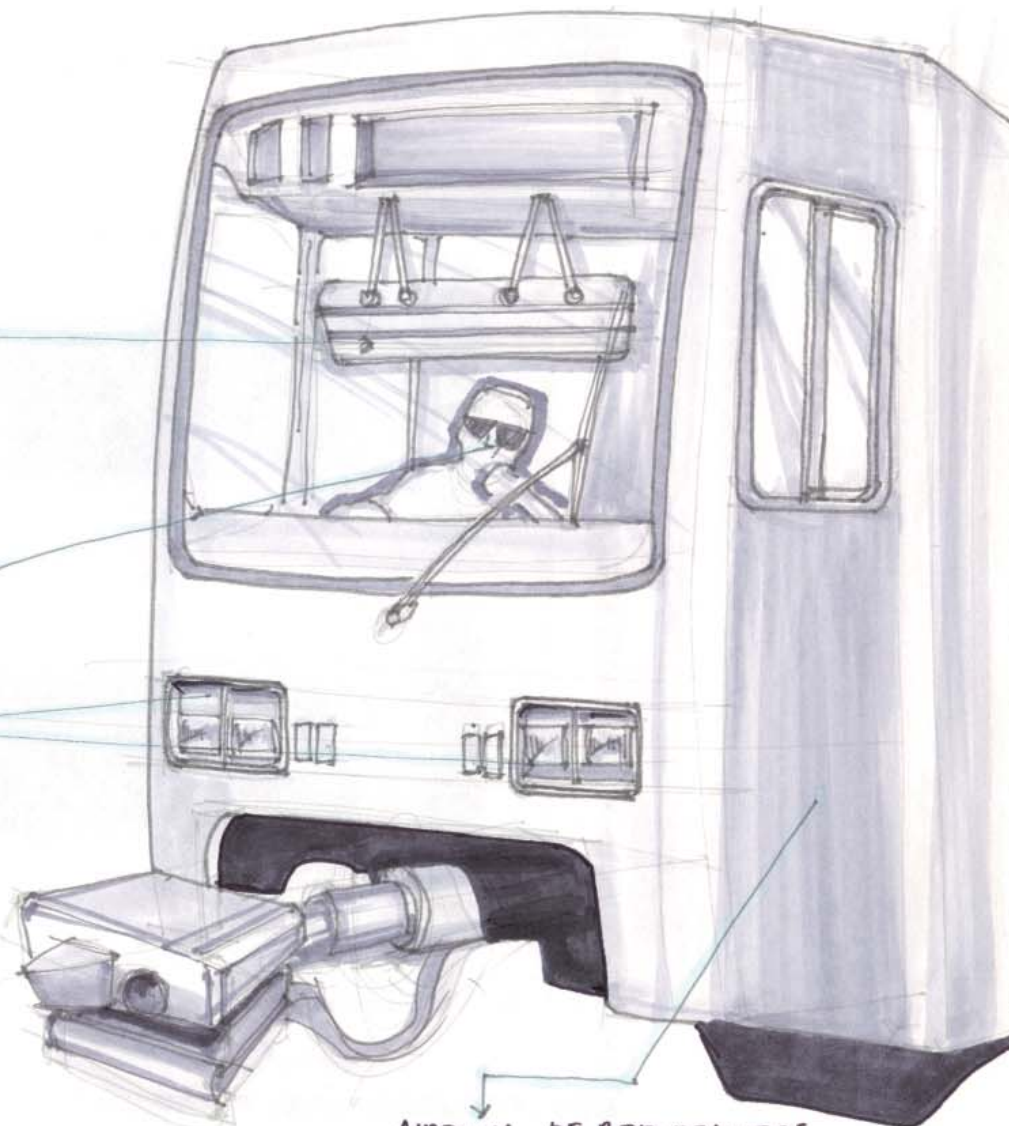
Es pequeño y fijo
no cubre al conductor de
los rayos solares y los
reflejos de los rieles

LENTE DE SOL

Medida tomada por los
operadores para evitar
reflejos y cubrirse de
los rayos solares

FANALES

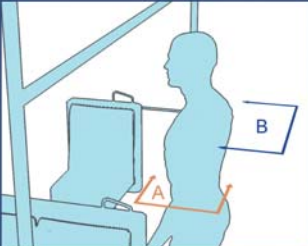
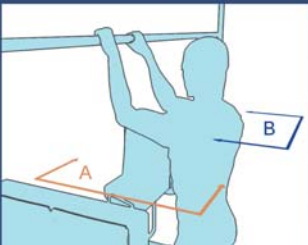
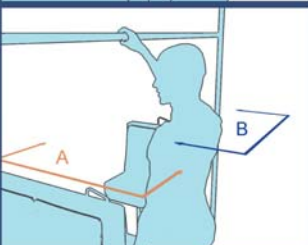
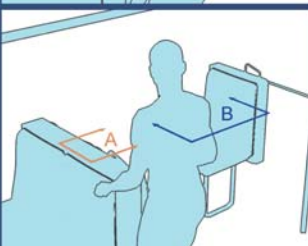
Poca visibilidad nocturna
son muy "opacos" y de
poco alcance por lo que la
mayoría de los operadores
considera la visibilidad
exterior inadecuada.



AUSENCIA DE REFLEJANTES

con reflectores exteriores en la carrocería
del tren los peatones y automovilistas
pueden tener más visibilidad del tren.

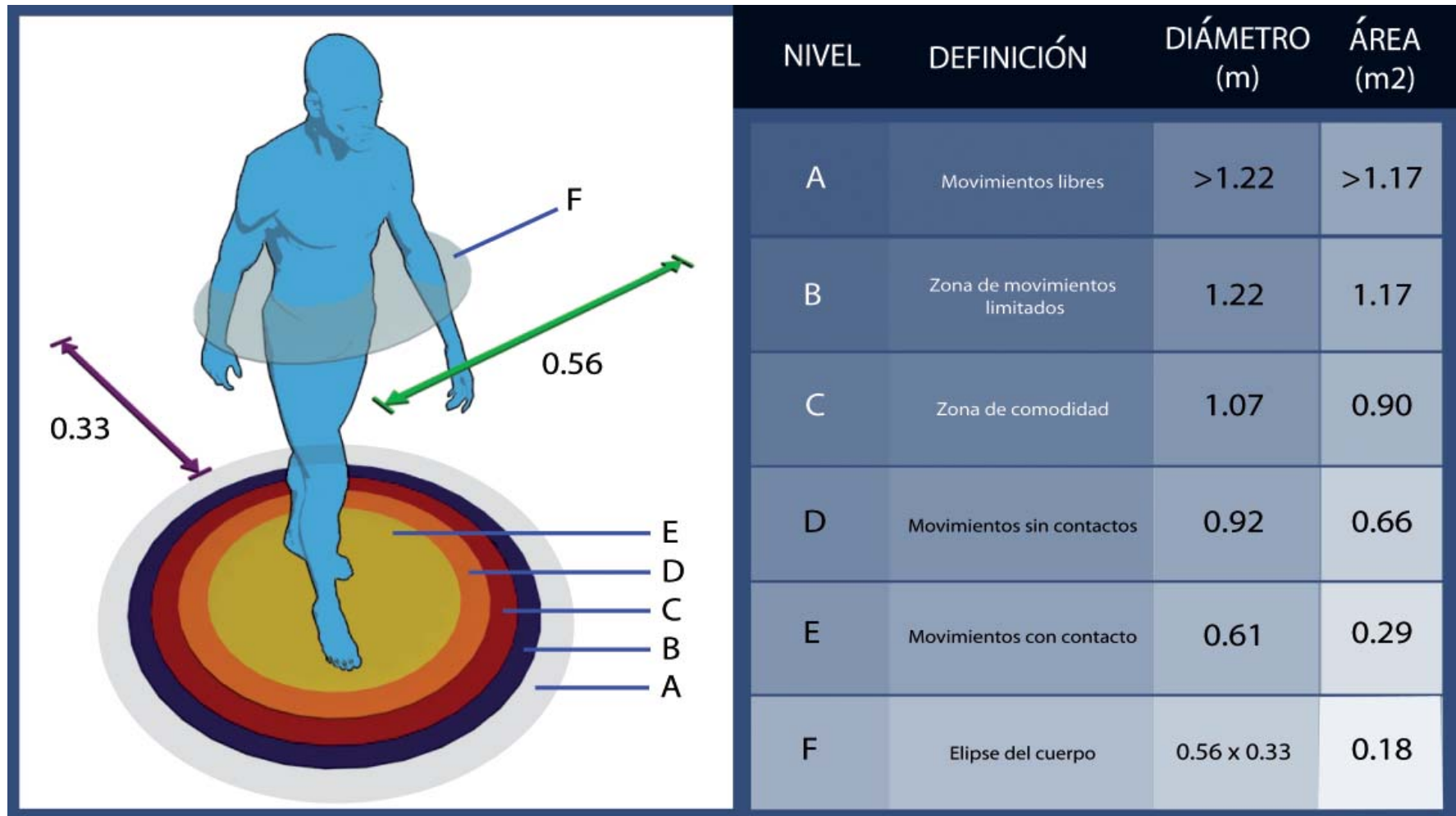
4.4 Lineamientos ergonómicos que debe cumplir el vehículo.

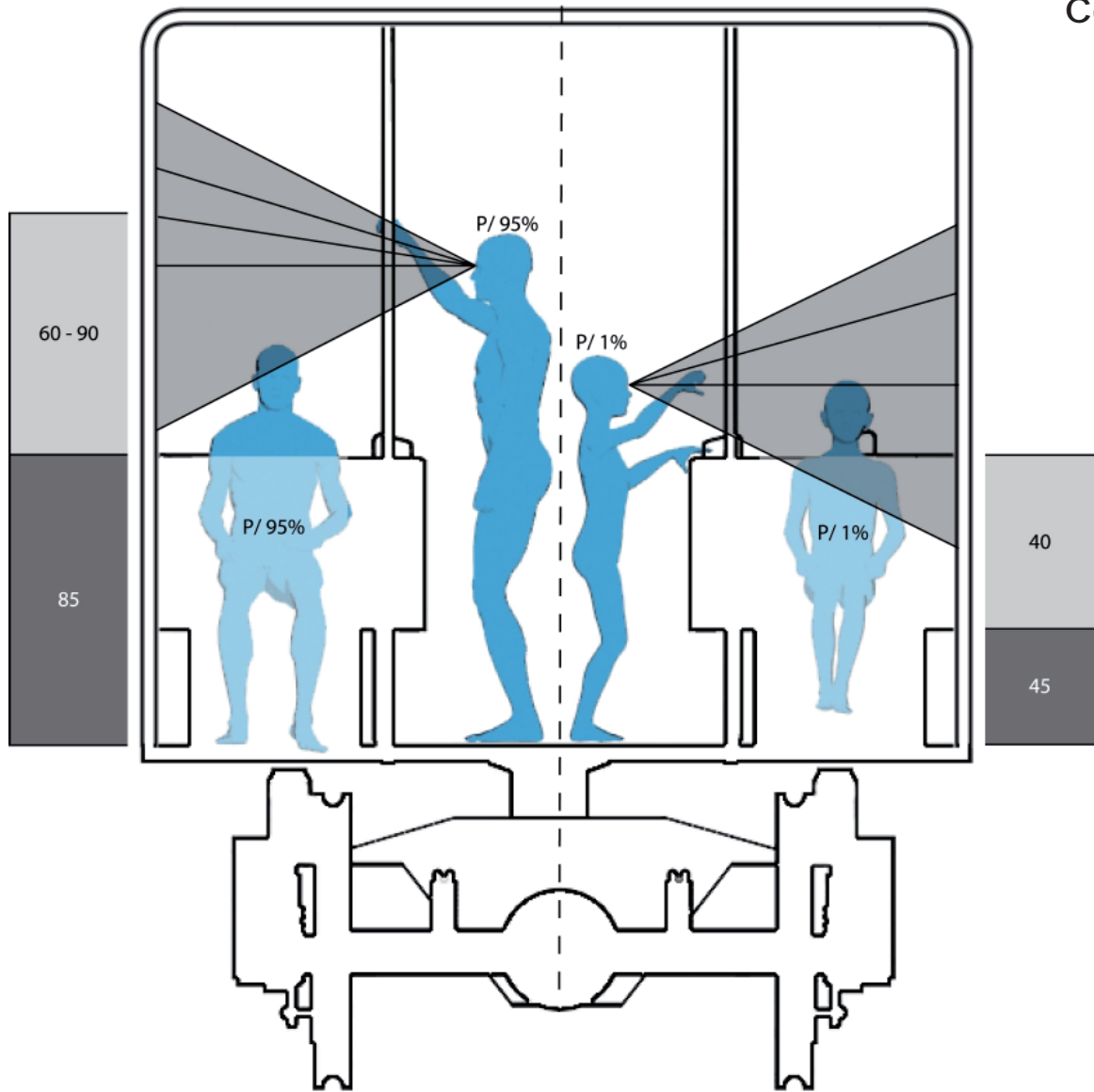
POSTURA	MEDIDAS GENERALES (m)		ÁREA (m ²)
	a	b	
	0.56	0.33	0.18
	0.81	0.45	0.36
	0.63	0.45	0.28
	0.56	0.60	0.34

En esta tabla se analiza las posturas del usuario y las respectivas medidas de cada una.

La cota A comprende el ancho de la postura y la cota B comprende el largo.

◀ Espacio ocupado en el interior del tranvía

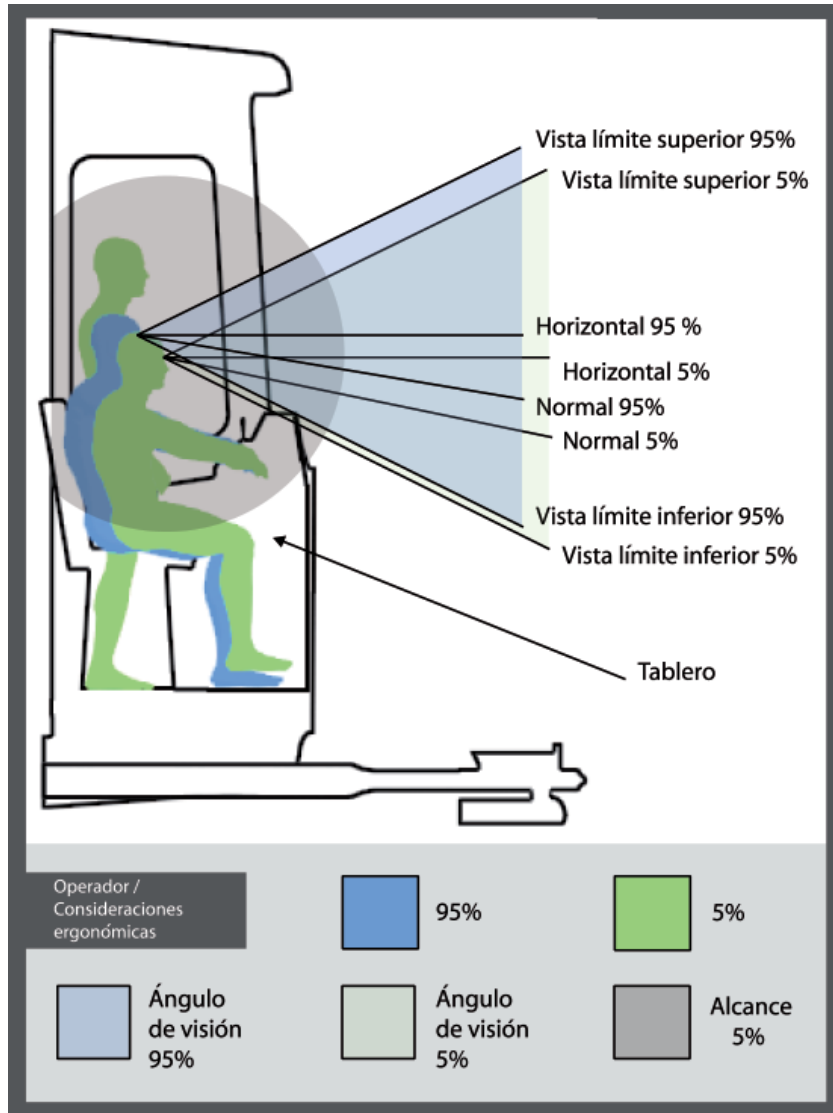




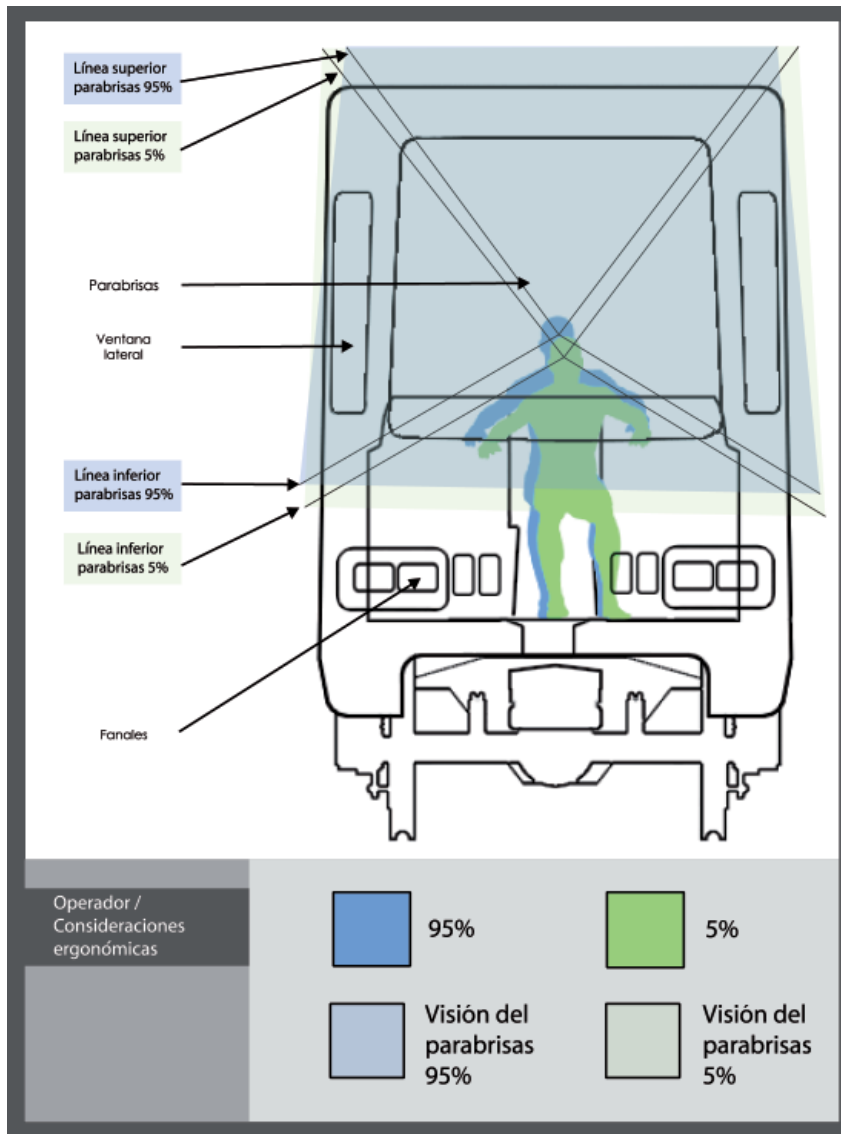
Corte transversal del salón de usuarios

Percentiles ocupados en el interior del tranvía, también se ilustran los ángulos de visibilidad del interior hacia el exterior que deben de tomarse en cuenta para el diseño del vehículo.

Corte longitudinal de la cabina de conducción



En este corte de la cabina de conducción se aprecia los ángulos de visibilidad y los percentiles ocupados. Estos requerimientos son necesarios para el diseño de cualquier cabina de conducción.



Vista frontal de la cabina de conducción

En esta lámina se aprecian los ángulos de visibilidad que se requieren en la cabina de conducción. Cabe mencionar que aún contando con las normas internacionales la cabina de conducción cuenta con problemas de visibilidad y de reflejos.

Los parabrisas deben de tener una forma tal que por las noches el conductor no vea reflejado en él el interior del tren iluminado.

Además de evitar reflejos no deseados es importante que el operador se encuentre protegido mientras realiza su trabajo. Un operador entrevistado nos comentaba que muchas veces en actos de vandalismo la gente arroja piedras desde los puentes peatonales a la cabina del tren ligero, muchas veces estrellando el parabrisas y poniendo en riesgo la seguridad del operador por lo que el nuevo diseño deberá de contemplar este tipo de percances de actos vandálicos.

Cabina de conducción

Las cabinas de conducción estarán concebidas de modo que el personal pueda realizar su función con eficacia y seguridad. Todos los elementos constitutivos de la cabina deberán ofrecer características de fabricación contra el vandalismo, condición que será confirmada durante la fase de la fabricación.

Las cabinas de conducción serán lo suficientemente amplias para que los movimientos del personal se efectúen sin dificultad, por lo que deberán evitarse obstáculos que dificulten dichos movimientos.



Cabina de conducción del tren ligero T-95 Foto: J. Antonio González

Parabrisas

En la cabina se instalará un parabrisas frontal plano que asegure al personal una excelente visibilidad de la vía y la señalización de acuerdo a los requerimientos establecidos en la norma UIC 617.7 o equivalente. El parabrisas será de cristal templado, laminado de seguridad y será entintado en su parte superior. El cristal se montará por el exterior de la cabina por medio de un sistema que garantice la fijación y estanqueidad permanente.

El parabrisas frontal deberá resistir impactos de acuerdo a lo establecido en la Norma UIC 651 o equivalente, así como los requerimientos indicados en la Norma SNCF ST 250 o equivalente.



Cabina de conducción del metro férreo FM-95 Foto: J. Antonio González

4.5 Perfil del producto.

Asiento del conductor

Será situado convenientemente para permitir al personal el acceso a todos los elementos necesarios para la conducción y control del tren; será cómodo, compacto y de posición regulable. El asiento formará un conjunto resistente y deberá fabricarse con materiales de calidad auto extingible. La fijación del asiento debe realizarse directamente al bastidor mediante un sistema de adecuada resistencia mecánica.

Pupitre de conducción

Cada cabina contará con un pupitre de conducción en el que se instalarán los aparatos de mando y control de los equipos diversos del tren. Con objeto de no sobrecargar el pupitre los equipos que no tengan un uso frecuente en la conducción podrán situarse en un panel superior con acceso directo a componentes, considerando la antropometría mexicana.

El conjunto del pupitre debe ser resistente, estético y hermético, los materiales empleados serán del tipo inastillable, fácilmente lavables, que no se decoloren con el uso y el tiempo además de ser resistentes a la abrasión.

Aparatos de mando

Los aparatos de mando de utilización frecuente estarán dispuestos de modo que puedan ser acciona-

dos cómodamente por el conductor desde su asiento. Los aparatos de control estarán situados frente al conductor de modo que queden dentro de su campo de visión y maniobra.

Las señales luminosas serán con LED's, con pantallas de cristal líquido o de un sistema equivalente que permita su visibilidad aún en plena luz diurna.

La disposición y montaje de aparatos dentro del pupitre de conducción será de modo que las operaciones de mantenimiento y sustitución de aparatos puedan efectuarse con facilidad. Los siguientes elementos y equipos deberán ser instalados en la cabina de conducción.

- Dos extintores colocados en lugar accesible y en posición vertical. Uno tipo ABC y otro de agua pulverizada. La fijación de estos será firme y de fácil desmontaje.
- Un limpiaparabrisas de accionamiento eléctrico, experimentado ampliamente en el campo ferroviario, con control de velocidad. Dosificador de agua y un mecanismo que permita su accionamiento manual.
- Un parasol tipo ajustable, que evite que el conductor no se deslumbre en vías superficiales.

- Dos conmutadores de freno de emergencia fácilmente accesibles.

Aspecto Exterior

Los vehículos estéticamente agradables predisponen al público a utilizarlos, mientras que vehículos sucios y con la carrocería en mal estado dan lugar a críticas y descontento entre los usuarios y su entorno. El usuario siempre busca una forma agradable de viajar, de esto radica la importancia de una forma estética del vehículo.

Algunos medios de transporte cuentan con publicidad tanto en su interior como en su exterior, en algunos casos exagerada impidiendo que el usuario vea su destino y por ende disfrute de los paisajes que ofrece la ciudad.

Con respecto a su mantenimiento debe de ser un vehículo que facilite su limpieza exterior, un vehículo limpio será muy bien aceptado por la sociedad.

Visibilidad desde el interior del vehículo

Es importante que los usuarios dentro del vehículo vean perfectamente el exterior ya que solo así se pueden ubicar por donde circulan para prepararse para bajar cuando se acercan a su destino. En caso de

México los pasajeros de pie son los que se encuentran en peores condiciones, especialmente las personas percentil 90 y 95. Es por ello que por norma es necesario que las ventanas laterales y la traseras se encuentren al menos 1.80 metros sobre el piso del área destinada a los usuarios de pie.

El perfil de usuario Ise puede ver en el capítulo 4 en el subtema 4.3.1 (Sondeo a los usuarios del Metrobús y tren ligero)

Entorno de la Ciudad de México	
Entorno socioeconómico	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de los ciudadanos clase media a baja • Falta de recursos económicos en las delegaciones • Deficit en la oferta de servicios de transporte en algunas delegaciones y en otras demarcaciones sobreexplotado. • Crecimiento económico nacional basado en remesas y dependencia de los altos precios del petróleo. • Dependencia tecnológica
Transporte urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Planes maestros con horizonte a 2020, sin embargo del plan maestro del metro y tren ligero no se ha aumentado en los últimos 6 años. • Preferencia al crecimiento de infraestructura para automóviles. • Sobreexplotación de unidades así como en algunas delegaciones insuficiencia.
Intervención estatal en el transporte urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Subsidios en los medios de transporte urbano (metro, RTP, STE).
Servicio urbano masivo	<ul style="list-style-type: none"> • Operado con fines lucrativos y con poca visión a futuro. • Sin integración con el entorno urbano. • Operado con tipo de vía C (tránsito mixto) compartido con automóviles privados, restándole velocidad al transporte público.
Criterio tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría del transporte público masivo, importado. • Desarrollo tecnológico sin promoción y con pocos recursos.

5.1 Bitácora gráfica, bocetos de interiores y exteriores

En este capítulo, se propone el tranvía del siglo XXI para la ciudad de México, con el fin de devolverle a la ciudad un medio de transporte que desapareció hace más de 25 años.

Se propone un tranvía de tres vagones articulado de piso bajo, que circulará en los carriles centrales de los corredores con más afluencia de pasajeros. Correrá en un carril confinado como lo hace el metrobús y el tren ligero (derecho de vía Tipo B referencia subtema 2.1).

En este capítulo veremos las tendencias estéticas del siglo XXI, cuales son y como se manifiestan en el diseño del nuevo tranvía.

En el capítulo 4 se trataron los principales problemas de lo más cercano que tenemos en la actualidad a un tranvía que es el tren ligero TE-90 y TE-95. Por medio de encuestas y sondeos se muestran las modificaciones que se le pueden hacer a la cabina y al interior y exterior del vehículo de lo cual se retomará lo siguiente:

Diseño conceptual:

- Diseño exterior
- Diseño exterior de la cabina de conducción

En esta bitácora, gráfica se muestran una lluvia de ideas del tren ligero de piso bajo para la ciudad de México. Los medios utilizados para representar es plumnón, tableta digitalizadora y render.

Se organizaron cronológicamente: las primeras dos cifras indican el año, las dos de en medio el mes y las dos últimas el día.

Ejemplo:

05	06	16
a ñ o (2005)	mes	día

Cada una de las propuestas fueron analizadas por el director de tesis y los sinodales, comentando los puntos a favor y en contra de cada una de las propuestas, hasta elegir una que es la que se analizará en los siguientes subtemas.



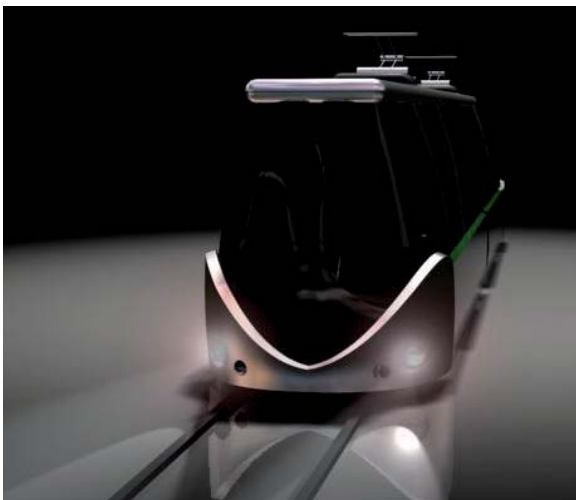
050531



050531



050602



050531

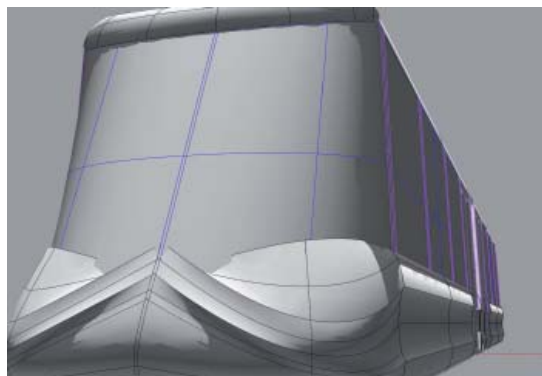


050602

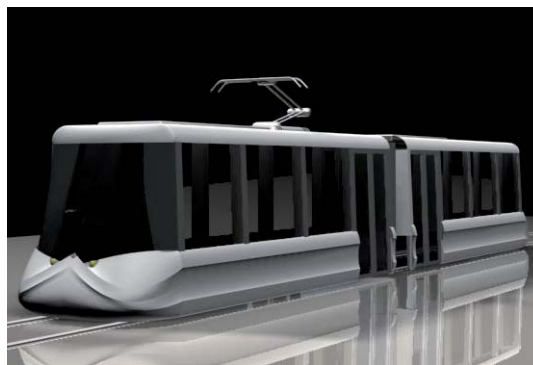


050602

Capítulo 5 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México



050606



050606



050608



050613



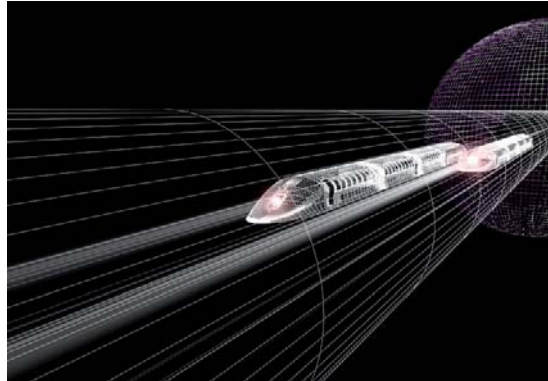
050613



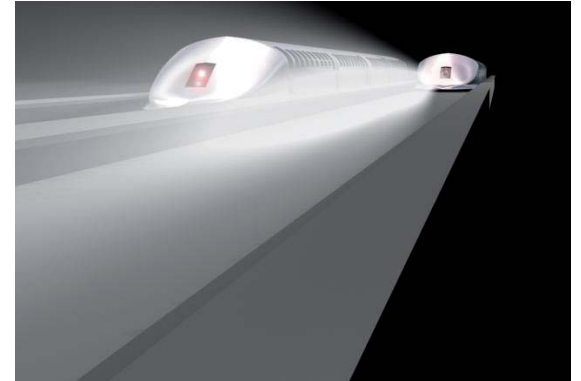
050613



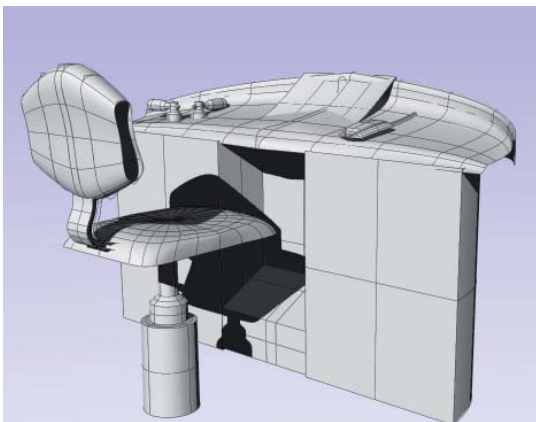
050704



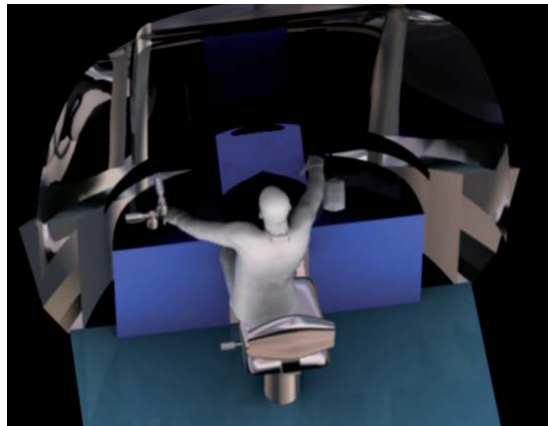
050704



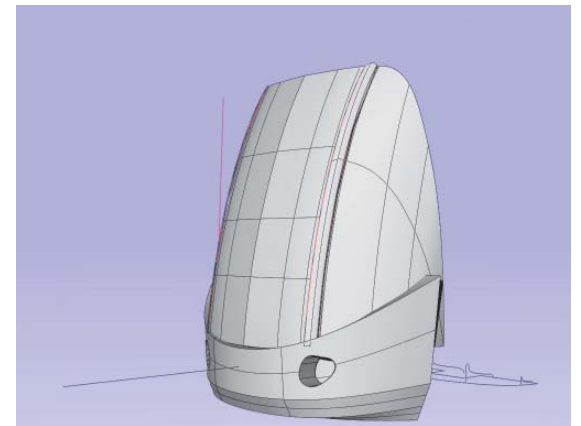
050704



060311



060311



060311

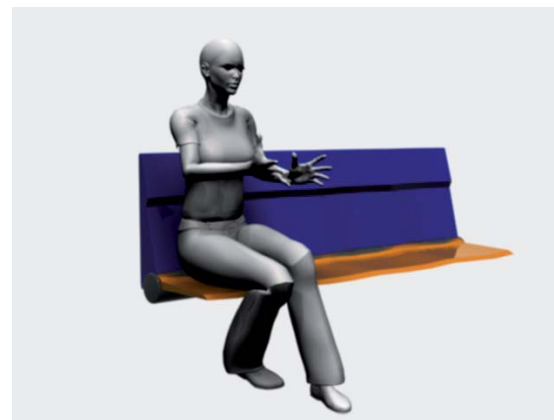
Capítulo 5 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México



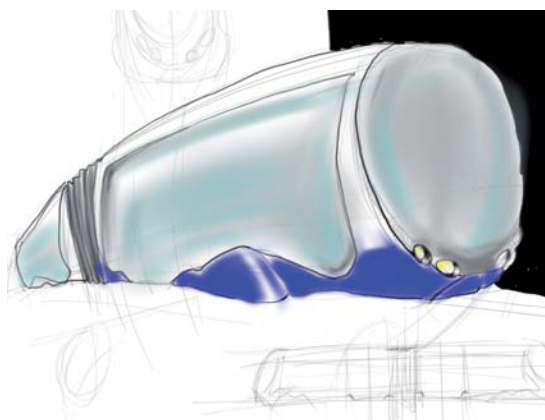
060712



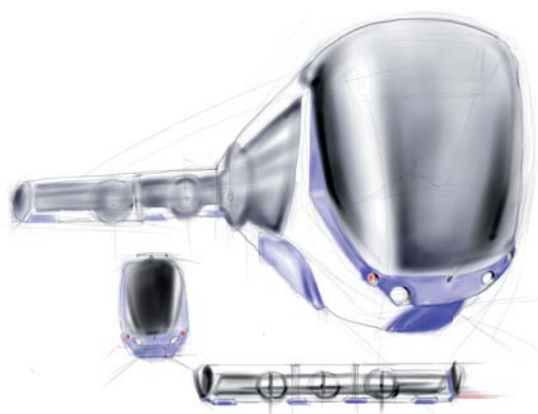
060712



060712



060831



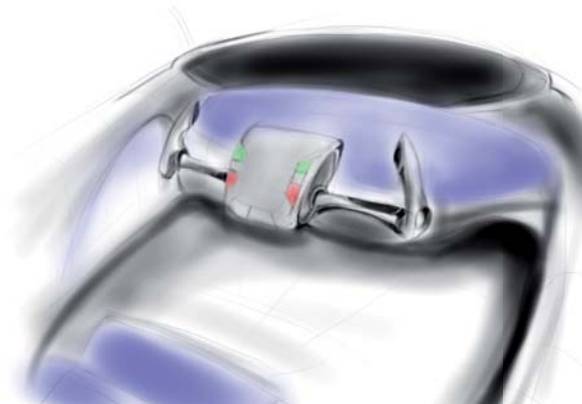
060901



060904



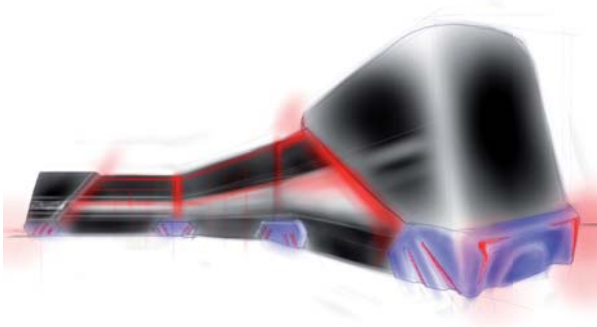
060906



060907



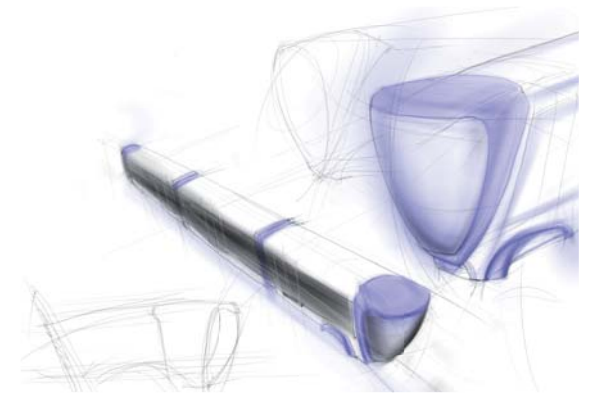
060911



060911



060912



060916

5.2 Factores estéticos el chapulín

El chapulín cuenta con una marcada identidad nacional, hay varias palabras que se derivan de este insecto como lo es *Chapultepec* que significa en náhuatl: cerro del chapulín.

En la actualidad hay varios lugares que utilizan al chapulín como ícono del lugar como es el zoológico de Chapultepec o el ícono de la estación de metro Chapultepec de la línea 1 de STC metro.

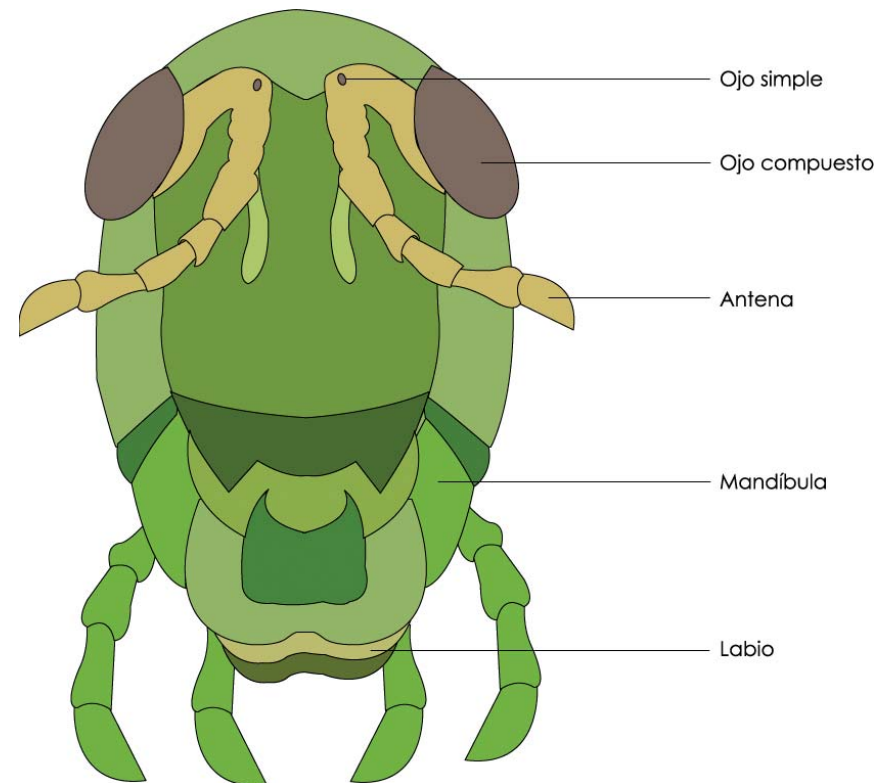
Se escogió este insecto por la gran identidad que tiene en México, el cual es significativo desde lugares hasta platillos culinarios.



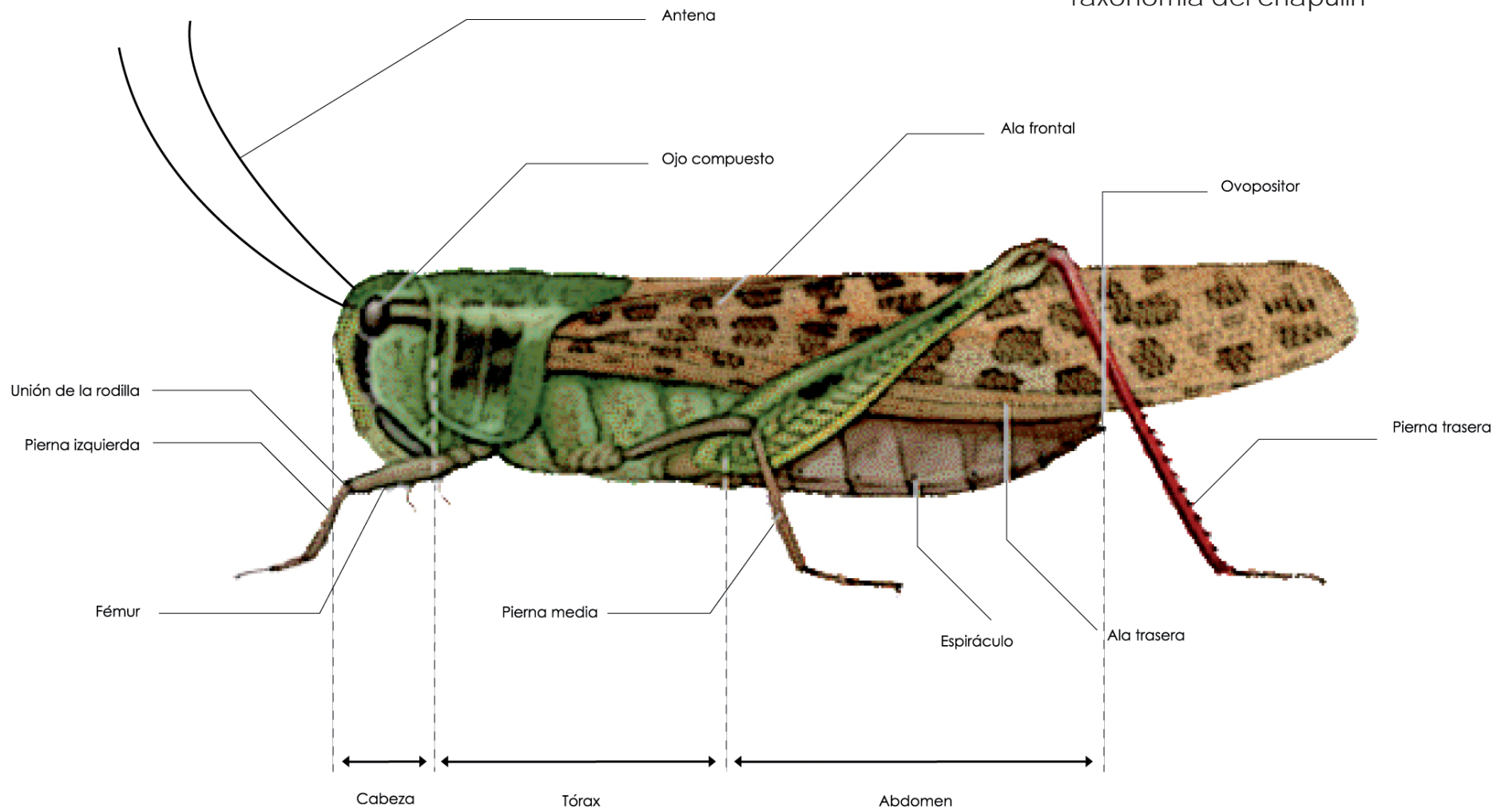
En este subtema se analiza su anatomía para extraer códigos visuales que se reflejarán en el diseño del nuevo tranvía.

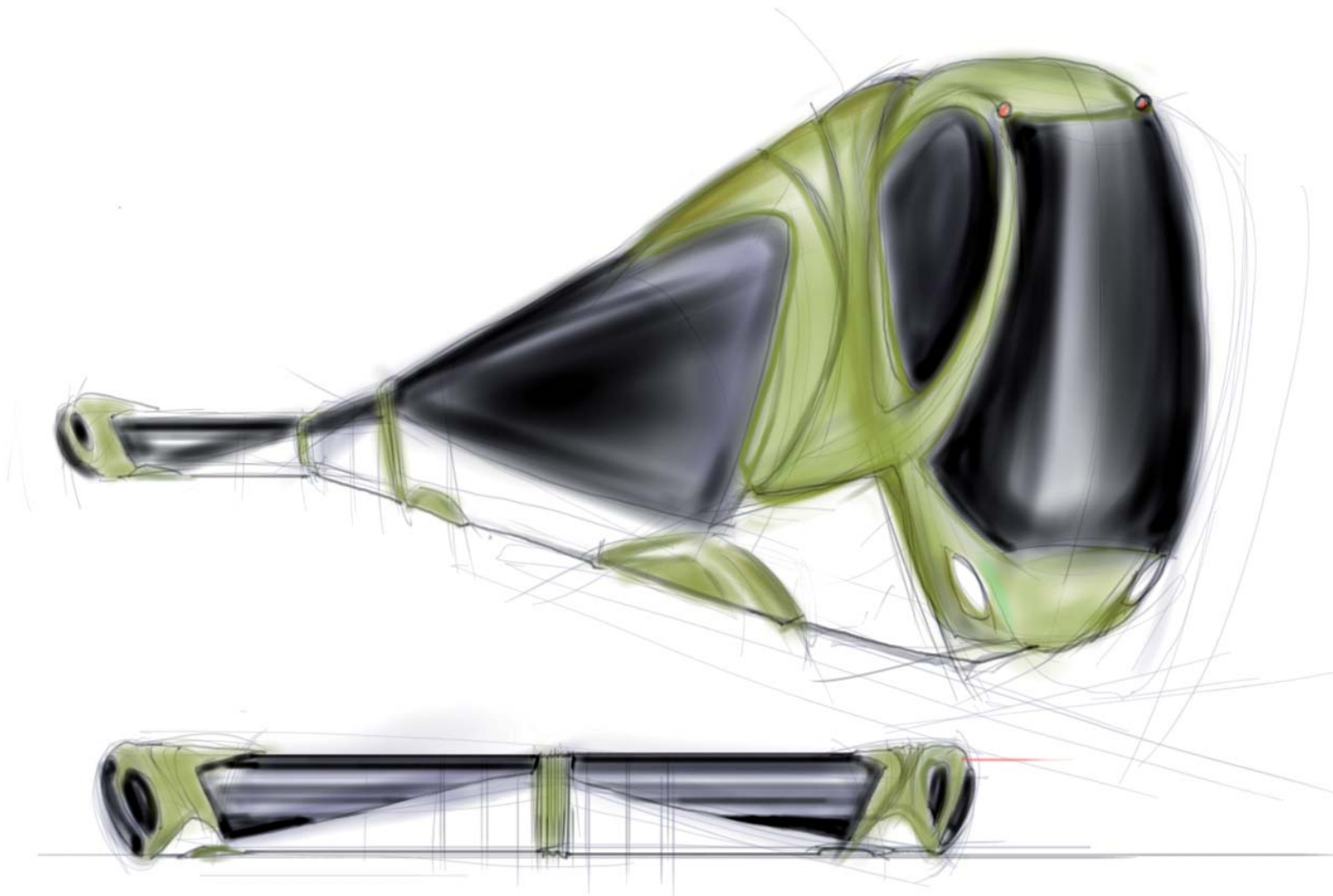
Anatomía del chapulín

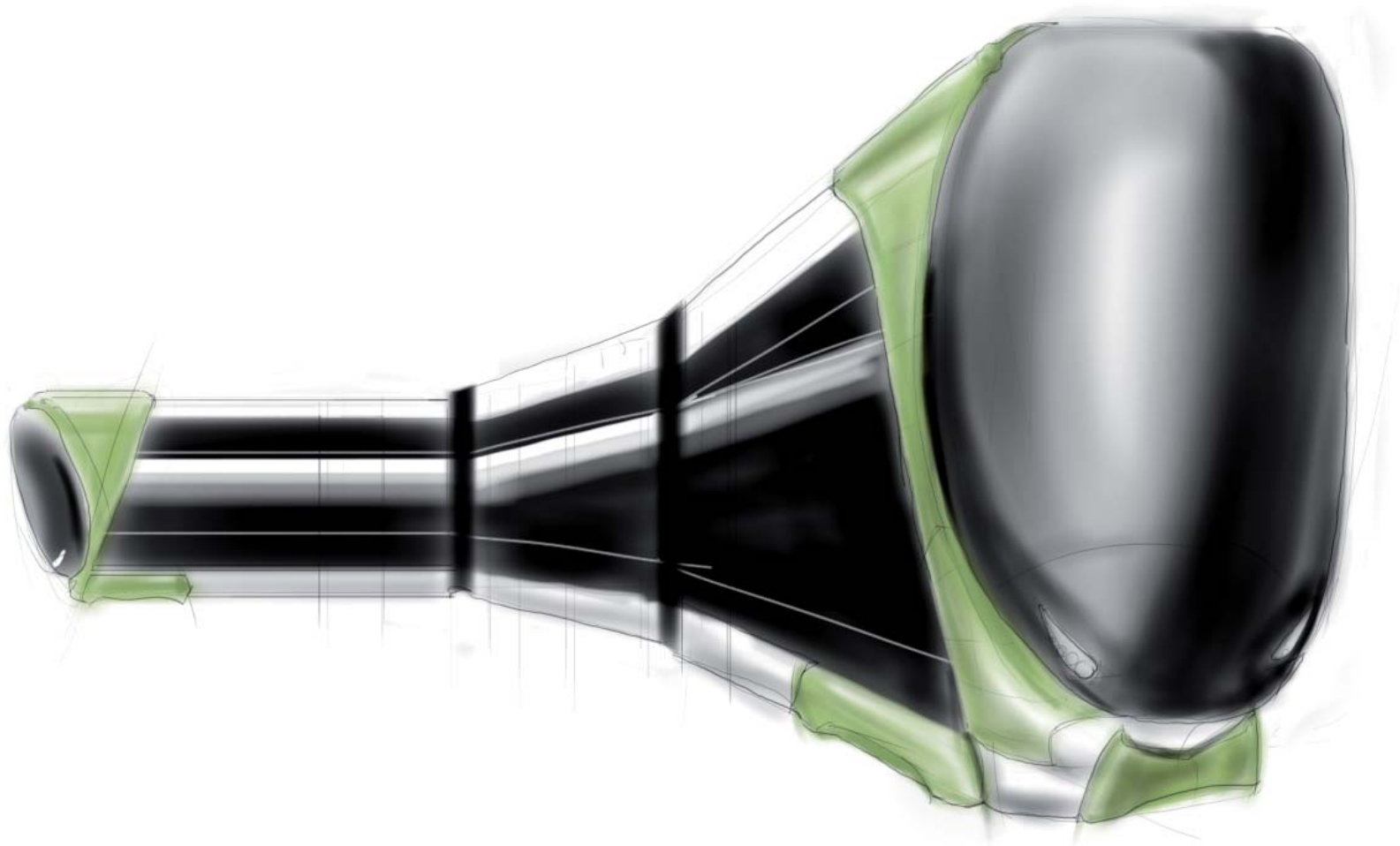
VISTA FRONTAL

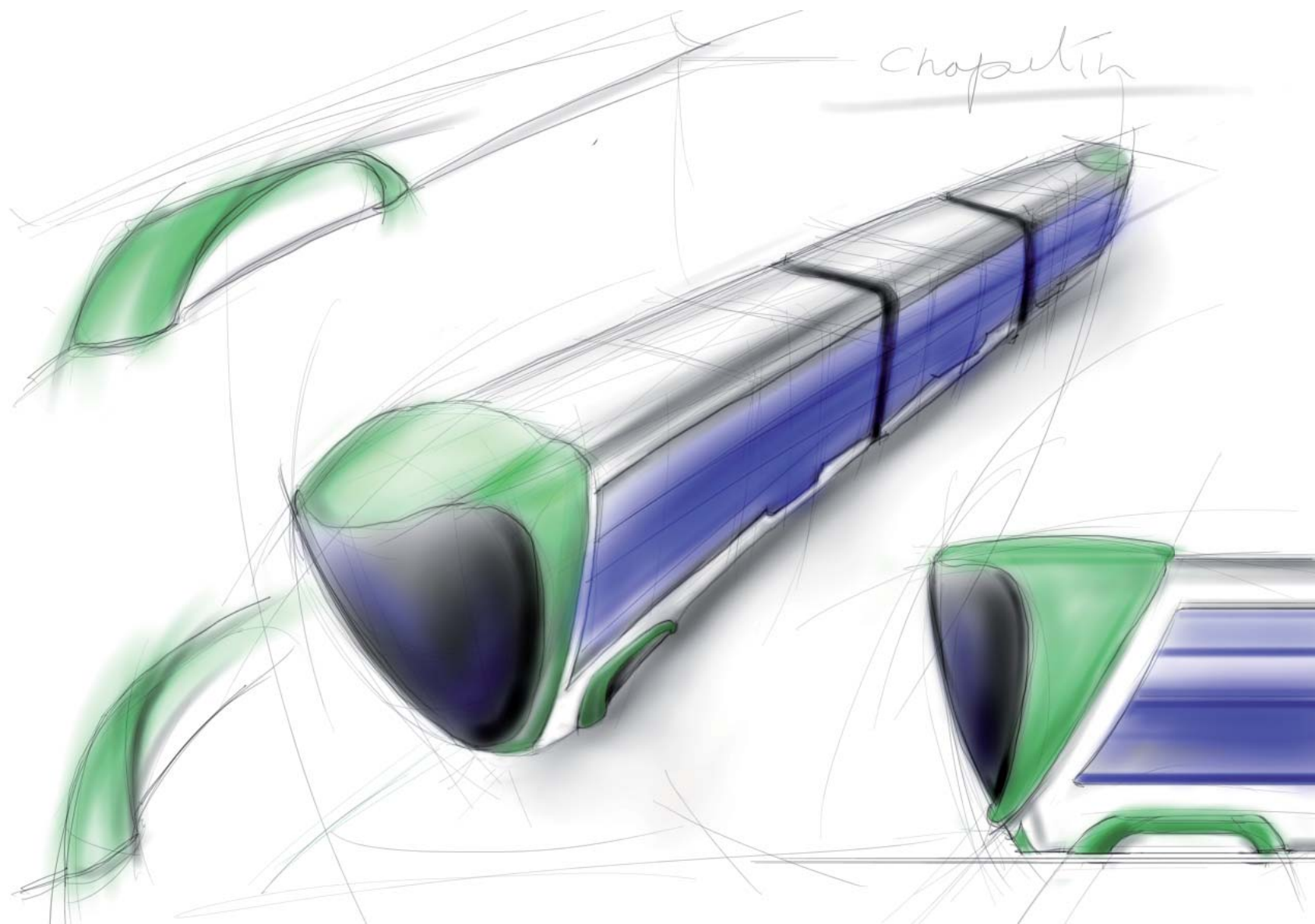


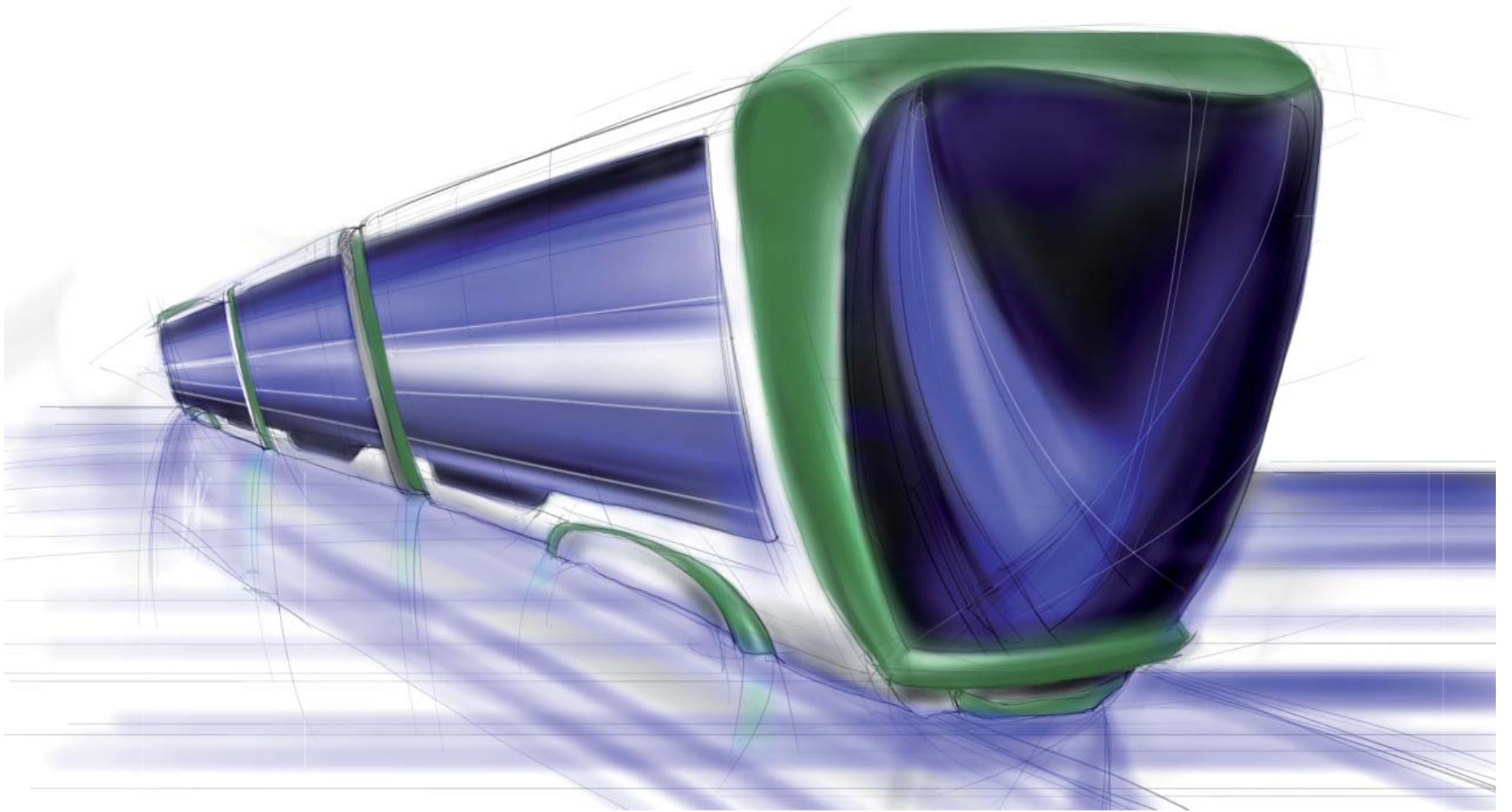
Taxonomía del chapulín

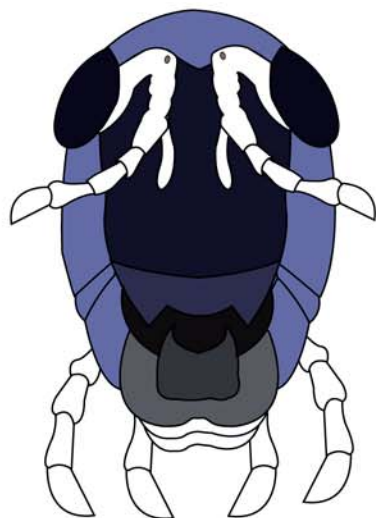








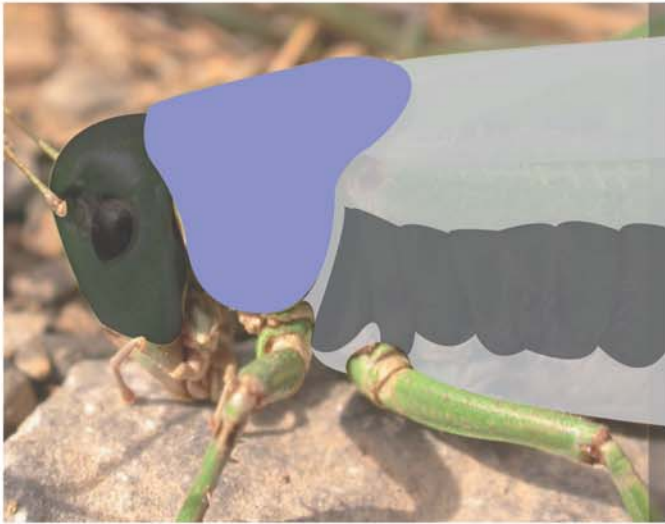




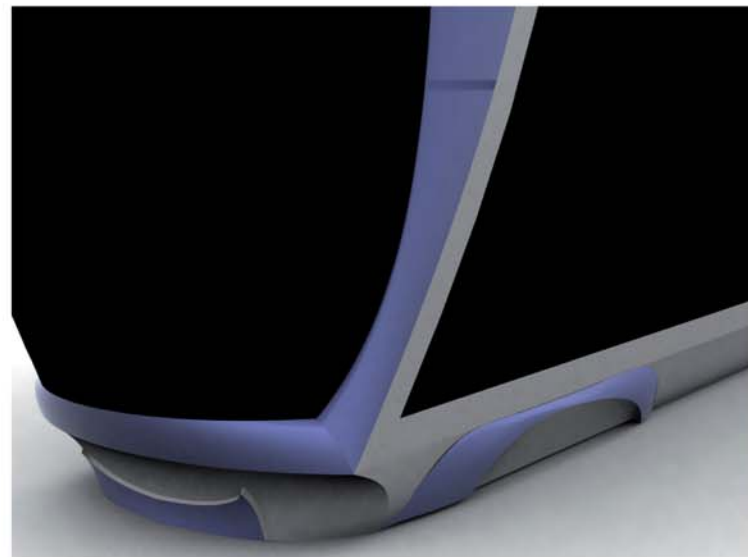
Proceso de evolución frontal



Proceso de evolución lateral



Proceso de evolución vista aérea



Proceso de evolución de la cubierta del truc

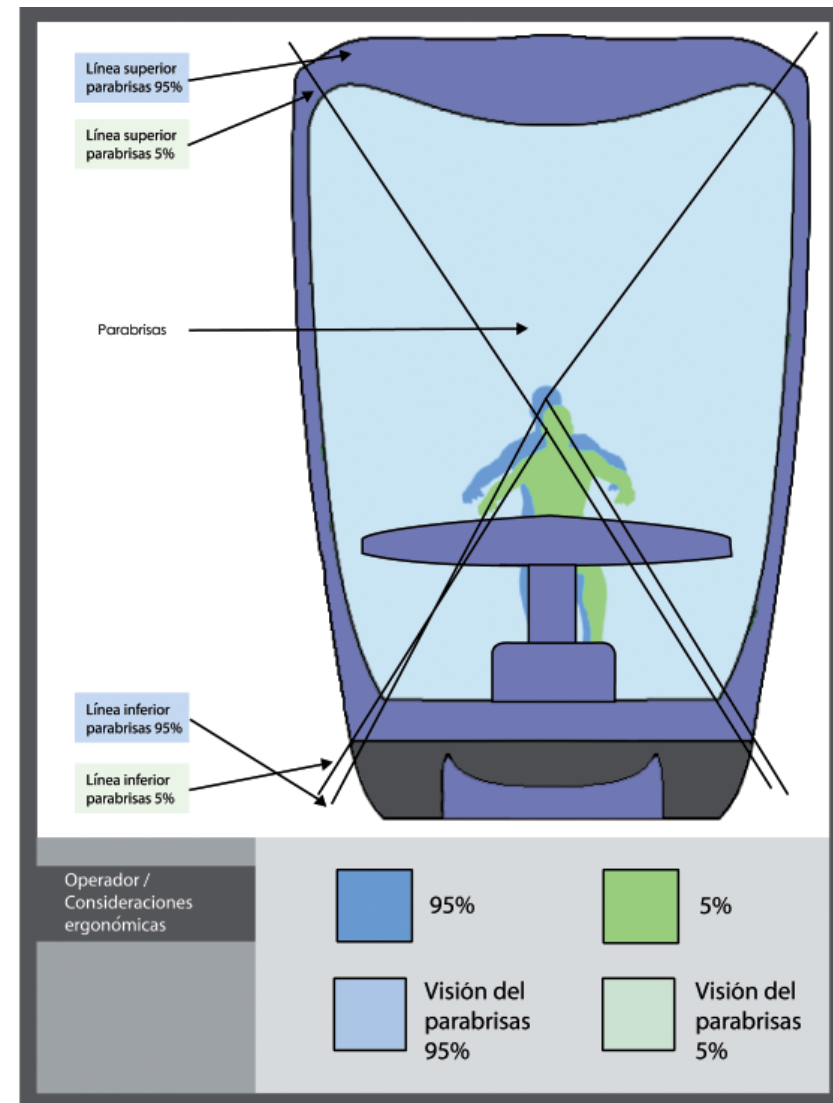
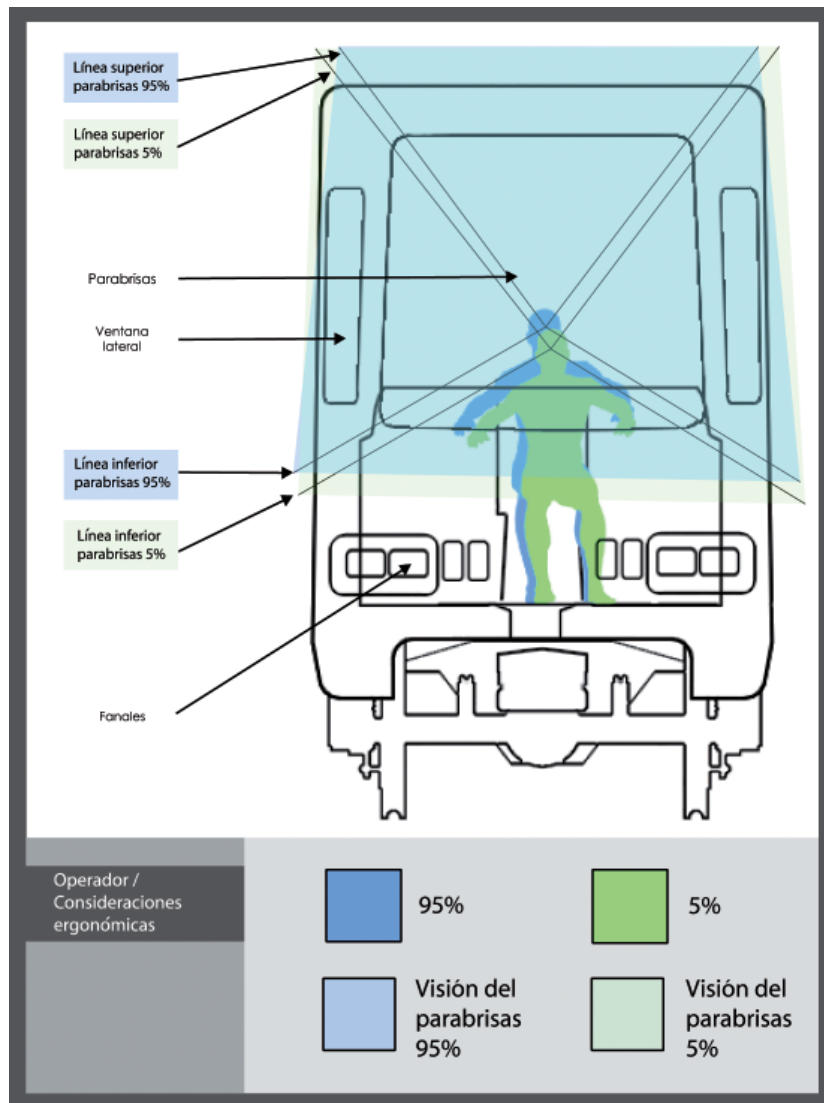
Capítulo 5 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México

La forma curva del parabrisas, emula la cabeza del chapulín, esta característica del parabrisas curvo hacia abajo, le da una mayor visibilidad al operador como se puede ver en la lámina de la derecha donde se compara la cabina del TE-90 con la del tranvía del siglo XXI.

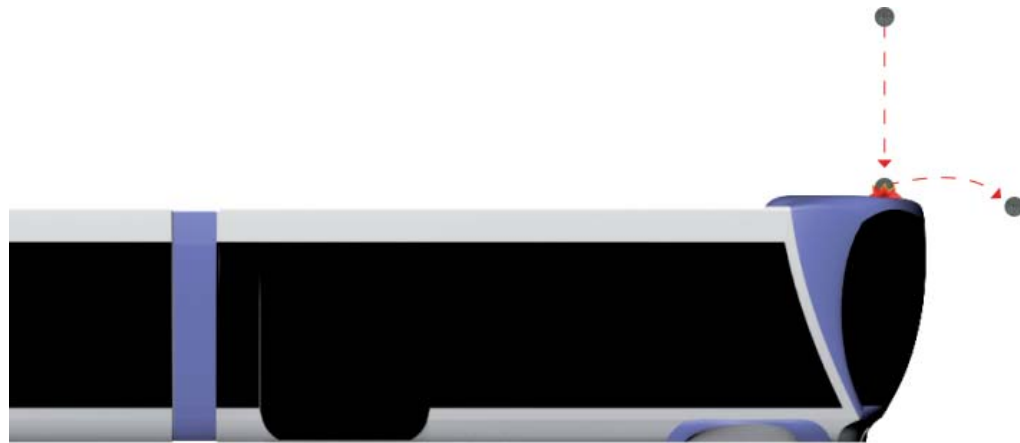


La forma curva hacia abajo a parte de tener la morfología sintetizada del chapulín, sirve para evitar reflejos no deseados y sombra en la cabina.

5.3 Factores ergonómicos.

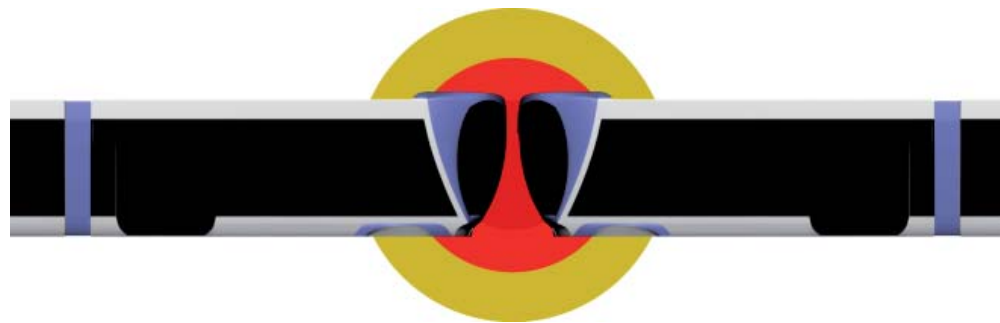


Capítulo 5 Prospectiva del tranvía de la Ciudad de México



Protege al conductor contra actos bandalícos como podrían ser objetos arrojados desde cierta altura. Nos cometan los operadores del tren ligero que sufren estos actos de bandalismo frecuentemente.

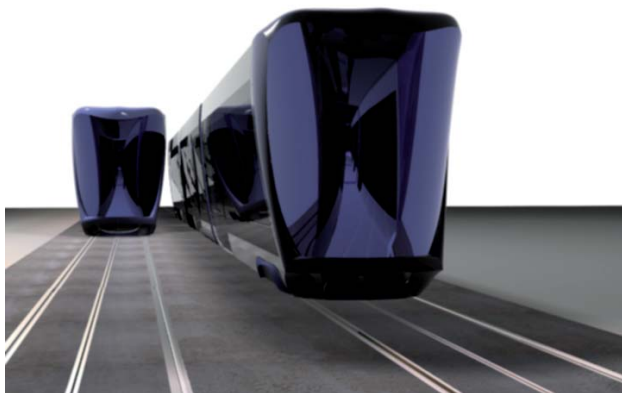
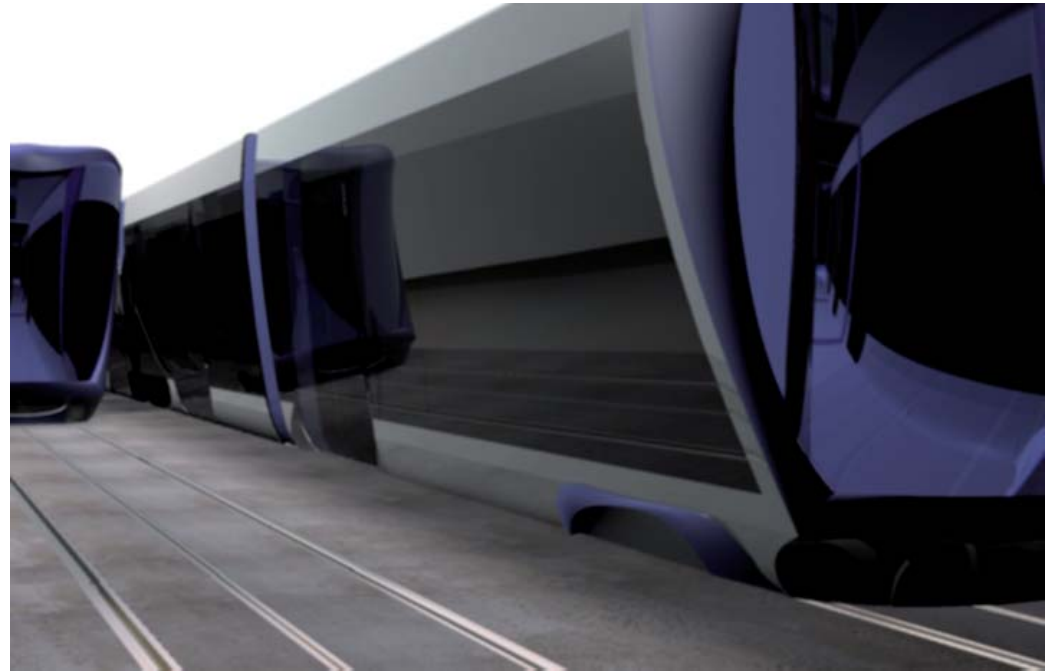
En caso de colisión con un tren o un vehículo, el parabrisas no alcanzaría al operador directamente por la forma curva encontrada hacia adentro.



Las grandes ventanas permiten ver los escenarios de la Ciudad de México.

Piso bajo:

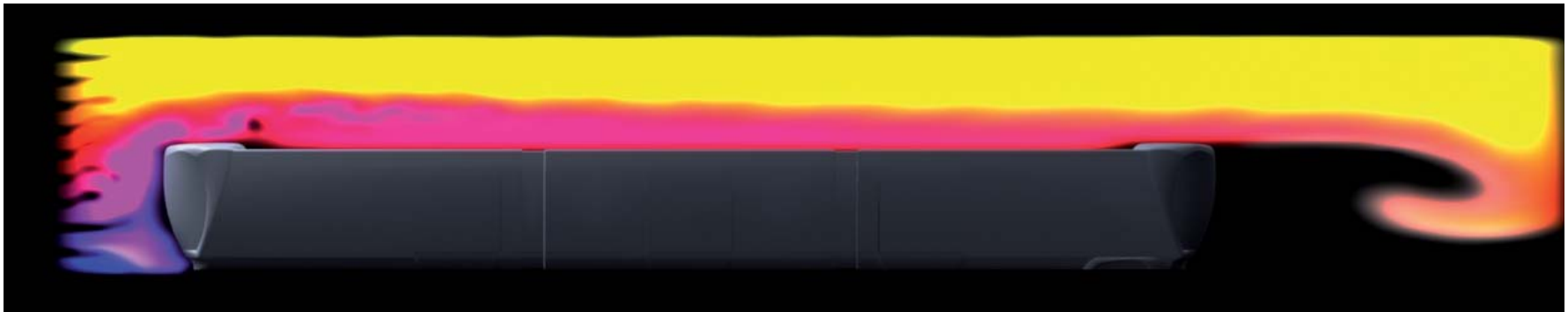
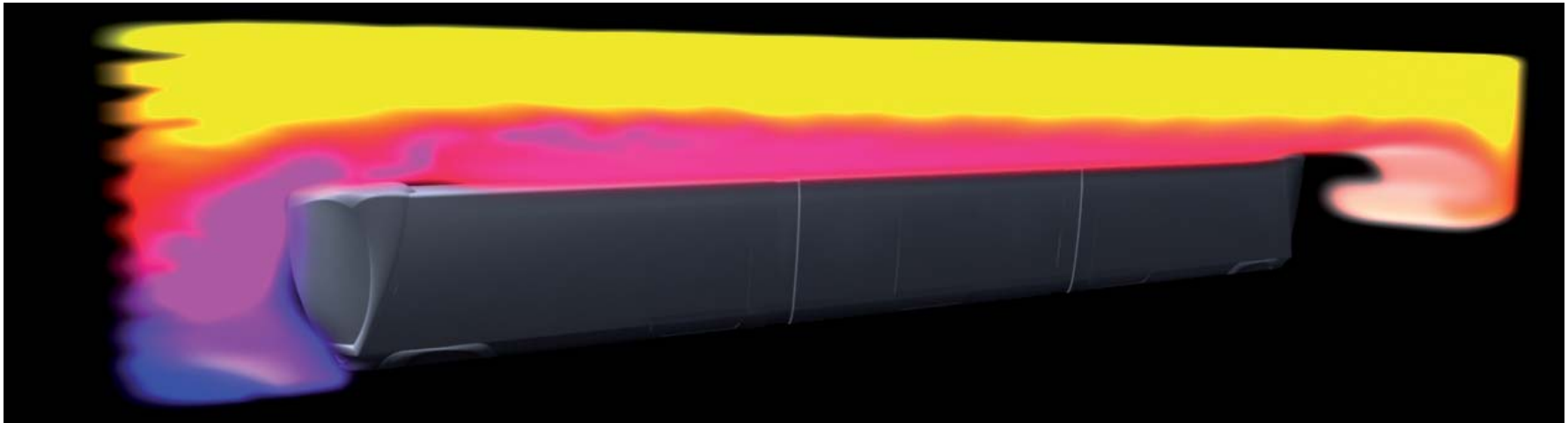
- Fácil acceso a silla de ruedas.
- Fácil acceso a personas de la tercera edad.
- Bajo impacto ambiental al no requerir de plataformas ni de estaciones voluminosas.

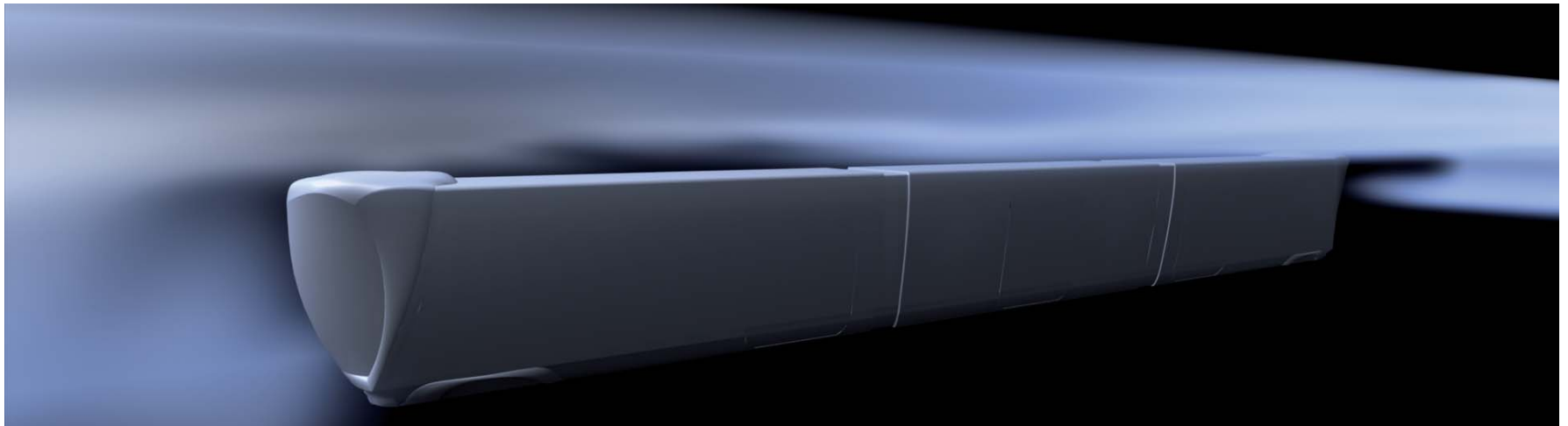


La ausencia de catenaria es otra característica de este tranvía, la energía la toma de un tercer riel en medio, que solamente se activa cuando el tranvía esta sobre el, dándole seguridad a los peatones.

Este sistema es utilizado en el tranvía de Burdeos (Francia), referencia capítulo 3 subtema 3.1.

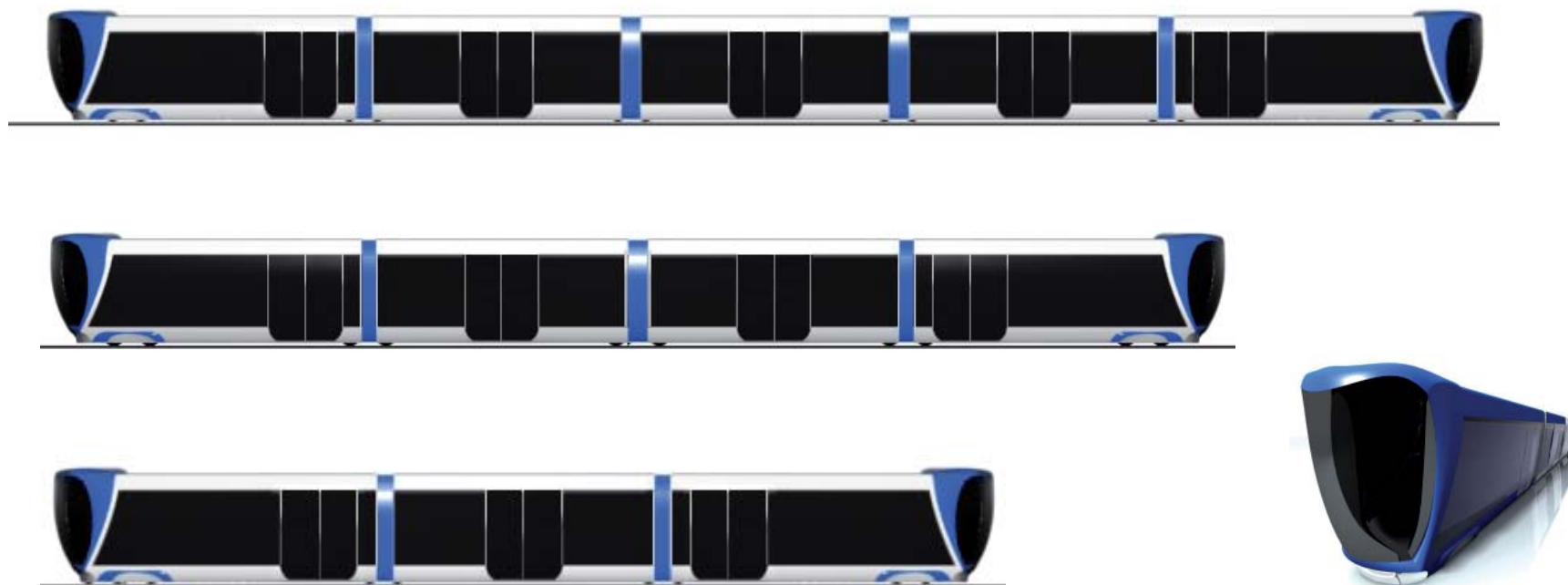
5.4 Modelos experimentales en túneles de viento.





Análisis aerodinámico en túnel de viento, se puede apreciar las turbulencias generadas a una velocidad de 60 Km/hr. programa utilizado Maya 7.0

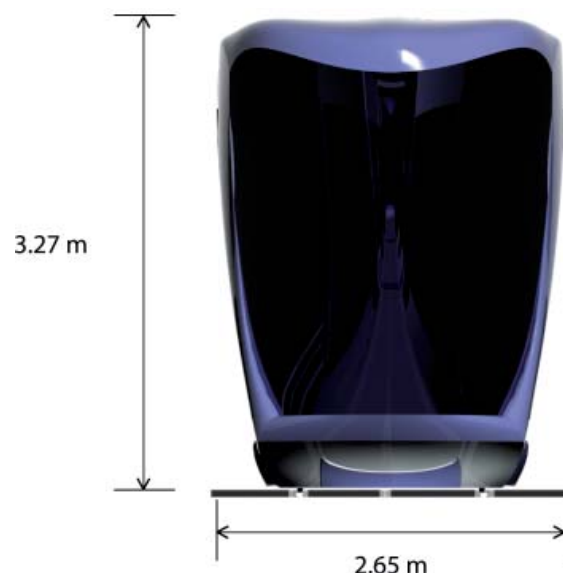
Modularidad



La modularidad es una característica del tranvía de piso bajo moderno. Una de las principales demandas que surgieron en las encuestas realizadas en el capítulo 4 fue la necesidad de vehículos más largos que permitieran trasladar mayor número de usuarios. En

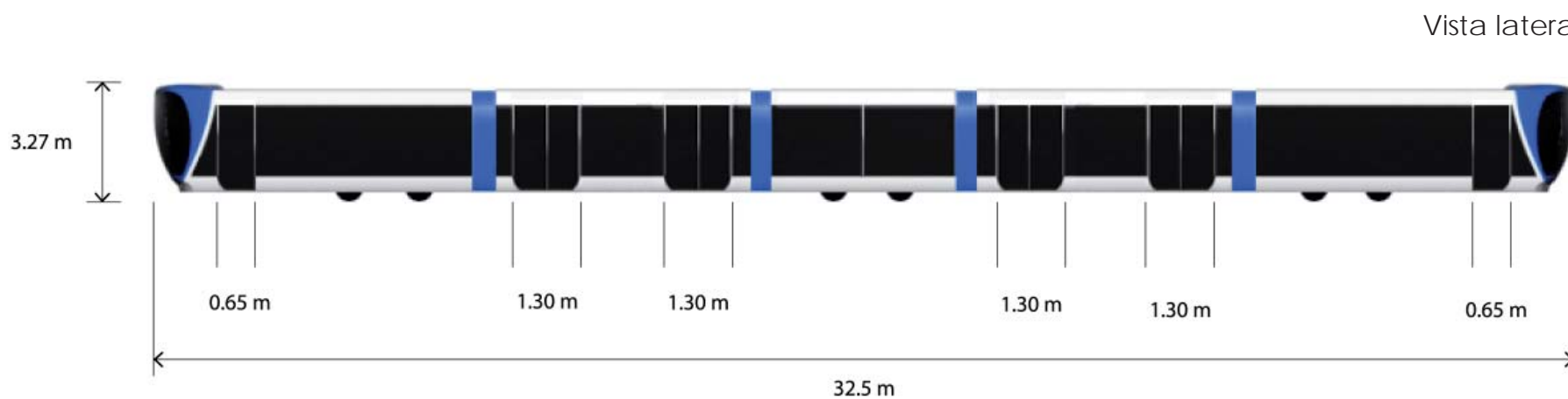
las imágenes de arriba podemos observar que el tren puede crecer de acuerdo con la demanda de usuarios o disminuir en las horas bajas.

5.5 Planos de vistas generales.



Vista frontal

El plano de esta lámina muestra la adaptación del diseño original para adecuarse a la plataforma de la compañía Alstom. Las medidas de la plataforma corresponden al tranvía CITADIS de Barcelona. La idea es que este diseño conceptual se pueda adecuar a las diferentes compañías existentes.



Vista lateral

5.6 Conclusiones

Este trabajo ofreció un estudio retrospectivo y uno prospectivo, se concluye que existe viabilidad para implantar un sistema de tranvías en la ciudad de México. Los principales corredores de mayor afluencia cuentan con los requerimientos necesarios.

En el corredor de Insurgentes se hizo un gran esfuerzo implementando el metrobús, dándole movilidad, rapidez y disminuyendo el número de accidentes con los vehículos gracias a su carril confinado.

Ahora que se dió este gran paso confinando un carril al transporte público, resta ahora perfeccionarlo con trenes ligeros de piso bajo.

En esta prospectiva se realizaron comparativos de transporte demostrando que el tren ligero es una propuesta viable con sus 20,000 pasajeros que puede movilizar por hora, su bajo impacto ambiental y la nula producción de contaminantes directos. Con esto se habla de un transporte amable para el entorno de la ciudad y los ciudadanos.

En un aspecto global se realizó un comparativo de lo que ocurre en el mundo con el tranvía y el tren ligero por lo que se concluye que después de un declive de estos sistemas posterior a la década de los treinta podemos observar un resurgimiento en la década de los ochentas y noventa. Ahora entrando al siglo

XXI un gran auge de LRT (tren ligero) como medio de transporte moderno, cómodo y de bajo impacto ambiental. El continente que cuenta con más tranvías y trenes ligeros en todo el mundo es Europa, esto debido a que en muchos países europeos nunca desaparecieron estos sistemas, se fueron modernizando y dándoles mantenimiento. En el caso de los países que desmantelaron su red tranviaria como es Francia y España ahora están regresando a estos sistemas viendo sus beneficios como reordenamiento urbano y rescate de sus centros históricos que habían sido secuestrados por la motorización de las ciudades.

Regresando a un plano a nivel nacional el gobierno capitalino moderniza el material rodante del metro (ejemplo línea 2) y construye el Metrobús, este último cuenta con un alto nivel de aceptación que se puede ver en el sondeo realizado en el capítulo 4.

Se realizaron sondeos y encuestas con el fin de conocer los principales problemas que tienen el transporte público de masas, tanto en metrobús como en tren ligero. Para este análisis se eligió el metrobús debido a que su forma de operar es muy parecida a la de los tranvías modernos que circulan en Europa y en algunas ciudades asiáticas. Y el tren ligero se eligió debido a que es lo más parecido que tenemos a un tren ligero de piso bajo en la capital.

Gracias a este análisis se logró conocer los principales problemas de los operadores con la cabina de conducción y de los usuarios al interactuar con los diferentes medios de transporte, saliendo a la luz múltiples problemas que llevarían a realizar otras líneas de investigación para profundizar cada uno de los problemas principalmente de la cabina de conducción.

Con respecto al capítulo 4 se realizaron encuestas a los usuarios de ambos sistemas de lo que surgieron ideas muy interesantes que se ven plasmadas en el diseño final del tranvía del siglo XXI. También gracias a las encuestas se dieron a conocer múltiples fallas en los sistemas de pago, principalmente en el metrobús, esto llevaría a realizar una investigación y un proyecto prospectivo para la forma de pago de este sistema.

También se analizaron los lineamientos ergonómicos que debe de tener la cabina de conducción del tren ligero, esta investigación se basó principalmente en planos del tren ligero y del STC metro.

En el capítulo 5 se retomaron algunos puntos de los problemas del exterior y de la cabina de conducción, estos se extrajeron del sondeo a los usuarios y de las encuestas a los operadores de los que se plantearon soluciones de diseño a un nivel conceptual.

Se tomó como fuente de inspiración tendencias del siglo XXI y la taxonomía del chapulín. Se escogió este animal por tener una fuerte identidad mexicana, este insecto es conocido desde nuestros antepasados además de que bosques, zoológicos y una estación del metro lo relacionan con el chapulín. También este insecto a influenciado los símbolos del metro como podemos ver en la estación de metro Chapultepec que en nahúatl quiere decir cerro de saltamontes.

En el capítulo 5 se tomaron características morfológicas del chapulín, la taxonomía del insecto llevó a la síntesis de sus formas aplicadas al diseño exterior del nuevo tren ligero de piso bajo.

Cabe mencionar que debido a las morfología del chapulín, surgió un tranvía con características antropométricas que solucionan algunos problemas a nivel conceptual de la cabina de conducción como:

- Reflejos
- Sombra
- Visibilidad
- Seguridad ante actos vandálicos
- Colisiones con otros trenes y vehículos

El diseño siglo XXI se está rigiendo por una optimización al máximo de los recursos naturales además de ahorro de energía. El tranvía que se propone en el capítulo 5 es eléctrico y su vía de alimentación es por un tercer riel, por lo que no usa catenaria para su toma de energía, con eso se optimizan costos de infraestructura especial así como un impacto urbano desfavorable.

Al ser de piso bajo el ascenso y descenso se realiza de una forma más sencilla, además que es un vehículo amigable para las personas de la tercera edad y discapacitados.

Su modo de operación es muy parecido al del metrobús ocupando los carriles centrales de los corredores con mayor afluencia de usuarios. Para que se justifique la necesidad de implantarlo se requerirá de un análisis que avale la instrumentación de un sistema de este tipo, para esto se requiere de encuestas de generación de viajes, como esta tesis es de diseño no se realizaron estos estudios. Lo que se analizó fue el espacio requerido (plataforma, capítulo 2 subtema 2.3 Requerimientos para instrumentar el tranvía en la Cd. de México), así como un comparativo de medios de transporte existentes en la capital.

Al no requerir de plataformas como las que emplea

el metrobús el impacto ambiental es menor, además de que el acceso al vehículo se hace de una manera más rápida y accesible debido a su diseño universal. La forma de pago sería similar a la que opera en el Metrobús, la idea sería tener una tarjeta multimodal que permitiera hacer uso de el metro, trolebús, tren ligero, Metrobús y tranvía.

Otro punto que desean los usuarios que se solucione, es el referente a la falta de espacio, esto se da con el tren ligero, ya que por diseño se pueden acoplar más vagones según lo requiera la demanda y desacoplar vagones en las horas bahía.

En el caso del tren ligero se pudiera realizar este tipo de operaciones pero el diseño de las estaciones es muy pequeño por lo que al acoplar unidades el largo del tren sería más largo que el de la estación.

En un enfoque de diseño conceptual se propone para la fabricación de este tranvía un trabajo interdisciplinar que involucre profesionistas de varios ramos como arquitectos del paisaje, ingenieros mecánicos, ergónomos, urbanistas con el fin de concluir un proyecto sustentable a largo plazo para la ciudad.

En el capítulo 5 se propone una lluvia de ideas sobre conceptos de un tranvía moderno. El que se presenta en realidad virtual inmersiva es un tren ligero de piso bajo con

elementos morfológicos de la taxonomía del chapulín.

Se puede llevar a cabo la construcción del vehículo trabajando en conjunto con empresas transnacionales. El chasis y la carrocería se puede realizar en México y adquirir una plataforma tecnológica para su tracción.

La finalidad de esta tesis es para que tanto el gobierno federal como el gobierno de la Ciudad de México retomen el tema del transporte público como una necesidad a la que se tiene que dar prioridad ante la creciente motorización y la recuperación de espacios históricos y paseos peatonales.

Aplicando el diseño industrial al transporte público, se puede diseñar vehículos más atractivos para los ciudadanos y dejar de depender tanto del automóvil. Cabe mencionar que México tienen reservas petroleras para unos veinte años más aproximadamente, por lo que es necesario explorar nuevas fuentes de energía para no depender tanto del petróleo. El transporte público eléctrico puede ser una opción para recuperar la calidad de aire y transformar el entorno urbano de nuestra ciudad.

En el observatorio de visualización de realidad virtual inmersiva se modeló y después se visualizó los tranvías que circularon en la capital así como el tren ligero que corre en la actualidad. Esto nos llevó a ver dimensiones

reales y el impacto en el paisaje donde circulaban.

De lo que se concluye que el tren ligero de piso bajo que propone esta tesis cubre con los requerimientos dimensionales para circular en los principales corredores de la ciudad. También la visualización en realidad virtual inmersiva se observó el impacto de la estética del vehículo sobre la avenida.

Para el desarrollo de este proyecto se contó con apoyo de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA), siendo un proyecto IXTLI se tuvo acceso a supercómputo, becas, asesorías, cursos y equipo de cómputo, gracias a este apoyo se logró la visualización en realidad virtual inmersiva de los diferentes tranvías que circularon en la ciudad de México así como la propuesta de diseño conceptual del tranvía del siglo XXI.

Glosario

Acoplador: Su función es acoplar (unir) 2 vagones ya sean motrices o remolques.

Área Metropolitana de la Ciudad de México

(A.M.C.M.): Abarca una superficie total de 4,974 km² y 16.2 millones de habitantes, correspondientes a las 16 delegaciones del D.F. y a los siguientes municipios conurbanos del Estado de México: Acolman, Amecameca, Atizapan de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlan, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacan, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, Jalisco, La Paz, Melchor Ocampo, Naucalpan, Nextlalpan, Nezahualcoyotl, Nicolas Romero, Tecamac, Teolyucan, Tepotzotlan, Tlalmanalco, Tlalnepantla, Texcoco, Tultepec, Tultitlan y Zumpango.

Área Urbana de la Ciudad de México: También conocida como "mancha urbana" comprende las mismas jurisdicciones y población que el A.M.C.M., sin embargo su superficie SOLO abarca las áreas urbanizadas 1995 (1,472 km²).

ATM: Alianza de Tranviarios de México .

Bandera: Se refiere al indicador de destino del tranvía, por lo general se encuentra localizado en la parte de arriba del parabrisas.

Calibración del modelo: En la primera fase de aplicación de los modelos, una vez procesada la información recabada, se simuló la movilidad, comparándola y corrigiéndola reiteradamente con los datos de campo, hasta lograr que los resultados del modelo fueran similares a estos últimos. Este procedimiento iterativo es la denominada calibración del modelo y es indispensable para su puesta a punto y factor central de su confiabilidad.

CAPE: Conmutador de apertura de puertas.

Carril confinado: Se refiere al tipo de vía tipo B, carril usado únicamente para el transporte público.

Catenaria: Es la fuente de energía para el tren ligero, se encuentra suspendida por postes. El pantógrafo hace presión en la catenaria y permite energizar el tren, cabe mencionar que la catenaria tiene un movimiento Zig-Zag para un desgaste parejo del pantógrafo.

CTM: Compañía de Tranvías de México.

Encuesta: Conjunto de preguntas tipificadas dirigidas a una muestra representativa, para averiguar estados de opinión o diversas cuestiones de hecho.

Gálibo: Figura ideal, cuyo perímetro marca las dimensiones máximas de la sección transversal autorizadas a los vehículos cargados, que hayan de pasar por túneles, arcos, etc.

Hombre muerto: Sistema de seguridad que se encuentra situado en el manipulador.

Hora bahía: hora del día con una menor afluencia de usuarios.

Hora de máxima demanda: Hora del día durante la cual se registra mayor afluencia de usuarios a la línea o red de transporte de que se trate. Frecuentemente se habla de H.M.D. matutina o vespertina, sin embargo en el caso de A.M.C.M la máxima demanda se registra durante las mañanas, por la cual la precisión solo se hace necesaria para la demanda vespertina.

Línea elevada: Término empleado, en los trolebuses para referirse al cable conductor que se encuentra suspendido en los postes, de dicho cable los trolebuses por medio del trole toman la energía.

LLave "C": LLave de conducción, existen tres tipos de conducción en el tren ligero: conducción manual, conducción manual controlada y pilotaje automático.

Manipulador: Palanca que sirve para traccionar y frenar el tren.

Morfología: Disciplina de la biología que estudia la estructura externa y describe los órganos de plantas y animales, en el caso del diseño industrial estudia las formas del producto.

RTP: Red de transporte de pasajeros.

SAE: Sistema de atención de emergencias.

SAP: Sistema de aislamiento del pantógrafo.

STC: Sistema de Transporte Colectivo.

STE: Servicio de Transporte Eléctrico

Sondeo: Investigación de la opinión de una colectividad acerca de un asunto mediante encuestas realizadas en pequeñas muestras, que se juzgan representativas del conjunto a que pertenecen.

Pantógrafo: Dispositivo, empleado en los vehículos de tracción eléctrica, para realizar la toma de fluido eléctrico.

PCC: En los tranvías corresponde a la abreviatura de *Presidents' Conference Committee*, tranvía diseñado en Estados Unidos con el objetivo de parar la motorización de las ciudades americanas.

En el STC metro significa Puesto Central de Control.

Torniquete: Mecanismo giratorio en forma de cruz horizontal colocado en la entrada de la estación que regula el paso individual de los que penetran al recinto.

Tramo de viaje: Desplazamiento realizado mediante el empleo de un solo medio de transporte.

Tramos de viaje/ persona/día: Es el total de tramos que realiza una persona durante un día.

Trole: (del ing. *trolley*) Pértiga de hierro con una ruedecilla u horquilla en su extremo, a través de la cual toman la corriente del cable conductor los tranvías y trolebuses.

Trolebús: Autobús urbano de tracción eléctrica que capta corriente por el trole.

Truc: Anglicismo de carretilla o bogie, que se refiere al marco que alberga las ruedas, suspensión y sistema de frenado del tren.

Viaje: Un viaje es un desplazamiento completo que realiza una persona, de puerta a puerta, entre un origen y un destino, pudiendo utilizar, para ello, varios medios de transporte.

Viajes/persona/día: Es el total de viajes, de puerta a puerta, que realiza una persona diariamente.

Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Z.M.C.M.): Comprende las 16 delegaciones del Distrito Federal, 53 municipios del Estado de México y uno del Estado de Hidalgo, todo lo cual abarca una superficie de 7,751 km² con 16.6 millones de habitantes cifra a revisar.

Fuentes

Archivo Histórico y Hemeroteca de Xochimilco

Morelos no. 7 Barrio el Rosario
México, D.F.
Tel: 5 676 48 69

Horario:
Lunes a viernes
8:00 a 15:30 Archivo Histórico
8:00 a 16:00 Hemeroteca

Archivo General de la Nación

Eduardo Molina y Albañiles s/n
Col. Penitenciaría Ampliación
Deleg. Venustiano Carranza
15350, México, D.F.
Tel: 5133-9900

Horario:
Lunes a viernes
8:15 a 15:00

Hemeroteca Nacional UNAM

Centro Cultural Universitario,
C. U., Coyoacán, México, D.F. C.P. 04510
Teléfono: 5622 6818

Horario:
Lunes a Viernes
9:00 a 20:00

Servicio de Transportes Eléctricos

Municipio Libre no. 402
Col. San Andrés Tetepilco 09440
Tel: 5539-6501

Horario:
Lunes a Viernes
9:00 a 14.00 hrs.

Biblioteca Central UNAM

Circuito Interior, s/n
Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F.
Tels. 5622 1625 y 5622 1613

Horario
Lunes a domingos
8:30 a 21:30

Biblioteca Clara Porset

Circuito Interior, sin número
Ciudad Univesitaria, 04510 México, D.F.
Tels. 5616 0303 y 5616 1403

Horario
Lunes a viernes
9:00 a 18:00

Biblioteca Colegio de México

Camino al Ajusco 20, Pedregal de Santa Teresa,
México, D.F. 10740
Tel. 5449-3000

Horario
Lunes a Viernes.
8:30 a 20:30

Biblioteca José Vasconcelos

Eje 1 Norte esquina Aldama, Buenavista, México D.F.
Tel. 3300-4600 ext. 11304

Horario:
Lunes a Viernes.
8:00 a 21:00
Sábado
10:00 a 21:00
Domingo
10:00 a 18:00

Universidad Iberoamericana

Prolongación Paseo de la Reforma 880,
Lomas de Santa Fe, México, C.P. 01210, D.F.
Tel. 5950-4000 y 9177-4400

Horario:
Lunes a viernes.
7:00 a 20:45
Sábado
9.00 a 13:45

Bibliografía y referencias

INTERNET	CAPITULO	CATEGORÍA
http://www.cable-car-guy.com/html/ccoznz.html#ros	1.1	☆
http://www.tramways.freemove.co.uk/Tramframe.htm?http://mysite.wanadoo-members.co.uk/tramways/Articles/Origins.htm	4	☆☆☆
http://www.lrtta.org/mrthistory.html	2	☆
http://www.tbush.org.uk/home.htm	plataforma	☆☆☆
http://www.doi.vic.gov.au/doi/internet/transport.nsf	2	☆☆
http://en.wikipedia.org/wiki/Light_rail	Prospectiva	☆☆☆
http://www.panynj.gov/airtrain/	3	☆☆
thetransitcoalition.us/.../pages/BTO05.htm	3	☆☆☆
www.transportationchoices.com/images/Photos%2...	2	☆☆
http://world.nycsubway.org/asia-oceania/hktrams.html	1.1	☆☆☆
http://www.answers.com/topic/hong-kong-tramways	1.1	☆
http://www.ironhorse129.com/rollingstock/builders/stephenson1.htm	1.1.1	☆☆☆
http://www2.hsp.org/collections/manuscripts/brill/inventory.htm	1.1.1	☆
http://www.ectma.org/collection.html	1.1.1	☆
http://www.tramz.com/mx/mc/mc00.html	1.1.1.	☆☆

Categoría de páginas consultadas	
Buena	☆
Muy buena	☆☆
Excelente	☆☆☆

Aguayo Hernández, Fernando. Tranvía de mulitas [videgrabación]: Zacatecas y San Luis Potosí, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, México, 1997.

Km. C-62 [videgrabación], Instituto Mora, Historia Oral: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, 2000

Mercedes Meade de Angulo, El ferrocarril mexicano: antecedentes: México : Gobierno del Estado de Puebla, Secretaría de Cultura: Comisión Puebla Quinto Centenario, 1991.

Molinero Molinero, Angel R., Transporte público: planeación, diseño, operación y administracion / Angel R. Molinero Molinero, Luis Ignacio Sanchez Arellano, México, 2001.

Definición de políticas para el metro, tren ligero, trolebús urbano y otros medios de transporte masivo en un nivel metropolitano, México, D.F.: Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad, Secretariado Técnico, c1999.

Metro ligero : iniciativas y costes de construcción, Sevilla: Consejería de Obras Publicas y Transportes, Dirección General de Transportes, 1998

Definición de políticas para el metro, tren ligero, trolebús urbano y otros medios de transporte masivo en un nivel metropolitano, México, D.F.: Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad, Secretariado Técnico, c1999

Metro ligero : nuevos tranvías en la ciudad, Madrid: Ministerio de Obras Publicas, Transportes y Medio Ambiente, Dirección General de Actuaciones Concertadas en las Ciudades, 1995

Mastretta Guzmán, Juan Daniel.-Autobus urbano para las condiciones mexicanas, Tesis. Licenciado en diseño industrial UIA, México, 1984.

Vukan R. Vuchic. *Urban Public Transportation: Systems and Technology*. Englewood Cliffs. Prentice Hall inc, 1981.

Coordinación General de Transporte. Normas para el Sistema de Transporte de la Ciudad de México. México: USTRAN, 1986.

SETRAVI. Especificaciones de Diseño, Antropometría, Ergonomía, Seguridad y Confort y adecuación al Medio Ambiente para los Autobuses Concesionados de los Servicios Local y metropolitano a operar en la Ciudad de México y su Área Metropolitana. México: Gaceta Oficial del GDF, marzo de 2001.

Ministerio de Obras Públicas. Normas de Calidad Aplicables al Transporte Colectivo Urbano de Superficie. Madrid: Consejo Superior de Transportes Terrestres, 1976.

Lara Hernández, Héctor. Recopilación de apuntes históricos del S.T.E.D.F. México 1992.

Islas Rivera, Victor. Llegando tarde al compromiso: la crisis del transporte en la ciudad de México: El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano, Programa sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo, México, D.F. 2000.

Jenkins, Martin: *The Tramways of Mexico, Modern Tramway*, 1974

Aguayo Hernández Fernando, Estampas Ferrocarrileras: fotografía y grabado 1860-1890, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, México, 2003.