



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **METODOLOGÍA PARA EL PROCESO DE PLANEACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO CASO LÍNEA 12 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO.**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A:  
Jaime Mercado Cabrera**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M. en I. Francisco J. Granados Villafuerte**





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.

## AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas, dándome ánimo así como acompañándome en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Gracias a:

Dios, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida y lograr otra meta en esta.

A mi padre Jaime que en el cielo esta, le doy las gracias por la formación, la fuerza, el coraje y el ejemplo que día a día demostró y que me hicieron ver la vida de otra manera ya que en su pelea con las adversidades nunca se dejó derrotar y siempre mostro una entereza digna de ejemplo.

A mi mama Trinidad, por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida. Gracias por guiarme en todos los caminos de la vida, gracias por todo el apoyo que me diste a lo largo de todos los lapsos, ya sea estudiantil, laboral, así como a diarios. No existen palabras para darte ya que este logro es tuyo, debido a que por tu apoyo, comprensión y amor sé que podre lograr lo me proponga. Gracias por escucharme y por tus consejos (eso es algo que haces muy bien casi siempre eh). Gracias por ser parte de mi vida; eres lo mejor que Dios me pudo mandar.

A mis abuelos que ya sea desde el cielo o la tierra, me apoyan, me bendice a diario, me encomiendan siempre con Dios para que salga adelante día a día. Yo sé que sus oraciones fueron escuchadas (Y que los dieces de la bolsa de mi mama al fin dieron resultado).

Al M.I. Francisco Javier Granados Villafuerte por haber confiado en mi persona, por la paciencia, por la dirección de este trabajo, por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindó.

A esa persona especial que estuvo en este proyecto, que me demostró cómo se podía hacer las cosas cuando uno se lo propone y sobre todo me hizo tan feliz, a esa compañera de vida que tal vez algún día nuestros caminos se vuelvan a unir y creo que este es un primer paso para empezar a formar un futuro.

Como no mencionar a mis amigos, Isaac que ha sido un primer hermano en todo el tiempo que llevamos de conocernos, Limón que fue un apoyo en momentos felices así como tristes y que siempre estuvo ahí para hacer más divertida esta etapa de Universidad, el Ing. Vitor que me aconsejo y saco muchas risas y enojos, Isabel mi amiga de ICA que siempre estuvo para escucharme, ayudarme (transcribiendo, enseñándome lo que se hacía en el padrón), regañarme, pero sobre todo apoyándome. A todos ellos muchas gracias, algún día espero poder pagar todo lo que han hecho por mí.

Gracias a todos los que directa o indirectamente participaron en este proyecto de vida. Y si me faltó mencionar a alguien perdón pero ya se acaba la hoja.

# Metodología para el proceso de planeación de un sistema de transporte urbano caso Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>Capítulo 1:</b> Marco Teórico.....	12
1.1 Administración.....	12
1.1.1 Teorías de la administración .....	13
1.2. Gerencia de proyectos. ....	14
1.3 La planeación.....	15
1.3.1 Elementos de la planeación .....	15
1.3.2 Clasificación de la planeación.....	18
1.3.3 Proceso de la planeación.....	19
1.3.4. Tipos de planeación.....	21
1.3.5. Importancia de la planificación.....	22
1.4. El plan .....	23
1.5. La planificación de la ejecución y del control.....	24
1.5.1 Ejecución.....	25
1.5.2. Control.....	25
<b>Capítulo 2:</b> Planeación del Transporte urbano.....	30
2.1. El proceso de planeación de un sistema de transporte.....	33
2.1.1 Causas de las fallas en la planeación .....	36
2.1.2 Proyecciones .....	38
2.1.3. Los instrumentos de análisis .....	38
2.1.4. La Evaluación de Acciones .....	39
2.1.5 Presentación de los resultados .....	41
2.1.6. La selección de alternativas.....	41
2.2. Información para la Planeación del Transporte.....	41
2.2.1. Información Básica .....	41
2.2.2. Información de la oferta de transporte.....	42
2.2.3. Información de la demanda de transporte.....	44
2.3. Organización de la información .....	52

2.3.1. El Diseño de las Bases de Datos .....	52
2.3.2 El Problema de Mantenimiento de la Información .....	53
2.3.3 Los Flujos de Información .....	53
2.3.4 Los Softwares Administradores de las Bases de Datos .....	54
2.4. La aplicación de modelos matemáticos .....	54
2.4.1 Nociones iniciales para el modelaje .....	55
2.4.2. Etapas del modelaje para la planeación de transporte .....	55
2.4.3. Modelos de generación/atracción de viajes.....	56
2.4.4. Modelos de distribución. ....	59
2.4.5. Modelos de reparto modal. ....	61
2.4.6. Modelo de asignación .....	64
2.4.7. Aplicación de los modelos al cálculo de la demanda.....	66
2.5. Análisis, Evaluación y Elección. ....	67
2.5.1 Trazo de la ruta.....	67
2.5.2 Estaciones y Paraderos .....	69
2.5.3. Material rodante .....	72
2.6. Aspectos importantes de carácter general.....	73
2.7 Tipos de Transporte público urbano .....	75
2.7.1 Autobús y trolebuses .....	75
2.7.2. Vehículo.....	77
2.7.3. Transporte férreo .....	78
<b>Capítulo 3:</b> Marco demográfico y Características del Transporte en la ZMVM .....	84
3.1. Marco demográfico. ....	84
3.1.1 Delimitación territorial .....	84
3.1.2 Características Físicas y Contaminación.....	86
3.1.3 Características socioeconómicas de la Ciudad de México. ....	88
3.1.4 Crecimiento poblacional.....	89
3.1.5 Crecimiento socios demográficos y territoriales .....	90
3.2. Marco de Transporte Urbano .....	92
3.2.1. Reproducción Económica y Movilidad.....	92
3.2.2 Transporte y Equidad Social .....	94
3.2.3. La movilidad en la Ciudad de México.....	95
3.2.4 Oferta de Transporte.....	96

3.2.4.1 El Transporte Concesionado .....	96
3.2.4.2 Transporte Taxis.....	97
3.2.4.3. Los Servicios Públicos de Transporte del GDF .....	98
3.2.4.4. El Metro de la Ciudad de México.....	99
3.2.4.5. Red de Transporte de Pasajeros (RTP) .....	100
3.2.4.6. Servicio de Transportes Eléctricos .....	100
3.2.4.7. Sistema Metrobús .....	101
3.2.5. Externalidades negativas del transporte público .....	102
3.2.6. Distribución Modal de los traslados Metropolitanos.....	105
<b>Capítulo 4:</b> Definición del problema de transporte en la ZMVM .....	110
4.1 Magnitud del problema actual de la vialidad y del transporte en la ZMVM (Relación Causa-Efecto) .....	111
4.1.1. Descripción de las causas .....	112
4.2.1 Parque vehicular .....	120
4.3. Velocidades en las calles importantes que rodean a la línea 12.....	121
4.4 Estudios de origen y destino.....	123
4.4.1 Encuesta Origen Destino en la ZMVM 2007 .....	124
4.4.2 Resultados de la encuesta origen destino 2007 en la ZMVM.....	128
4.5 Aspectos Socioeconómicos.....	137
4.5.1 Delegación Tláhuac .....	137
4.5.2. Delegación Iztapalapa.....	138
4.5.3 Delegación Álvaro Obregón .....	139
4.5.4 Delegación Benito Juárez .....	140
4.5.5. Delegación Xochimilco.....	141
4.5.6. Delegación Coyoacán.....	142
<b>Capítulo 5:</b> Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros.....	145
5.1 Sistema de Transporte Colectivo Metro en la ZMVM.....	146
5.1.1 Líneas del Sistema Metro. ....	147
5.2 Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996.....	154
5.2.1 Definición del concepto del Plan Maestro y descripción del mismo. ....	157
5.2.2. Consideraciones Generales del Plan Maestro de Metro y Trenes ligeros.....	165
5.2.3. Estudios de campo que se realizaron para la conformación del PMMTL .....	166
5.2.4 Evaluación Mercadológica del Transporte de Pasajeros en la ZMVM .....	174

5.2.5 Proyectos prioritarios que se manejan en el PMMTL, para la ampliación del Metro .....	176
5.2.6 Puntos a valorar en el Plan Maestro del metro y Trenes Ligeros.....	180
5.3. El Programa Integral de Transporte y Vialidad (PITV) 2007-2012 del D.F. ....	184
5.3.1 Líneas estratégicas del PITV .....	185
<b>Capítulo 6:</b> Análisis de las Alternativas de trazo evaluadas para la Línea 12 del Metro	188
6.1. La red modelada .....	189
6.2 Zonificación .....	189
6.3 La matriz de viajes .....	191
6.4 La calibración .....	191
6.5. Aplicación de Modelos matemáticos en la Planeación del transporte. ....	193
6.5.1. Construcción y Ajuste del Modelo de Asignación para estimar la demanda de la Línea 12 .....	194
6.6 Metodología para el cálculo de beneficio de ahorro de tiempo de la Línea 12.....	201
6.6.1 Relación Funcional entre el ahorro de tiempo y el ahorro en distancia de los usuarios.....	208
6.7 Beneficio por disminución de emisiones al Medio Ambiente.....	209
6.8 Análisis del desempeño. Estudio de demanda. ....	211
6.8.1. Balance de Oferta y Demanda de Transporte en la Situación Actual .....	211
6.8.2 Estimación de la demanda potencial de la Línea 12 .....	214
6.9 Número y tipología de trenes.....	224
6.10 Estimaciones de Ascenso y Descenso de Estaciones .....	229
6.10.1 Distribución de viajes en cada estación. ....	240
6.11 Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación .....	243
6.11.1 Aforos en las Vialidades de la Zona de Influencia .....	245
6.12 Programa de Reordenamiento del Transporte Público .....	251
6.13. Beneficios del Proyecto Línea 12 .....	252
<b>Capítulo 7:</b> Evaluación y Selección de la Red de trazo propuesta para la Línea 12 del metro .....	258
7.1 Alternativas a la construcción de la Línea 12 del Metro .....	258
7.1.1. Alternativas de trazo evaluadas para la Línea 12 con respecto a otras posibles líneas de metro.....	260
7.2 Selección del tipo de trenes con los que contara la Línea 12 .....	262
7.3 Selección del proyecto. ....	268

<b>Capítulo 8:</b> Especificaciones de la Red de trazo evaluada para la Línea 12 del metro..	271
8.1 Proyecto Línea 12, Línea Bicentenario.....	271
8.2 Adecuaciones menores al Trazo Final de la Línea 12 .....	281
8.3 Principales Vialidades por las que se construye el Proyecto Línea 12 del metro..	283
Conclusiones .....	292
Bibliografía:.....	295
Referencias: .....	296



# *Introducción*

## INTRODUCCIÓN

La historia del transporte en la Ciudad de México ha constituido desde siempre un reto y una prioridad para el gobierno de la capital.

El siglo antepasado empezó el transporte masivo de pasajeros con la operación del tranvía de vapor, que unía el centro de la ciudad con los otros de producción agropecuaria y fue a finales del mismo siglo XIX cuando aparecieron los primeros tranvías eléctricos. En la actualidad la Zona Metropolitana de la ciudad de México, cuenta con alrededor de 18 millones de habitantes, una mancha urbana de  $1500 \text{ km}^2$  y un parque vehicular de 3.6 millones de vehículos<sup>1</sup>.

En la Zona Metropolitana del Valle de México se efectúan diariamente 21.9 millones de viajes, la magnitud de este hecho marca la importancia de contar con nuevas líneas de transporte eléctrico masivo, que mejoren la calidad de vida de los que habitamos esta gran ciudad, brindando un transporte rápido y seguro.

El transporte público requiere hoy en día una reorganización, a través de políticas públicas orientadas a encauzar el transporte no contaminante invertir en este transporte como es el caso del Sistema de Transporte Colectivo Metro, el cual ha proporcionado a los usuarios de la Capital y del Estado de México, un servicio rápido, seguro y de calidad. Debido a esta gran necesidad en la población de la Ciudad de México de transportarse, las autoridades del Distrito Federal a través de la Secretaria de Transporte y Vialidad (SETRAVI), han emprendido la importante labor de planeación de los transportes eléctricos desarrollando en el lapso de 1995-1996 la actualización del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros del Área Metropolitana de la Ciudad de México y en el año 2009 la construcción de una de las líneas que se manejan en este plan.

Es por esto que el crecimiento de la ciudad provoca grandes efectos en sus regiones circundantes. Las complicaciones en los cambios de uso de suelos, creadas por una expansión rápida y no regulada, causan simultáneamente ineficiencia administrativa y perjuicios al medio ambiente.

Sin embargo, una acertada planificación y planeación basada, en cómo se construye la infraestructura del país, reduce los conflictos de usos de suelo y

---

<sup>1</sup> Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010, SETRAVI 2010

organiza la expansión urbana, minimizando los efectos sobre el medio ambiente y sobre la calidad de vida de la población.

Los antecedentes de Planificación en el transporte han marcado una tendencia que privilegia los beneficios económicos sobre las necesidades de un desarrollo ordenado, perdiendo así la prioridad de lograr una buena gestión de recursos y de la calidad de vida en la población.

### **Planteamiento del problema**

Es innegable la importancia que tiene la transportación colectiva en las grandes aglomeraciones urbanas y particularmente en aquellas que como la Ciudad de México plantean enormes deficiencias en su tejido metropolitano, mismo que ha sido el producto de un desarrollo no planificado.

La población en la Zona Metropolitana del Valle de México, se ha multiplicado en los últimos 60 años en más de 11 veces, y su área urbana pasó de alrededor de 10,000 hectáreas a 130,000 hectáreas. Debido a este rápido y desmedido crecimiento las autoridades, no han podido brindar servicios de calidad que la ciudadanía necesita. Uno de los principales servicios insuficientes en esta gran urbe es el transporte. Pero realizando un esfuerzo y preocupándose por avanzar en este aspecto, el Gobierno del Distrito Federal está construyendo el proyecto de la Línea 12 del metro, ubicada al sur-oriente de la ciudad.

En el Sistema de Transporte Colectivo Metro se realizan una cantidad importante de tramos de viajes por persona al día, 4.1 millones según la Encuesta Origen-Destino 2007 <sup>2</sup>, brinda una gran accesibilidad en la ciudad, y reduce significativamente los tiempos de traslados, pero proporcionalmente ocupa el tercer lugar en cuanto a la distribución modal de transporte, con 13.6%, mientras que 14.1 millones (46.2%) y 6.3 millones (20.7%) de los mismo se llevan a cabo a través de las dos principales fuentes de contaminación, congestionamiento y deterioro de la ciudad y de la movilidad y accesibilidad de sus habitantes: los taxis colectivos y los automóviles particulares.

El hecho de que sólo se atienda una parte importante de viajes, pero proporcionalmente menores, nos lleva a pensar que las políticas en este transporte siguen dejando de lado una cantidad y proporción muy importante de viajes, y se sigue dejando que éstos sean realizados, por un lado, en vehículos de

---

<sup>2</sup> Reporte del documento Encuesta Origen-Destino 2007, de la Zona Metropolitana del Valle de México, INEGI 2008

baja capacidad, con precarias formas de organización, además en una infraestructura vial, escasa, desarticulada y problemática, y, por el otro, que no se desincentive de manera amplia el uso del automóvil particular, lo cual es de gran importancia por las implicaciones económicas, sociales y ambientales que estos medios de transporte tiene en el funcionamiento de la ciudad y en la movilidad de la población.

Por lo tanto hay que poner especial atención para que una obra como lo es la Línea 12 sea aprovechada por el mayor número de personas debido a su importancia y el gasto que se está invirtiendo en esta colosal obra, ya que si no es así, incluso los beneficios en la disminución de tiempos de traslado que este nuevo proyecto puede llegar a brindar a los viajes de mayores distancias, se pueden ver reducidos dada la necesidad de transbordo hacia otros medios de transporte.

Por la sobreoferta que existe en este modo de transporte, es importante construir con base a estudios previos una Línea de Metro que logre satisfacer la totalidad de la demanda poblacional, para así poder justificar una obra de esta magnitud, ya que de esta forma será funcional y beneficiará a muchas personas que a diariamente darán uso a la línea

### **Objetivo General**

Revisar y documentar la metodología de planeación para un sistema de transporte urbano tomando como caso la Línea 12 del Metro de la Ciudad de México.

### **Objetivos Específicos.**

- Conocer los procedimientos de planeación de los sistemas de transportes urbanos.
- Distinguir la necesidad de movimiento de la gente en la zona sur del área metropolitana.
- Identificar una Red de Transporte Público de calidad que atienda la demanda de viajes en la Zona Sur.
- Documentar, Revisar y Analizar el volumen de demanda por Estación que integre la Línea 12 Metro, con base en los estudios que se realizaron para dicho proyecto.
- Definir una descripción general de las características de la población que usará y se beneficiará con la red.

- Conocer los documentos en los cuales se está basando el trazo de la Línea 12.
- Determinar el tipo de necesidades de transporte de la población que usará la Línea 12 del Metro.

### ***Justificación o Relevancia del estudio***

La Línea 12 del Metro, se desprende del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros y de la visión de la actual administración del Gobierno del Distrito Federal, la cual se estableció partiendo del estudio de movilidad del área integrada por las 16 delegaciones del Distrito Federal con la participación de autoridades y operadores del transporte público y privado, que durante más de dos años trabajaron coordinadamente bajo un objetivo común: satisfacer una sentida demanda de una porción muy importante de la población de comunicar el sur-oriente con el poniente y con ello contribuir a mejorar la calidad de vida en el Distrito Federal.

Alcanzar este objetivo se plantea importante porque si bien la construcción de la Línea 12 del Metro se concibe como un proyecto tecnológicamente avanzado que traerá grandes beneficios a la población tanto en la reducción de tiempos de traslado como en la mejora en la accesibilidad entre estos municipios conurbados del sur y la zona poniente de la ciudad, el ahorro económico que representará para las personas que se les dará el servicio, así como en la disminución del congestionamiento vial y emisión de contaminantes.

Es necesario revisar: los patrones de movilidad y el contexto socio demográfico, urbano y de transporte, tanto en su carácter local como metropolitano, en el que se inserta este proyecto, pues de ello pueden derivar los alcances, limitaciones y beneficios del mismo.

Con la finalidad de optimizar los puntos anteriores en esta tesis se pretende documentar y revisar la demanda de personas que utilizarán la llamada Línea Dorada del Bicentenario Tláhuac-Mixcoac.

### **Hipótesis.**

Debido a que el objetivo de la investigación es comprobar hechos con información que ya se cuenta, no existe una hipótesis para este proyecto.

# *Capítulo 1*

*Marco  
Teórico*

## **Marco Teórico.**

Siempre que haya que cumplir un objetivo o una meta existirá la oportunidad de ejercer la planificación, esta puede describirse como el proceso reflexivo durante el cual se elige la alternativa que servirá para alcanzar mejor los objetivos del proyecto.

La planeación tiene otro componente importante y complejo: el problema de pensar en el futuro, el problema de adivinar el posible futuro. Este problema generalmente es tratado a través de escenarios. Los escenarios son alternativas de posibilidades de ocurrencias en el futuro por la incertidumbre total que uno tiene en cuanto a la previsión de las variables que intervienen en el problema. Inclusive las variables más simples, como la de población, son difíciles de prever con precisión a largo plazo. La adición de escenarios en el análisis puede ayudar a proveer información adicional con previsiones de tipo optimista, probable y pesimista, pero no elimina la incertidumbre que involucra el prever el futuro. Es necesario enfatizar que la incertidumbre va a existir siempre, lo que se busca es disminuirla.

La incertidumbre es tanto mayor cuanto mayores son los plazos u horizontes de planeación. Las previsiones a largo plazo (10, 15 ó 20 años) son casi totalmente inciertas. No hay ninguna posibilidad de prever todas las variables que interfieren en el problema de transporte urbano a largo plazo. Por lo tanto lo único que se puede hacer a largo plazo es planeación estratégica. Las previsiones pueden tener un grado razonable de precisión a corto plazo (3 años) o a mediano plazo (5 a 6 años). En estos casos ya se puede hacer planeación táctica.

Pero para poder entender el entorno de la planeación así como todo lo que conlleva respecto a teorías y técnicas es importante retroceder y ver que la planeación es la primera y más importante actividad de la administración, ya que es preciso fijar la dirección que habrá de tomar los proyectos, los objetivos de los mismos y los medios para lograrlo, además nos permite diseñar para un mañana incierto con alguna certeza de que se habrían de cumplir los objetivos.

### **1.1 Administración**

Es un conjunto de actividades que se interrelacionan e interactúan, desarrolladas por una organización, para lograr objetivos previamente establecidos. Estas actividades consisten principalmente en:

- Orientar los esfuerzos hacia el logro de objetivos preestablecidos
- Lograr realizar algo a través de personas o proyectos.

Las condiciones esenciales para el ejercicio de la administración entran directamente vinculadas con las actividades de los dirigentes. Dichas actividades consisten en:

- Fijar objetivos
- Comunicar dichos objetivos a los miembros de la organización
- Motivar a los miembros de la organización para alcanzar los objetivos fijados.
- Evaluar permanentemente los resultados desde el punto de vista de la eficiencia y la eficacia

### **1.1.1 Teorías de la administración**

Se considera comúnmente como un esquema conceptual, un conjunto de conceptos interrelacionados respecto a un campo de conocimiento humano. Tiene por objeto sistematizar conocimientos a fin de proporcionar explicaciones de hechos y relaciones observadas y predecir su evolución o aun su primera manifestación.

Es un conjunto de principios y definiciones interrelacionados que sirven, conceptualmente, para organizar de manera sistémica determinados aspectos del mundo empírico.

El conocimiento de la teoría administrativa da una mejor preparación a quien practica la administración y le ayuda a resolver los problemas que le plantea el medio en que se desenvuelve.

Para ser aceptada una teoría administrativa debe cumplir con las siguientes requisitos:

- Tener coherencia interna (no debe tener contradicciones en sus proposiciones)
- Tener coherencia externa (debe evitar los choques con la realidad)
- Ser operativa (permitir que sus proposiciones puedan verificarse fácilmente)
- Ser muy general (explicar en gran número de hechos y no solo unos pocos)
- Resistir a la prudencia científica (debe ser más fácil de explicar y manejar que una teoría exacta)



## **1.2. Gerencia de proyectos.**

La palabra proyecto significa un modelo del emprendimiento a ser realizado con las previsiones de recursos tiempo de ejecución y de resultados esperados<sup>3</sup>. Se refiere a la menor unidad de actividad que puede ser planificada y ejecutada aisladamente.

Lo importante es que el proyecto representa una propuesta concreta de inversión, adecuadamente caracterizada en términos de sus componentes técnicos, económicos, financieros, organizacionales, institucionales y legales.

Todos los proyectos guardan ciertas características entre si tales como.

- Son finitos en el tiempo: el conjunto de actividades definidas para la obtención de una finalidad se sitúan entre un inicio y un fin especificados.
- Son esfuerzos singulares: en el sentido de que las acciones que los definen, no son ni representativas ni homogéneas.
- Establecen requisitos gerenciales propios: en la mayoría de los casos incompatibles con la estructura y funcionamiento de la organización convencional.

### **Las fases de un proyecto**

Desde su concepción hasta su puesta en marcha u operación, el proyecto pasa por una serie de fases intermedias altamente independientes cuyo conjunto se ha dado en llamar “ciclo de vida del proyecto”.

Una relación simplificada de las etapas que incluyen este ciclo puede presentarse como sigue:

- a) Determinación de las necesidades
- b) Fijación de objetivos
- c) Identificación o generación de alternativas
- d) Descripción o especificaciones de las alternativas en términos de sus requerimientos técnicos, financieros, organizacionales, etc., y estimar sus ventajas y desventajas.
- e) Comparación de las alternativas bajo estudio desde el punto de vista de sus ventajas y desventajas.
- f) Selección de la mejor alternativa.

---

<sup>3</sup> Ibarra Coronel, Teodosio, Algunos comentarios sobre aspectos metodológicos en la formulación de proyectos.

- g) Programación detallada de la alternativa seleccionada.
- h) Implantación de la alternativa programada.
- i) Operación, revisión sistemática y control permanente.

El proyecto concluye con la fase de operación cuando las actividades se vuelven repetitivas.

### **1.3 La planeación.**

La planeación, consiste en el proceso a través de cual se analiza la situación actual (dónde estamos), se establecen objetivos (dónde queremos llegar), y se definen las estrategias y cursos de acción (cómo vamos a llegar) necesarios para alcanzar dichos objetivos.

La planificación implica tener uno o varios objetivos a realizar junto con las acciones requeridas para concluirse exitosamente. Va de lo más simple a lo complejo, dependiendo el medio a aplicarse, es la aplicación del conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas para coordinar las actividades que den lugar al cumplimiento de los requerimientos de un proyecto.

Sea cual sea el tamaño del proyecto, la planeación es fundamental para el éxito de éste, ya que sirve como base para las diseñar el proyecto (organización, coordinación y control), y permite reducir la incertidumbre y minimizar los riesgos.

Un proyecto es un esfuerzo asumido temporalmente para crear un producto o servicio único, por lo tanto cada proyecto tiene un principio y fin definidos y el producto será diferente de una manera distinguible de otros.

En la planeación se requiere desglosar el proyecto en actividades, estimar recursos, tiempo e interrelaciones entre actividades. La programación requiere detallar fechas de inicio y terminación.

Teniendo presente la universalidad del proceso la metodología permanece prácticamente igual en todos los niveles de la planificación, variando apenas en el grado de detalle, en medida que se adopta un mayor o menor horizonte de planeación. Para poder realizar a magnitud global la planeación es necesario abarcar el mayor número de variables. Tiene que presentar una secuencia lógica coherente y estar claramente redactada de modo que no contenga ambigüedades que puedan perjudicar su ejecución

#### **1.3.1 Elementos de la planeación**

Cuando se realiza un proyecto de programación, es muy importante la fase de planeación. Se necesita una planeación cuidadosa del proceso de desarrollo y del producto final.

La planeación es un medio que propone utilizar la distribución de los recursos disponibles y su utilización de manera progresiva y organizada, con apego a la línea de acción determinada, para alcanzar un objetivo dado. El objetivo escogido debe ser objeto de análisis y comparación con otros, para luego de determinadas consideraciones, debe de asignársele una prioridad con relación a los intereses de desarrollo bienestar de la colectividad involucrada.

Es básicamente una actividad mental que envuelve los siguientes elementos.

- **El agente** de planificación representado por los individuos o grupos encargados de realizar el proceso en todas sus etapas. Una buena planificación exige de los responsables del proyecto un conocimiento profundo, no solamente de la metodología de planeación, sino también del campo que se propones analizar.
- **El receptor** es el objeto de la planificación, aquel que pretende llevar a la situación deseada y puede ser tanto un ramo de la economía como un sector determinado, una comunidad, una línea de producción, etc.
- **La previsión** es el elemento sobre el cual se fundamente todo proceso de la planeación y en cuya órbita actúan los demás. Busca principalmente anticipar, en cuanto sea posible el comportamiento de las variables que se encuentran fuera del control humano de modo que se pueden crear medios de adaptación a sus efectos o dar soluciones de emergencia. Así mismo busca anticipar el comportamiento de las variables susceptibles de control a fin de determinar parámetros que permitan evaluar en cada momento el desempeño del sistema.
- **La información** disponible que, dependiendo de su calidad, de su cantidad y del horizonte de tiempo sobre el cual se extiende, determina el mayor o menor poder de acción del agente sobre las variables. Cuanto mayor sea ese horizonte de tiempo, mayor será la incertidumbre asociada a la información correspondiente.
- **Los medios** representados por los recursos físicos, humanos y financieros disponibles y cuya combinación debe, conducir al resultado
- **Los plazos** que definen el periodo dentro del cual deberán alcanzarse los objetivos. La fijación de plazos irreales conduce a una pérdida de eficiencia. La falta de tiempo útil para una planificación adecuada puede ocasionar serias repercusiones en el desarrollo posterior de los trabajos.

- **La coordinación** el propósito es la concentración de las acciones teniendo en cuenta la conexión entre ellas, las prioridades y los requisitos de cada una de las mismas en lo que se refiere a la absorción de recursos físicos, financieros y humanos.
- **La eficiencia** construye uno de los criterios permanentes para la evaluación de las ventajas y desventajas de cada acción que ha de prescribirse.
- **Propósitos o Misiones** - La misión o el propósito identifica la función o tarea básica de un proyecto. Cualquier clase de operación organizada tiene propósitos o misiones.
- **Objetivos** - Los objetivos o metas son los fines a los que se dirige la actividad: son los resultados a lograr. Representan el fin hacia el que se encamina la organización, la integración de personal, la dirección y el control. Los objetivos del proyecto son el plan básico del mismo. Naturalmente, sus metas contribuyen al logro de los objetivos del proyecto.
- **Estrategias** - Denotan casi siempre un programa general de acción y un despliegue de esfuerzos y recursos para alcanzar objetivos amplios. Se definen como el resultado del proceso a decidir sobre los objetivos de la organización, sobre los cambios en éstos, sobre los recursos usados para alcanzarlos y sobre las políticas que han de regular la adquisición, el uso y la disposición de estos recursos.
- **Políticas** - Son también planes en el sentido de que son enunciados generales o maneras de entender que guían o canalizan el pensamiento o la acción en la toma de decisiones, éstas delimitan el área dentro de la cual una decisión ha de ser tomada y aseguran que esté de acuerdo y contribuya a los objetivos. Las políticas definen un área dentro de la cual se va a tomar una decisión y aseguran que ésta sea consistente con un objetivo y contribuya al logro del mismo
- **Procedimientos** - Son planes que establecen un método requerido de manejar las actividades futuras.
- **Programas** - Son un conjunto de metas, políticas, procedimientos, reglas, asignaciones de tareas, pasos a seguir, recursos a emplear y otros elementos necesarios para llevar a cabo un determinado curso de acción.
- **Presupuestos** - Es una declaración de los resultados esperados, expresados en términos numéricos. Se puede considerar como un programa llevado a números. El presupuesto se puede expresar en términos financieros o en términos de horas de trabajo, unidades de producto, horas-máquina, o cualquier otro término medible numéricamente.
- La decisión corresponde a la formalización de la acción que ha de desencadenarse en cada etapa del proceso continuo que deberá llevar a la consecución del objetivo deseado.

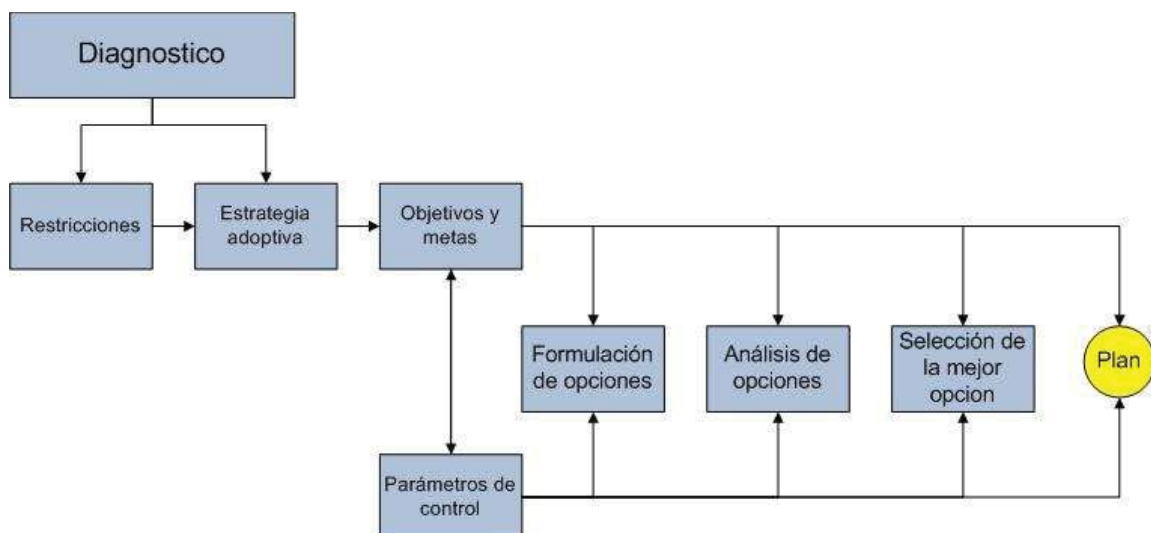
Una de las ventajas de la planificación es que, aun cuando el futuro no se materialice en la forma esperada, el hecho de haberse pensado y estudiado diversos cursos de acción al respecto proporciona al agente mejores condiciones de adaptación y respuesta a situaciones imprevistas.

Para que el proceso de planificación se realice de modo pleno es indispensable que esos elementos se consideren en conjunto y nunca de manera aislada. Así el grado de eficiencia de una acción solo puede ser evaluado correctamente si tenemos la certeza de que se cumplirán todos los requisitos de prestar atención a los objetivos, plazos y coordinación.

### 1.3.2 Clasificación de la planeación.

Para fines del proceso de planeación puede clasificarse de diversas maneras:

- a) **En cuanto al objeto de la planeación:** se refiere al objeto al que se pretende aplicar el proceso.
- b) **En cuanto al nivel o espacio de la planificación:** se refiere al tipo de espacio que ocupara la planeación
- c) **En cuanto al horizonte de tiempo de la planificación:** es el tiempo durante el cual se pretende ejercitar la acción determinada por el proceso de planificación. Es práctica generalizada como un proceso corto, mediano o largo plazo, dependiendo del tiempo en que el agente se propone alcanzar los objetivos formulados. Entre menor sea el tiempo a planificar menor será la incertidumbre de nuestro proyecto.



Fuente: Proyectos de desarrollo Planificación implementación y control, Escuela interamericana de Administración pública

### **1.3.3 Proceso de la planeación**

Es relevante el hecho de que existan varios modelos de ciclo de vida, ya que se puede utilizar el más adecuado, dependiendo de la naturaleza del trabajo que se está desarrollando. Los pasos necesarios para realizar una planeación, son los siguientes:

#### **1) Análisis de la situación actual**

En primer lugar debemos hacer un análisis externo, que nos permita conocer la situación del entorno y detectar oportunidades y amenazas, y un análisis interno, que nos permita conocer el estado o capacidad del proyecto y detectar fortalezas y debilidades.

En el análisis externo evaluaremos las fuerzas económicas, sociales, gubernamentales, tecnológicas; así como a la competencia, clientes y proveedores. Evaluaremos aspectos que ya existan, así como aspectos que podrían existir (tendencias).

Y en el análisis interno evaluaremos los recursos con que cuenta la empresa, ya sean financieros, humanos, materiales, tecnológicos, etc.

#### **2) Delimitación del problema.**

La delimitación del problema se refiere a identificar todos aquellos aspectos que son importantes para el desempeño de una actividad y aislar todos aquellos que no interfieren en el mismo.

En la delimitación del problema se deben de escribir cada uno de los recursos y procesos que intervienen dentro del área del proyecto, para analizar cada uno de ellos y seleccionar aquellos que realmente intervengan dentro del problema identificado.

El objetivo de delimitar el problema es disminuir el grado de complejidad del proyecto para atender solo aquellos aspectos que son requeridos.

#### **3) Establecer objetivos**

Una vez realizado el análisis de la situación, pasamos a establecer los objetivos del proyecto, de acuerdo a los recursos o la capacidad que éste posea, y de acuerdo al entorno externo que hemos analizado.

Con esto logramos proporcionar todos los elementos posibles que ayuden a soportar con bases firmes y concretas todos los elementos que son necesarios por el proyecto para su operación óptima.

Dentro de un proyecto puede haber uno o más objetivos, los cuales pueden encontrarse en diferentes etapas del proyecto.

Los objetivos para los proyectos de programación deben ser específicos, pocos en número y factibles en un tiempo; además deben redactarse de modo que su logro pueda definirse con claridad.

#### **4) Formular estrategias**

Una vez que hemos establecido los objetivos, pasamos a determinar las estrategias o las acciones que vamos a tomar, necesarias para alcanzar dichos objetivos, consiste en la identificación y organización de todas las actividades y procesos importantes que intervienen en la búsqueda de una meta u objetivo, estas etapas deben ser definidas en función de sus características e importancia que presenten.

Las actividades resultantes deben ser descritas y desarrolladas para conocer sus características, posteriormente debe de asignarse un nivel de importancia a cada una de ellas considerando aquellas actividades estrictamente necesarias para alcanzar el objetivo deseado.

#### **5) Diseñar programas o planes de acción**

Una vez determinadas las estrategias o las acciones que vamos a tomar, pasamos a desarrollar los programas o planes de acción, que consisten en documentos en donde se especifica cómo se van a alcanzar los objetivos propuestos.

Esta etapa se refiere a todas aquellas actividades necesarias para organizar y ordenar adecuadamente un proyecto, implica que cada una de las tareas o actividades que componen un proyecto deben estar muy bien definidas con el fin de identificar y conocer todos los aspectos y elementos importantes, y a su vez poder aplicar buenos métodos de control que permitan llevar a cabo el proyecto de la mejor manera. Los pasos que contempla esta etapa son:

- Desglosar actividades generales.
- Analizar y profundizar cada actividad en sub-actividades.
- Conocer el detalle de cada sub-actividad.
- Aplicar elementos de control para cada actividad y sub-actividad.

- Identificar formas de evaluarlas.
- Consolidar y fortalecer cada actividad.

En dichos programas o planes, debemos especificar:

- Los pasos a seguir: qué tareas se van a realizar, necesarias para implementar o ejecutar las estrategias o acciones.
- La asignación de recursos: qué recursos se van a utilizar y cómo se van a distribuir.
- Los responsables: quiénes serán los encargados de llevar a cabo, implementar o ejecutar las estrategias o acciones.
- El cronograma con fechas y tiempos: cuándo se implementarán o ejecutarán las estrategias o acciones, y en qué tiempo se obtendrán resultados.
- El presupuesto: cuánto se invertirá en la implementación o ejecución de las estrategias o acciones.

#### 1.3.4. Tipos de planeación

La planeación en un proyecto, básicamente puede ser de dos tipos: planeación estratégica y planeación táctica:

- **Planeación estratégica** Se analiza la situación actual, se establecen los objetivos *generales* del proyecto, y se diseñan estrategias, cursos de acción y planes *estratégicos* necesarios para alcanzar dichos objetivos; planes que afectan una gran variedad de actividades y que parecen simples y genéricos. La planeación estratégica se realiza a nivel de la organización, es decir, considera un enfoque global del proyecto.
- **Planeación táctica** En la planeación táctica se analiza la situación actual, se establecen los objetivos *específicos* o metas del proyecto, y se diseñan estrategias, cursos de acción y planes *tácticos* necesarios para lograr dichos objetivos; planes que a diferencia de los planes estratégicos, tienen un alcance más estrecho y limitado, y se establecen con mayor detalle. La planeación táctica se realiza a un nivel funcional, es decir, considera solamente cada área del proyecto, por lo que debe ser elaborada por los responsables o jefes de cada área, y ser realizada a mediano plazo.

La planeación determina lo que se necesita hacer, quién lo hará, cuánto tiempo se necesitará y cuánto costará. El resultado de este esfuerzo es un plan de línea base. El dedicar tiempo a desarrollar un plan bien pensado es crítico para el logro



exitoso de cualquier proyecto. Porque muchos de ellos han excedido sus presupuestos, fallado en las fechas de terminación, o han satisfecho sólo en forma parcial sus especificaciones técnicas, debido a que no existía un plan de línea base viable antes de iniciar el proyecto. Es importante que las personas que participarán en la realización del proyecto también colaboren en la planeación del trabajo. Por lo general son los que conocen más sobre qué actividades detalladas son necesarias de realizar.

### **1.3.5. Importancia de la planificación**

Existen poderosas razones que nos inducen a afirmar que no solo merece la pena planificar, sino que es totalmente necesario que los proyectos que están realizando las empresas, en momentos de tanta incertidumbre y cambio como los actuales, planifiquen sus actividades y no se conviertan en Barcos a la deriva.

La importancia fundamental de la planificación se encuentra dada por los siguientes puntos:

- Neutralización de la incertidumbre y el cambio. El futuro se caracteriza por la incertidumbre y el cambio.
- Concentración de la atención en los objetivos: Debido a que toda la planificación está dirigida hacia la obtención de los objetivos del proyecto, el acto mismo de planificar concentra su atención en esos objetivos.
- Obtención de una operación económica. La planeación minimiza los costos debido a la importancia que da a una operación eficiente y consistente.
- Propicia el desarrollo del proyecto al establecer métodos de utilización racional de los recursos.
- Reduce los niveles de incertidumbre que se pueden presentar en el futuro, más no los elimina.
- Prepara a la empresa para hacer frente a las contingencias que se presenten en el proyecto, con las mayores garantías de éxito.
- Mantiene una mentalidad futurista teniendo más visión del porvenir y un afán de lograr y mejorar las cosas.
- Establece un sistema racional para la toma de decisiones, evitando las corazonadas o empirismo.
- Reduce al mínimo los riesgos y aprovecha al máximo las oportunidades.
- Promueve la eficiencia al eliminar la improvisación.
- Disminuye al mínimo los problemas potenciales y proporciona al administrador magníficos rendimientos de su tiempo y esfuerzo.
- Permite al ejecutivo evaluar alternativas antes de tomar una decisión

Planear es tan importante como organizar, dirigir o controlar, porque la eficiencia no se logra con la improvisación y, si administrar es hacer a través de otros, necesitamos hacer planes sobre la forma como esa acción se habrá de coordinar.

Para desarrollar una producción de clase Mundial todos deben estar conscientes de que la planificación debe convertirse en la forma usual de trabajar.

#### **1.4. El plan**

Es el resultado del proceso de planificación, es el documento que fundamenta y en el cual se deja constancia de las decisiones tomadas durante el proceso de planificación. La finalidad es la optimización de los recursos disponibles y una vez alcanzada esta, la orientación del comportamiento de las personas en el sentido de obtener los resultados deseados. En consecuencia todo plan debe contener dos requisitos fundamentales:

1. Describir acciones a ejecutar y sus resultados
2. Construir un vehículo formal de coordinación

Es importante recalcar que la viabilidad en el proceso de planeación se desarrolla con sujeción a determinadas limitaciones, no solo relativas a la escasez de recursos, sino también a las derivadas del medio ambiente, social, político, institucional, empresarial etc. todas estas limitaciones deben ser consideradas, analizadas y evaluadas durante la planificación a fin de conocer que la opción seleccionada que fue seleccionada pueda ser puesta en práctica y conduzca a los resultados deseados. Este es el requisito número uno en cualquier plan. La posibilidad de ejecución en un plan se evalúa a través de estudios de viabilidad, los cuales pueden adoptar diversas denominaciones como son:

- Viabilidad económica-financiera
- Viabilidad técnica
- Viabilidad estratégica

El termino plan se utiliza para designar una declaración de intención de realizar inversiones que puedan incluir toda la economía o solamente sectores o segmentos de ella. Representa el resultado de la planificación en su nivel jerárquico más alto y los pensamientos y decisiones de agentes situados en los órganos administrativos de mayor poder de decisión.

Por lo general un plan consiste en un conjunto complejo de objetivos y acciones de donde surgen la necesidad, para volverlo operativo, de desmembrarlo en

conjuntos de menor complejidad. Cada uno de estos conjuntos se denomina **Programa**.

Cada programa puede subdividirse en un determinado número de proyectos, este es la descripción de una actividad limitada en el tiempo y en el espacio con la finalidad de cumplir un objetivo específico que se intercala entre los objetivos de un programa y, en último análisis de un Plan.

Se denomina también programa al resultado del proceso de programar. El proceso de programar ocurre en la etapa de la planeación en que se estudia la agregación de Proyectos, generalmente con el apoyo de modelos y técnicas matemáticas denominadas técnicas de programación.

El proceso de programar se da también en la etapa de la planificación, en que se procura asociar a cada actividad una escala de tiempo y de utilización de recursos. En este caso, los programas existen como componentes del Plan del Programa propiamente dicho y del proyecto.

### **1.5. La planificación de la ejecución y del control.**

Aunque no siempre sea explícito, todo proceso de planificación, una vez desarrollado plenamente, incluye etapas que corresponden a la planificación de la ejecución y la planificación del control.

- **La planificación de la ejecución:** Esta etapa consiste en el detalle de las diversas actividades que deberán realizarse para la concreción de los objetivos específicos. Ese detalle debe hacerse de manera que permita al agente dirigir la ejecución sin interrupciones, ambigüedades, dudas o cualquier otra dificultad que perturbe el desarrollo de los trabajos. Muchas veces el detalle exige un esfuerzo especial de análisis, principalmente en los planes de mayor complejidad, esfuerzo que se materializa en un documento denominado "Plan de Ejecución".
- **La planificación de control:** Es una etapa que no tiene una posición fija en la cronología de la planificación. Se realiza durante todo el desarrollo del proceso paralelamente a las demás etapas. Por eso no siempre se le da la importancia que merece y pasa inadvertida para muchos planificadores. Consiste en la determinación de los parámetros que indicaran, durante la etapa de ejecución, si cada una de las actividades ha ocurrido de manera satisfactoria, es decir conforme a lo planificado. El proceso de planificación debe prever siempre, no solo la realización de un hecho determinado, sino

también los medios de evaluación de ese hecho y sus repercusiones sobre los demás hechos y las actividades futuras.

La omisión de esos elementos en el plan, o la negligencia en expresarlos de manera clara y categórica, son cosas que suceden con cierta frecuencia. El resultado es que, al entrar en la etapa de ejecución, se percibe la falta de elementos para la evaluación de las acciones tomadas. Como consecuencia, se produce un esfuerzo natural por reconstruir los criterios de evaluación a partir de los resultados obtenidos. Cuando se materializa significa la negación misma de la planeación.

### **1.5.1 Ejecución.**

Todo plan se elabora teniendo en cuenta su ejecución. En esta etapa se desencadenan las acciones previstas en el plan, entre ellas la contratación y responsabilidades, la distribución de tareas, la asignación de plazos y recursos para la ejecución de cada actividad elemental. Para la ejecución de un plan se necesita la creación de la infraestructura administrativa y física que permitirá la realización de las acciones prescritas. Es en esa etapa de operaciones, propiamente dicha en la que prueba la calidad de la planificación. Las situaciones imprevistas que siempre ocurren, pueden representar pequeñas o grandes amenazas a la consecución del plan. Varían desde problemas triviales, susceptibles de solución al nivel operativo, hasta los grandes errores que amenazan echar por tierra todo el esfuerzo realizado y que deben ser puestos a consideración en los más altos escalones administrativos y políticos. Para detectar esos errores e identificar su mayor o menor gravedad, es que se intercalan en el plan determinados elementos de control.

### **1.5.2. Control.**

Es una actividad trivial que forma parte de la vida cotidiana del ser humano, conscientemente o no. La finalidad básica del control es la modificación del comportamiento de la persona u objeto que se controla. Consecuentemente, tratándose de la creación de sistemas de control fundamental preguntar, al introducirse cada variable en el sistema, cual es el tipo de modificación que deberá acarrear aquella en el comportamiento de la persona o del objeto sometido al control. En el caso del control administrativo, se mira básicamente el comportamiento humano.

El control es una función que se realiza mediante parámetros que han sido establecidos anteriormente al acaecimiento del fenómeno controlado, es decir el

mecanismo de control es fruto de una planificación y, por lo tanto apunta al futuro. El sistema de control se proyecta sobre la base de previsiones del futuro y debe ser suficientemente flexible para permitir adaptaciones y ajustes que se originen en discrepancias entre el resultado previsto y el ocurrido. El control es una función dinámica, no solo porque admite ajustes sino también por estar presente en cada actividad, renovándose ciclo tras ciclo.

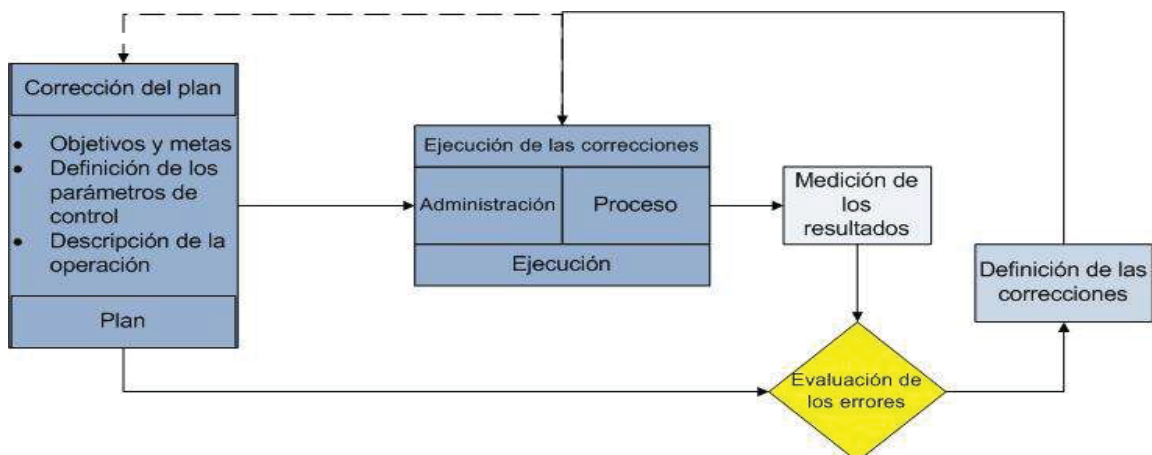
### **Tipos de control.**

Aunque obedeciendo siempre al esquema conceptual general, los mecanismos de control pueden clasificarse, dependiendo del momento en que se realice la acción de control en la forma:

- a) **Control direccional:** el mecanismo de control actúa antes de que la actividad este totalmente concluida. En ese caso el control se realiza de modo continuo y no en puntos determinados, de modo que cada elemento de la acción sea el resultado de la rectificación casi instantánea de la acción anterior.
- b) **Control aprobado-reprobado:** el receptor del control se somete a un examen después de concluidas determinadas actividades. En caso de aprobación se permite la realización de la actividad siguiente. Si hubiera una rectificación, el proceso se interrumpe definitivamente o hasta que se subsanen las irregularidades. Este es el caso típico de un control de calidad.
- c) **Control postoperacional:** el mecanismo de control solo se pone en funcionamiento después de concluida toda la operación. Este tipo de control se utiliza también con la finalidad de premiar a los participantes en las actividades

### **El proceso de control.**

El control, tal como la planificación, la organización y la dirección, es una actividad que se entrelaza y se superpone a las demás formando parte integrante del proceso administrativo.



Fuente: Proyectos de desarrollo Planificación implementación y control, Escuela interamericana de Administración publica

El control consiste en el conjunto de acciones efectuadas por el agente con el propósito de que las actividades se realicen de conformidad con el plan. Esas acciones obedecen a una secuencia determinada, construyendo el proceso de control esta secuencia es la siguiente:

- a) **Definición de los parámetros de control:** Son los elementos que permiten al sistema de control determinar si las acciones están o no condicionando al receptor en dirección a la situación deseada. La determinación de esos parámetros ocurre durante el proceso de planificación en la etapa en que se definen determinados componentes del sistema de control. Es en ese punto que la planificación y el control se funden. La dificultad de la determinación de los parámetros es que no siempre los resultados de las actividades que se pretenden controlar son tangibles, lo que dificulta el control, pues los criterios detectores y de evaluación de errores quedan sujetos a la influencia de factores subjetivos.
- b) **Medición de los resultados:** Todo sistema de control debe poseer medios para verificar el resultado de cada actividad. Esta verificación puede presentarse bajo una forma cuantitativa. Cuando no es posible la verificación cuantitativa directa, se procura efectuar de modo subjetivo.
- c) **Evaluación de los errores:** La evaluación consiste en la comparación entre los resultados que se pretendían obtener y aquellos efectivamente alcanzados. Por la propia incertidumbre inherente al proceso de planeación, solo en raras ocasiones hay coincidencia entre lo previsto y lo real. Es necesario, en consecuencia determinar la magnitud de la diferencia comprobada y sus repercusiones sobre el proceso de ejecución del plan.

- d) **Definición de las correcciones:** Una vez verificado un error y evaluada su gravedad, se hace necesario analizar las posibles soluciones existentes y seleccionar aquellas que parezca más adecuada
- e) **Ejecución de las correcciones:** Las soluciones encontradas deben traducirse en lenguaje apropiado para quienes se encarguen de ejecutarlas y con un grado de detalle más elevado tomando en cuenta el nivel jerárquico del agente ejecutor.

El mejor sistema de control puede revelarse inútil si las señales que emite no encuentran receptibilidad. Un sistema de control solo se manifiesta eficaz cuando existe alguien que responda a sus señales y adopte las medidas que la situación exija.

En lo que se refiere específicamente a la planeación y al control, surgieron técnicas interdisciplinarias, que haciendo uso de la formulación matemática de problemas y de la metodología de análisis de sistemas, se incorporan al instrumento de uso corriente para el desarrollo de proyectos.

# *Capítulo 2*

*Planeación del  
Transporte  
urbano.*



## **Planeación del Transporte urbano**

La planificación de transporte se puede definir como la disciplina que permite anticipar situaciones futuras y plantear soluciones realizables y factibles. En teoría, busca por medio del análisis de la situación actual el obtener soluciones que logren un sistema de transporte que permita la movilidad y la accesibilidad de sus usuarios.

La formación de un sistema de transporte en México ha sido evolutiva, no el resultado de un plan maestro. El sistema con el que se cuenta actualmente es el producto de muchas decisiones individuales de construir o mejorar sus diferentes partes. La mayoría de estas instalaciones de transporte se seleccionaron para construirse o para remodelarse, debido a que los responsables llegaron a la conclusión de que el proyecto desembocaría en una mejora en general.

En México se ha omitido la importancia de formar cuadros de personas orientadas al estudio racional de la problemática del transporte y sus alternativas de solución. En virtud de ello es posible observar en no pocas ocasiones situaciones incongruentes, como la poca coordinación entre medios de transporte, el diseño de estaciones ajenas y hasta contrarias a la necesidad del usuario, localizadas en sitios que dificultan la solución a las necesidades de movilidad de la población.

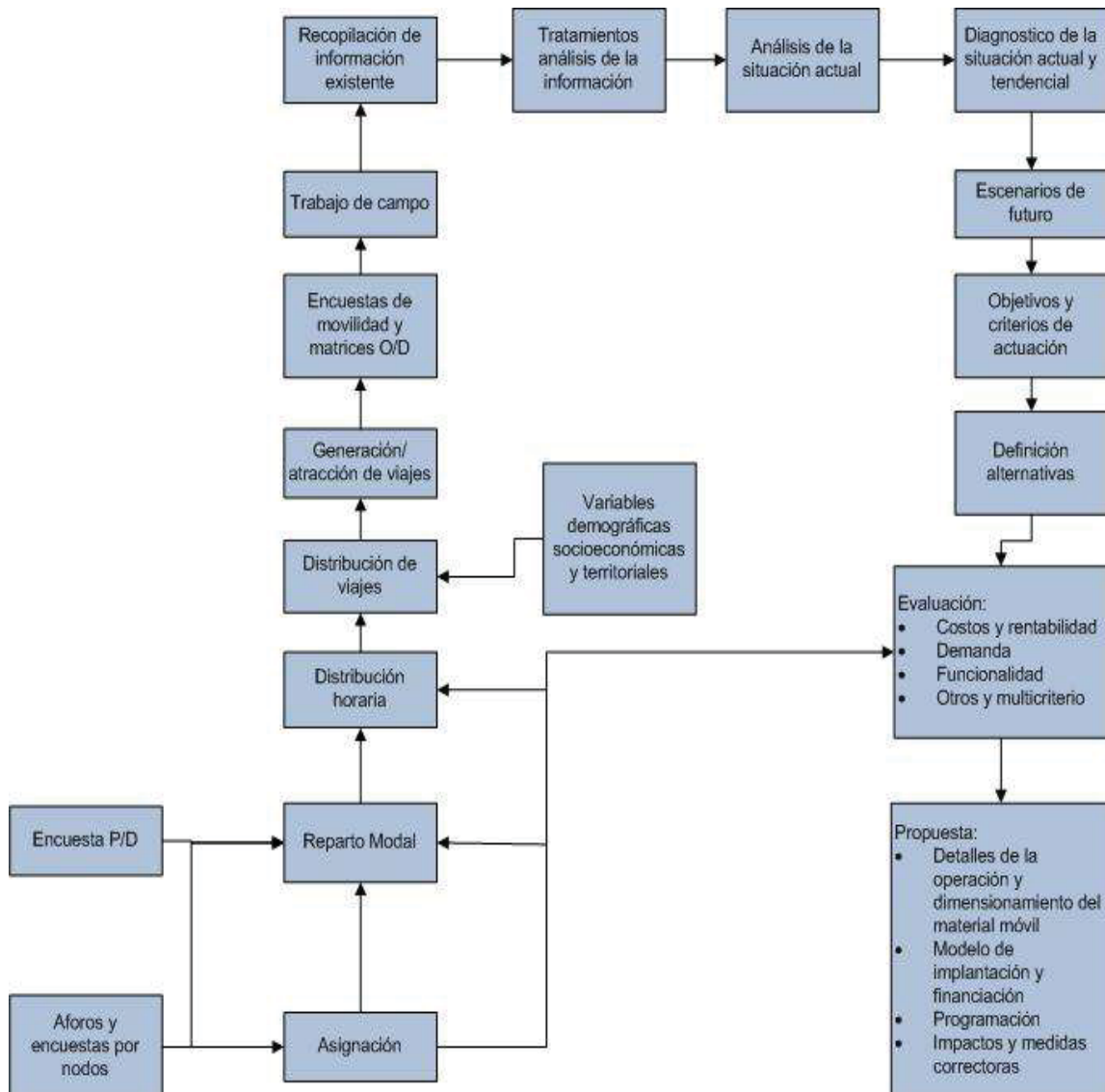
Para ello es necesario conocer el sistema y el comportamiento de sus elementos, para poder evaluar lo que está sucediendo, lo que puede ocurrir si se continúa con la misma tendencia, y lo que se puede lograr en el futuro al mejorar la situación presente.

El ejercicio de planeación permite a los administradores establecer prioridades de inversión y anticiparse a los requerimientos de la demanda de viajes, pues a la vez que cuantifica la demanda permite hacer estimaciones y pronósticos para proveer una oferta que satisfaga de manera armónica la demanda en los componentes de los sistemas de transporte.

La operación de un sistema de transporte será el conjunto de procesos y procedimientos que garantizan que el sistema de transporte preste un nivel de servicio mínimo.

La planeación tiene otro componente importante y complejo: el problema de pensar en el futuro, este problema generalmente se trata a través de escenarios. Los escenarios son alternativas de posibilidades de ocurrencias en el futuro por la incertidumbre total que uno tiene en cuanto a la previsión de las variables que intervienen en el problema.

## Esquema detallado de una planificación general del transporte.



Fuente: Manual de tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada. Clara Zamorano

Es necesario enfatizar en que la incertidumbre va a existir siempre, lo que se busca es disminuirla. La incertidumbre es tanto mayor cuanto mayor son los plazos u horizontes de planeación. No hay ninguna posibilidad de prever todas las variables que interfieren en el problema de transporte a largo plazo.

La actividad de la planeación del transporte público de personas no se puede aislar del contexto urbano en donde se desea implantar. Es necesario que en paralelo se aborden campañas para educar en vialidad a las personas, establecer

programas de capacitación para conductores y en general adoptar medidas enérgicas para disminuir los cada día más graves problemas de circulación y poder aprovechar la estructura urbana.

A la fecha, el automóvil ha demostrado poca eficiencia en cuanto a la relación espacio ocupado y contaminación generada por persona atendida, lo que nos obliga a controlar y limitar su proliferación, con medidas racionales para el uso en el área urbana que día con día se hace más escasa en espacios para acomodar tanto vehículo de transporte privado, lo que restringe, limita y socava el espacio peatonal y las áreas verdes tan necesarias para salvaguardar la salud física y mental de los habitantes. Y por el otro a considerar como alternativa viable para el futuro de los grandes asentamientos humanos el transporte público de personas, aun y con las limitaciones que implica para el ser humano que lo utiliza, ya que no es posible ajustarlo a cada particularidad, sino a una generalidad evaluada y jerarquizada para garantizar su éxito y la preferencia del usuario.

El hecho de que las personas que conviven en un asentamiento urbano pierdan de vista el enorme esfuerzo que es necesario conjuntar para suministrar a los habitantes un transporte público regular, oportuno, puntual, seguro, cómodo y económico, hace necesario documentar las características con que conviene dotar al Sistema de Transporte Público de Personas.

La planificación del transporte urbano incluye la evaluación y la selección de la infraestructura vial o de tránsito, que sirva a los usos de suelo presentes y futuros.

La planificación de transporte urbano se interesa en dos horizontes de tiempo. El primero hace énfasis en el corto plazo y selecciona proyectos que puedan implementarse dentro de un periodo de uno a tres años. Estos proyectos están diseñados para suministrar una mejor administración de las instalaciones existentes haciéndolas tan eficientes como sea posible. El segundo horizonte de tiempo tiene que ver con las necesidades de transporte a largo plazo de un área e identifica los proyectos que se van a construir en un periodo de 20 años.

Los proyectos a corto plazo incluyen programas como la sincronización de los semáforos de tránsito para mejorar el flujo, optimizar el uso de vehículos particulares para reducir congestiones, áreas de estacionamiento.

Los proyectos a largo plazo incluyen programas como la adición de nuevos elementos en las vialidades, líneas adicionales de autobuses o metro y uso exclusivo de carriles, sistema y ampliación de transporte rápido o vías de acceso para aeropuertos o centros comerciales.

## **2.1. El proceso de planeación de un sistema de transporte.**

El énfasis en la planeación del transporte urbano ha cambiado en los últimos años. Los procedimientos anteriores estaban más involucrados en la provisión de oferta para satisfacer la demanda.

Las herramientas de planeación, especialmente los modelos matemáticos, también reflejaban este espíritu con la elaboración de modelos integrados de uso del suelo y de transporte y, con procedimientos de elaboración de planos muy caros y generalmente muy tardados.

Con la crisis económica y con la introducción de las computadoras personales se cambió el énfasis. Con la falta de recursos para obras, se dirigieron los esfuerzos a la búsqueda de alternativas de bajo costo para mejorar y operar mejor el sistema existente.

El proceso de planificación de los sistemas de transporte es un proceso racional, que trata de proporcionar información no sesgada acerca de los efectos que el proyecto de transporte propuesto ejercerá sobre la comunidad y sobre los usuarios esperados. La planeación del transporte busca optimizar los procesos de planificación, diseño y análisis. Debe ser comprendido como un conjunto de actividades relacionadas entre sí que tienen por objetivo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, específicamente en los aspectos relacionados al funcionamiento del sistema de transporte.

El proceso debe de ser lo suficiente flexible para ser aplicable a cualquier proyecto o sistema de transporte, este no está pensado para proporcionar una decisión o para dar un solo resultado que debe seguirse. En lugar de ello, el proceso está pensado para dar información apropiada a aquellos que tendrán la responsabilidad de decidir si el proyecto de transporte debe continuar.

La planificación del transporte se define como un proyecto que estudia demandas presentes y futuras de movilidad de personas y material. Estos proyectos están precedidos por estudios de movimientos y necesariamente involucran a los diferentes medios de transporte.

El uso de la palabra "proceso" indica que la planeación debe ser una actividad continua, que acompaña la evolución del sistema estudiado así como la naturaleza de sus problemas y de la eficacia de las soluciones adoptadas. Es fundamental

que la planeación sea conducida por un enfoque sistemático, considerando los componentes del sistema estudiado, las relaciones entre ellos y su comunicación con su ambiente interno.

La planificación es la fase fundamental del proceso de desarrollo y organización del transporte, pues es la que permite conocer los problemas, diseñar o crear soluciones y, en definitiva, optimizar y organizar los recursos para enfocarlos a atender la demanda de movilidad. En ella hay que destacar la importancia de asignar en los presupuestos los recursos.

El proceso de planificación del transporte comprende siete elementos básicos que están interrelacionados y que no necesariamente se desarrollan en forma secuencial. La información adquirida en una fase del proyecto puede ser útil para la alguna fase anterior o posterior de modo que hay una continuidad o un esfuerzo que finalmente conduce a una decisión. Tiene las siguientes etapas:

**Definición de la situación:** Incluye todas las actividades que se requieren para entender la situación que dio lugar a la necesidad percibida de una mejora al transporte. Recolecta una gran cantidad de información, para realizar un diagnóstico de la situación del sistema de transporte. En esta fase se describen los factores básicos que originaron la situación presente y se establece el alcance del sistema que se va a estudiar. Se analiza el sistema presente y se describen sus características. Se establece tanto el alcance del estudio como el dominio del sistema que se va a investigar.

**Definición del problema:** En esta etapa se describe el problema en términos de los objetivos que el proyecto debe alcanzar y traducir estos en criterios que puedan cuantificarse. Al estar determinados los objetivos, los planificadores saben hacia dónde dirigir el diseño de los planes y pueden evaluar la bondad de cada alternativa diseñada. Los objetivos son declaraciones de propósitos y los criterios son las medidas de efectividad que pueden usarse para estimar el desempeño que tendrá el proyecto de transporte propuesto, para alcanzar los objetivos que se propone. Deben identificarse las características de un sistema aceptable y observarse limitaciones y requerimientos específicos.

**Búsqueda de soluciones:** Se considera una variedad de ideas, de diseños, de ubicaciones y de configuraciones del sistema que puedan proporcionar soluciones al problema. Esta es la etapa de la lluvia de ideas. Entre las opciones que pueden emplearse están los diferentes tipos de tecnología del transporte o de vehículos, las diferentes disposiciones del sistema o de la red y los diferentes métodos de operación. Esta fase incluye los estudios preliminares de factibilidad.

**Análisis del desempeño:** El propósito de esta etapa es estimar como se comportaría cada una de las alternativas propuestas en las condiciones presentes y futuras. Este elemento incluye el uso de modelos matemáticos para estimar la demanda de viajes. Se determinan el número de personas o de vehículos que van a usar el sistema y estos resultados, expresados como vehículos o personas sirven como base para el diseño del proyecto. También se determinan otra información acerca del uso del sistema tal como la duración de los viajes en el día la ocupación de los vehículos, que se emplean para calcular los beneficios de los usuarios para diferentes criterios o medidas de efectividad. Es importante recalcar que para cumplir con un objetivo usualmente hay más de una alternativa que lo logra. Algunas veces a esta tarea se le denomina el proceso de planificación del transporte.

**Evaluación de las alternativas:** Su fin es que los tomadores de decisiones puedan escoger la más conveniente para la sociedad. La evaluación por lo general es multicriterio e incluye criterios tales como la evaluación económica y medidas de efectividad y de costo-efectividad<sup>4</sup>. Se usan los datos de desempeño producidos en la fase de análisis para calcular los beneficios y los costos que resultaran si se selecciona el proyecto. En los casos donde los beneficios no pueden reducirse a un valor monetario, pueden asignarse una jerarquía ponderada para cada alternativa y compararse con los otros proyectos propuestos. En situaciones complejas en las cuales hay muchos criterios, que se expresa tanto en términos monetarios como no monetarios, los resultados pueden mostrarse simplemente en una matriz costo-efectividad.

**Selección del proyecto:** La selección final del proyecto se hace después de considerar todos los factores que intervienen.: Se determina el orden en el cual van a ser implementadas las medidas así como el posible presupuesto que nos va a generar la obra en su puesta en marcha

**Especificación y construcción:** Una vez seleccionado el proyecto de transporte se comienza una fase detallada de diseño, en la cual se especifica cada uno de los componentes de la instalación. Para una instalación de transporte, esto incluye su ubicación física dimensionamiento, geometrías y la configuración estructural. Se hacen planos de diseño para que el contratista pueda usar para estimar el costo de construcción del proyecto. Cuando se adjudica el proyecto a una compañía constructora, estos planos serán la base sobre la cual se construya el

---

<sup>4</sup> Las medidas de efectividad indican el grado en el cual una alternativa cumple con un objetivo. Las de costo-efectividad indican el grado en el que se cumple un objetivo por unidad monetaria.

proyecto. En esta etapa se hacen evaluaciones de la forma como han sido implementados los planes propuestos, con el objetivo de aprender para futuras rondas del proceso de planeación.

### ***El proceso tradicional de planeación<sup>5</sup>***



Fuente: "Ingeniería de tránsito y de carreteras", Nicholas J. Garber

Aun cuando técnicamente se requiere de un cúmulo de conocimientos y herramientas para efectuar la planeación del transporte, es un "arte" el encontrar el mejor diseño que tome en cuenta todas y cada una de sus múltiples y variadas circunstancias e instalaciones, lo que demanda enorme esfuerzo y gran dedicación para lograr que cumpla su función en forma eficiente.

La buena interpretación y el mejor manejo que se haga de todos estos eventos impactará en forma contundente sobre los resultados que se deriven de la implementación y operación futura del sistema de transporte. El escenario que nos ofrece la zona metropolitana de la Ciudad de México hace evidente que las circunstancias han rebasado a los proyectos, y es imperativo emprender acciones que permitan resolver los problemas resultantes; aquí trataremos de brindar opciones para trabajar el aspecto del transporte, lo que permitirá evitar el que las circunstancias lo minimicen y reduzcan, como a la fecha ocurre.

#### **2.1.1 Causas de las fallas en la planeación**

En algunas ciudades en los países en desarrollo, el nivel de congestión es exageradamente alto. La congestión se debe, entre otras cosas, a que los gobiernos planifican soluciones que rara vez logran mejorías importantes.

---

<sup>5</sup> A este proceso de planeación se le ha dado el nombre de proceso tradicional de planeación del transporte

La planeación del transporte, por diversas razones, no es efectiva en muchas ciudades del tercer mundo. A continuación se presenta una lista de las supuestas causas que podrían intervenir en este problema:

- **Falta de capacidad de gestión:** Es probablemente la principal causa de las deficiencias en la planeación. Se puede definir como el conjunto de procedimientos, reglas de juego y equipo de personas que le permiten a una organización, pública o privada, llevar a cabo las labores asignadas eficientemente y efectivamente. La falta de capacidad de gestión se debe, principalmente, a la falta de suficiente personal calificado en áreas como la ingeniería de tráfico, de transporte y la planeación urbana y a que no hay herramientas como modelos y toma de información.
- **Técnicas inadecuadas para realizar los planes:** El esquema básico para el proceso de planeación, diseñado para los países desarrollados, no siempre es aplicable a los países en desarrollo.
- **Falta de una planeación permanente y continua:** La planificación del transporte se hace al comienzo del periodo de gobierno cuando hay que decidir los proyectos que se acometerán durante el mandato. Esta falta de continuidad hace que los problemas se acumulen y que las soluciones se puedan plantear cada cierto tiempo y no de forma permanente.
- **La baja capacidad de negociación de los planificadores:** Debido a la baja capacidad de gestión, los planificadores no tienen cómo enfrentarse con argumentos sólidos a los planteamientos de un nuevo gobierno cuando decide cambiar los proyectos en curso.
- **Falta de credibilidad en las instituciones de planeación del transporte y del uso del suelo:** La debilidad institucional tanto de las oficinas a cargo de la planificación del transporte como del uso del suelo se traduce en una falta de credibilidad.
- **Falta de realismo político:** En la planeación a mediano y largo plazo que se hace, en repetidas ocasiones falta realismo político. Se proponen proyectos que no van a tener aceptación de la ciudadanía o que a los próximos gobernantes les van a parecer innecesarios.
- **Falta de realismo presupuestal:** En la planeación a mediano y largo plazo falta realismo financiero ya que se proponen proyectos muy costosos, que las finanzas locales no son capaces de sostener.
- **Falta de información:** La información disponible en muchos países es deficiente, cubre algunas zonas de la ciudad o simplemente no existe. Inclusive estadísticas socio-económicas desagregadas al nivel requerido por los modelos de transporte pueden ser difíciles de encontrar. Mediciones



de velocidad, conteos de pasajeros y otras medidas de tráfico suelen ser aún más raras<sup>6</sup>.

### **2.1.2 Proyecciones**

El acto de planear trae como consecuencia la necesidad de pensar en el futuro con toda la incertidumbre que esto pueda traer.

Esto hace que uno de los problemas más complejos de la planeación, sea el hacer proyecciones de variables socioeconómicas y, con esto, hacer posible la estimación de variables de comportamiento de los usuarios frente a los cambios.

En la planeación del transporte urbano esto es, sin embargo, más complejo pues resulta que no solamente se deben de estimar tasas de crecimiento generales, sino que se tienen que hacer hipótesis de su distribución en el espacio.

La calidad de las proyecciones por este factor, depende mucho de la calidad de la información disponible, del conocimiento que tenga el planeador del sistema, de la existencia y calidad de los planes de desarrollo urbano, del control del uso del suelo y, finalmente, de la estabilidad económica y política del país.

Se debe de tener un procedimiento para elaborar proyecciones y verificarlas periódicamente frente a nuevos factores no esperados y al conocimiento que el propio proceso de planeación trae como resultado.

### **2.1.3. Los instrumentos de análisis**

La planeación de transporte fue una de las actividades que desde su inicio se benefició con la llegada de las computadoras. La necesidad de tratar de forma sistemática grandes volúmenes de información, representando en detalle áreas extensas y simulando el comportamiento de sistemas complejos, solamente pudo satisfacerse cuando la capacidad de manipulación de información y la realización de cálculos de las computadoras empezó a hacerse disponible.

Con el uso de las computadoras fue posible establecer una metodología de simulación de sistemas de transporte que se hizo clásica. No se trata de que el proceso de planeación por sí sólo dependa exclusivamente de las computadoras. En realidad, esto posee fases distintas, en las cuales el conocimiento del problema

---

<sup>6</sup> Cuando se hace un plan maestro de transporte o planeación a largo plazo, la información requerida se recolecta como parte del estudio. Esta información, sin embargo, no siempre es útil en ejercicios posteriores de planificación, particularmente cuando los proyectos bajo estudio no hacen parte de los originalmente contemplados en el plan maestro

y la creatividad en la búsqueda de soluciones desempeñan papeles por lo menos tan importantes como el uso de la informática.

Sin embargo, la informática permitió la utilización, hasta entonces restringida, de uno de los elementos centrales en el análisis de sistemas complejos: el desarrollo y uso de modelos. En particular, en el caso de la planeación de transporte, modelos matemáticos de simulación de demanda y de representación de la oferta de transporte.

#### **2.1.4. La Evaluación de Acciones**

La evaluación de acciones involucra analizar su factibilidad técnica, socioeconómica, financiera y sus impactos ambientales y, someterla a un proceso de decisión que seleccione la alternativa deseable frente a los objetivos definidos para el estudio. Todo proyecto de inversión, como lo es el transporte, debe ofrecer al tomador de decisiones los análisis técnicos que justifiquen la elección.

##### **Evaluación Técnica**

La evaluación técnica empieza con la definición de los problemas que se quiere resolver (diagnóstico). Para cada uno de los problemas o, para un conjunto de ellos, son elaboradas alternativas de solución: puntuales, optimización de la utilización de la oferta de espacio vial, inversión en la expansión de la capacidad del sistema, etc. La evaluación técnica debe mostrar hasta qué punto cada una de las alternativas presentadas soluciona el problema identificado.

En muchas ocasiones la toma de decisiones para elegir un proyecto de esta naturaleza obedece más a intereses ya creados que a satisfacer los requerimientos de transporte de los habitantes del área urbana. En este sentido cabe señalar que los proyectos elegidos son justificados al arbitrio, mediante artificiosos mecanismos que los maquillan y distorsionan, pero que al ser analizados con rigor y detalle permiten detectar el cúmulo de incongruencias concatenadas necesarias para validar la toma de decisión.

##### **Evaluación Económica y Financiera**

La evaluación económica calcula los beneficios y los indicadores económicos de evaluación. La evaluación financiera evalúa las fuentes de recursos y la capacidad de pago del municipio en caso de préstamos para hacer la inversión. Un aspecto importante es que la evaluación debe empezar en cuanto estén identificados los problemas y las alternativas de solución. La evaluación tiene fases distintas de

precisión. Al inicio se tienen que eliminar las alternativas que claramente no son factibles. Esto se hace al nivel de ideas con costos y beneficios estimados de manera muy general. Si las alternativas propuestas no son factibles se buscan nuevas soluciones.

La evaluación económico-financiera de los proyectos de inversión en materia de transporte público deberá realizarse con la información actual, veraz y relevante; además, conviene tener en cuenta que sus resultados en términos monetarios muchas veces no satisfacen las expectativas del inversionista privado, especialmente cuando se requiere de cuantiosas obras de infraestructura vial para soportarlo. Es la administración pública quien debe afrontar estas circunstancias (financiar), debido a los beneficios colaterales derivados del funcionamiento del proyecto, en rubros tales como:

- Desarrollo Urbano
- Aprovechamiento de Infraestructura
- Apoyo a otros sectores de la economía
- Disminución en el nivel de contaminación
- Ahorro en horas hombre y energéticos, etcétera.

Desafortunadamente esto no es lo que se ve en la mayoría de los estudios y México no es una excepción. En muchas ocasiones incluso el proyecto ejecutivo ya está desarrollado antes de hacerse una evaluación. Con esto se procura forzar la aceptación de alternativas pues ya no hay tiempo de analizar otras soluciones o ya se hicieron muchos compromisos políticos. Con esto, suelen ejecutarse proyectos equivocados, como la construcción de vialidades con más carriles de los necesarios.

Esto naturalmente no es la decisión más justa ni la más acertada.

### **Evaluación de Impactos Ambientales**

Con el exceso de contaminación en las ciudades, los impactos ambientales de las acciones de transporte revisten cada vez mayor importancia. Los impactos ambientales del transporte se relacionan con cuatro áreas principales:

- contaminación del aire
- contaminación por ruido
- deterioro del paisaje urbano
- creación de barreras artificiales al movimiento de las personas

La planeación debe mantener información sobre el monitoreo de estos factores e investigar medidas para mitigarlos.<sup>7</sup>

### **2.1.5 Presentación de los resultados**

La presentación de los resultados debe ser siempre sintética con uso de recursos gráficos de fácil entendimiento. Los estudios deben tener siempre un reporte final consolidado, que usualmente se conoce como reporte ejecutivo.

### **2.1.6. La selección de alternativas**

La selección de alternativas involucra por lo menos dos fases: la selección efectuada por los técnicos y, la selección final llevada a cabo por las personas que toman las decisiones.

Al terminar un estudio, los técnicos hacen una primera evaluación y recomiendan las acciones que creen las más convenientes entre las alternativas factibles. Las alternativas factibles deben ser presentadas a los tomadores de decisión. Estas últimas deben ser presentadas a los sectores que opinarán acerca de las decisiones en seminarios, reuniones técnicas, etc.

En México, los encargados de dicha decisión generalmente está restringido al poder ejecutivo y, algunas veces, a empresarios y transportistas. La forma de presentar el trabajo a estos sectores es esencial para la aceptación de los estudios y de las acciones planteadas.

## **2.2. Información para la Planeación del Transporte**

### **2.2.1. Información Básica**

**Cartografía:** La información inicial requiere que la planeación de transporte comience con una cartografía actualizada de la ciudad, de toda su área urbanizada, calles, áreas ocupadas, topografía, etc.

Una de las bases de datos disponibles es el sistema SCINCE del INEGI. La cartografía actualmente existente del INEGI tiene calidad variable de ciudad en ciudad, pero todos los archivos están siendo mejorados y la tendencia es tener, a lo largo del tiempo, cartografía de buena calidad. La cartografía del INEGI tiene escala 1:10,000 y no tiene detalles de banquetas, relieve y otros.

---

<sup>7</sup>“Criterios de Análisis del Impacto Ambiental en Estudios de Transporte Urbano”, Asesoría Técnica de la SEDESOL.

Un procedimiento que puede sugerirse para esta actualización, es la utilización de fotos de satélite para identificación preliminar de nuevos fraccionamientos. Las fotos de satélite pueden ofrecer una precisión de hasta una escala de 1:25,000. Esto puede no ser suficiente para la planeación, pero sirve para identificar modificaciones en la ocupación de espacios y nuevos fraccionamientos.

**Series Temporales:** Otra información básica importante son las series temporales de datos que influyen en la planeación del transporte; como los datos de población y empleo de los anuarios del INEGI.

**Estructura Urbana:** Otro aspecto muy importante para la planeación, es el entendimiento de la estructura urbana de la ciudad: las zonas de empleo, las zonas habitacionales y sus características socioeconómicas, los corredores viales, las áreas de expansión y, las barreras físicas al sistema de transporte y al desarrollo urbano.

Esta información debe considerar el uso del suelo y la función de la vialidad como espacio de comunicación entre las diferentes actividades urbanas. En la estructura urbana es importante tener claridad en la distribución de las actividades urbanas y la jerarquía vial que sirve a la comunicación entre dichas actividades.

**Los Planos de Desarrollo Urbano:** Los planos de desarrollo urbano son esenciales para hacer pronósticos y definir políticas de desarrollo del sistema de transporte urbano. El sector de planeación del transporte urbano no solamente debe conocer el plan de desarrollo urbano, sino participar en su elaboración y actualización. Se debe verificar siempre si los pronósticos realizados en la planeación del transporte urbano están de acuerdo con los planos de desarrollo urbano y qué efectos va a tener la aplicación de las políticas de transporte urbano en el desarrollo de la ciudad.

### **2.2.2. Información de la oferta de transporte**

La oferta de transporte está relacionada con la vialidad y con los tipos de vehículos que utilizan esta vialidad. La capacidad del sistema de calles tiene como unidad básica un vehículo padrón que es el automóvil promedio del área de estudio.

Es la infraestructura que proporciona el servicio para el movimiento rápido de las personas en una región urbana. Una característica particular de la oferta de transporte es que se trata de un servicio y no de un bien. El servicio de transporte debe ser “consumido” en el mismo momento y sitio en que es “producido”, ya que

de lo contrario se pierde su beneficio. Por tal motivo, es muy importante que la oferta de transporte se adapte continuamente a la demanda.

Sistemas en vialidad aislada como lo son los metros, tranvías, al igual que los corredores exclusivos de autobuses, tienen su capacidad expresada en términos de pasajeros.

Así, para el caso de una empresa como sería el metro, que ofrece un servicio de transporte de pasajeros, la función de servicio estará dada por la cantidad de Trenes-kilómetro ofrecidos a determinada tarifa. Sin embargo, la cantidad de producto a ofrecer no sólo dependerá del precio del producto en el mercado, sino también de factores tales como el precio de los insumos y de la tecnología.

La oferta de transporte contempla un medio físico representado por la vialidad (elemento fijo), vehículos (elemento móvil) y reglas de operación. La información debe de contemplar todos estos factores.

El problema de que la infraestructura y los vehículos no pertenecen a un mismo grupo genera un conjunto complejo de interacciones entre autoridades gubernamentales, constructores, desarrolladores, operadores de transporte y usuarios.

### **Características Físicas de la Vialidad**

La principal información referente a la oferta de transporte son las características físicas de la vialidad: longitud, ancho de calzada, número de carriles, ancho de banquetas y calidad del pavimento. Estos datos son necesarios para la vialidad primaria y secundaria.

Las medidas físicas de la vialidad son necesarias para definir datos de capacidad, velocidad y costos operacionales utilizados en los análisis de transporte. Los datos de ancho de banqueta son necesarios para analizar los problemas de seguridad y comodidad de los peatones. Estos muchas veces no son considerados en el proceso de planeación, pero la seguridad y el confort del peatón debe de ser objeto de todos los estudios.

### **Estacionamientos**

Los datos de regulación y de estacionamiento deben de ser recabados y mantenidos por la autoridad de administración del tránsito, pero los encargados de

la planeación del transporte deben tener acceso a esta información y utilizarla como una de las variables de la planeación.

En México existe la costumbre de estacionarse en la calle y lo más cerca posible del destino. En muchos casos se sacrifica la capacidad vial para permitir el estacionamiento de coches en la calle. Esto tiene un costo muy alto y se deben de buscar soluciones para este problema. En todos los casos se puede calcular cuál es el costo de proveer estacionamiento y cobrar a los usuarios el costo debido.

## **Transporte Público**

El planificador tiene que conocer el sistema de transporte con sus características operacionales más generales, tales como empresas, rutas, tipo y número de vehículos y frecuencia de las rutas. La conformación de las rutas define la cobertura. El tipo y número de vehículos y la frecuencia definen la oferta del transporte. Es importante también contar con información de terminales y puntos de transferencia.

## **Capacidad**

A partir de las características físicas del sistema, se puede estimar la capacidad en cada uno de los tramos de la red. La capacidad se define como el volumen máximo que puede pasar por una sección determinada en un periodo de tiempo determinado.

## **Costos**

Siempre hay un costo asociado a la oferta de transporte. Este costo es el representado para el usuario, compuesto de un costo monetario y del tiempo de viaje. El objetivo es siempre proveer el mejor servicio al menor costo

### **2.2.3. Información de la demanda de transporte**

Esta etapa de la planeación del transporte permite obtener información de la demanda y del uso actual de los sistemas de transporte, que permiten por tanto establecer la base de los análisis de proyección futuros mediante los modelos y metodologías disponibles de la planeación.

La demanda de transporte es la representación del deseo de desplazamiento de una persona de un punto de origen a otro de destino. Así, estos puntos tienen una ubicación en el espacio.

Como es imposible la representación individualizada de la demanda, ésta se agrega en áreas. Lo interesante es que estas áreas sean una agregación de las unidades estadísticas que, en el caso de México, son las Áreas Geo estadísticas Básicas - AGEBs - definidas por el INEGI para todas las ciudades de México. La información debe ser definida para el sistema de zonificación adoptado.

En la actualidad, la información sobre el comportamiento humano en respuesta a cambios en el sistema de transporte se representa por medio de funciones de demanda. Con ellas se intenta predecir el comportamiento de un individuo o de un grupo de individuos ante situaciones cambiantes del sistema. Las decisiones de las personas sobre los viajes que deben efectuar como parte de sus actividades cotidianas conducen directamente a una “demanda” o un “deseo” de viajes.

La demanda de viajes dependerá del ingreso del viajero, mientras que la selección del modo de transporte queda sujeta a una serie de factores tales como el propósito del viaje, distancia por recorrer e ingreso del viajero.

En el caso del transporte una función de demanda muestra, un número de pasajeros deseando utilizar un servicio de transportación a los diferentes niveles de precios o tarifas entre un par origen y destino, para un viaje específico durante un periodo determinado.

Es indispensable disponer de información confiable y actualizada para el desarrollo de los modelos básicos de la planeación del transporte. La información requerida se presenta a continuación.

- **Usos del suelo y variables socioeconómicas:** se utilizan principalmente en el desarrollo del modelo de generación de viajes. Es importante contar con datos de estos parámetros para la situación actual, así como con pronósticos oficiales para los escenarios futuros que requieran ser analizados.
- **Red vial y de transporte público:** La red vial se encuentra representada por enlaces (arcos), que son representaciones esquemáticas de la infraestructura vial y de los itinerarios de las rutas de transporte público. Los nodos y arcos de la red vial esquemática representan las intersecciones y los tramos viales, respectivamente, de la infraestructura vial.
- **Condiciones físicas o geográficas:** Contempla la ayuda de accidentes geográficos que sirven de límites o barreras entre las zonas (hidrografía, topografía, vías, vías férreas, ríos, canales, barreras naturales, entre otros).



## **Criterios para el análisis de la demanda**

Aun cuando en apariencia alguien pudiera imaginar que en los asentamientos humanos de cierta magnitud, por cualquier sitio en el que uno se asoma, existe una demanda grande de usuarios, la realidad ha hecho evidente que el desprecio y la arrogancia con que en algunos casos se considera este factor ocasiona la efímera aparición y cancelación de rutas. Por otra parte, la magnitud de la inversión efectuada en las obras de ingeniería que se encuentran subutilizadas, desperdiciadas o incluso abandonadas, trae como consecuencia que se observen imponentes monumentos a la ineptitud que se tratan de ocultar sin éxito, por lo que podemos justificar que los estudios se realicen con seriedad, lo que se asienta como mínimos a considerar durante el proceso de planeación de un Sistema de Transporte Público de Personas.

En aquellos casos en los que por distintas causas los objetivos no se alcanzan, es molesto por el impacto económico de tal erogación, aunado a una pobre o nula recuperación de la inversión en términos cualitativos, ya que en los más de los casos estas inversiones en términos financieros son deficitarias, su única justificación estará en función de la población servida.

La recomendación inicial es contar con un plano del área urbana que se pretende estudiar, que contenga:

- a. información de las reservas territoriales,
- b. zonas de influencia y, en general,
- c. toda la información relevante que pudiera impactar a futuro la conceptualización del diseño.

De esta base se extraen los datos en cuanto a:

- i)* Vialidad; localización de centros
- ii)* Industriales
- iii)* Empresariales.
- iv)* Comerciales.
- v)* Educativos
- vi)* Hospitalarios,
- vii)* De esparcimiento,
- viii)* Recreativos.
- ix)* Sociales,
- x)* Políticos,
- xi)* Jurídicos, etc.

Asimismo es imprescindible tener definidas en general las funciones urbanas (uso del suelo) de las distintas áreas, que en conjunto conforman la totalidad del espacio que se proyecta analizar, para establecer origen y destino tentativo de la ruta.

Además, es necesario obtener toda la información que exista sobre rutas de transporte en servicio, origen, destino, derrotero, frecuencia, cantidad, capacidad, horarios, etc. (estudios de campo).

Entonces es posible estimar el tamaño de la demanda en los distintos puntos del asentamiento humano, para diseñar una estrategia que permita corroborar la información obtenida en el gabinete, y en su caso detectar los errores u omisiones importantes que hubieran podido generarse durante su desarrollo, para corregirlos de inmediato.

La importancia de un estudio en detalle que permita estimar el tamaño de la demanda, radica en que de allí se derivarán en gran medida las acciones a realizar para satisfacer en forma adecuada, oportuna y regular el transporte de los usuarios, de acuerdo a las necesidades de los habitantes en un asentamiento humano. El tamaño de la demanda nos proporcionará la información relevante y de importancia para seleccionar el tipo y la forma de transporte más adecuado para satisfacer las necesidades de la población tanto en magnitud como en frecuencia y regularidad.

La regularidad, es un factor que reviste la mayor importancia al momento en que el usuario elige el medio de transporte. Es bien conocido que cuando una persona se organiza, éste es uno de los principales factores a considerar para la utilización de tal servicio, o en su caso, para sustituirlo por otro. Casos en que la frecuencia es espaciada, cuando se tiene la garantía de un servicio cíclico y puntual, los usuarios seleccionan esta alternativa y organizan sus actividades de acuerdo con la oferta de transporte, en los horarios que la empresa haya determinado convenientes y rentables. Si el estudio fue bien efectuado, existirá una estrecha correlación entre la frecuencia del servicio y las necesidades de los usuarios.

### **Análisis de la demanda**

Uno de los aspectos de importancia dentro del análisis de la demanda es la localización geográfica. En todos los estudios de transporte, la región de estudio se divide en zonas geográficas, donde la población se considera parte de segmentos del mercado. En todo proceso de planeación de transporte hay dos etapas básicas:

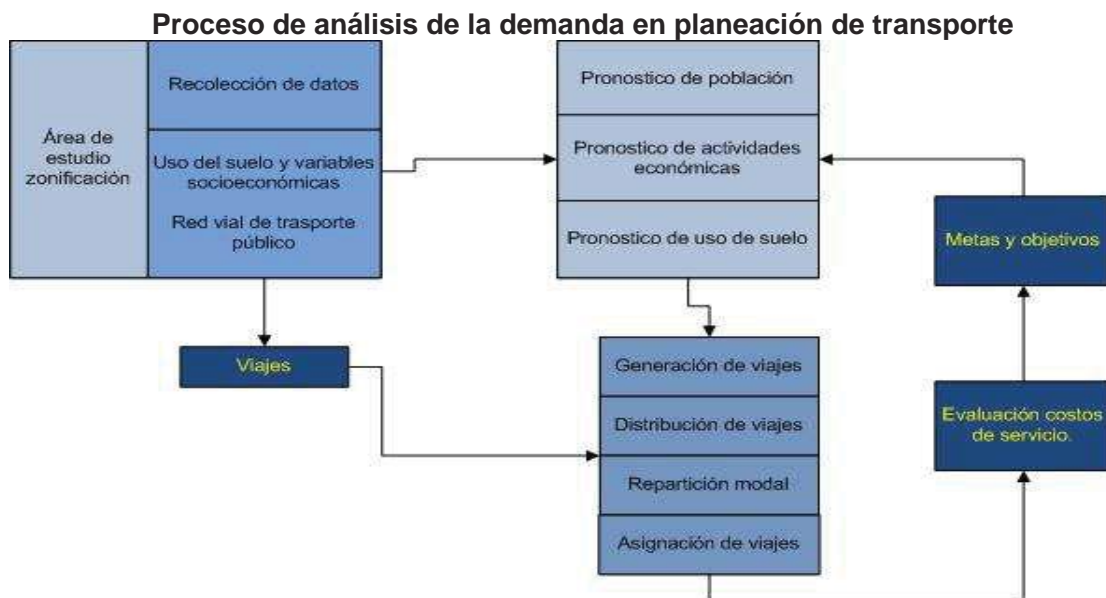
1. Establecer la demanda para un nivel y calidad de servicio dados.
2. Elaborar un plan de acción capaz de satisfacer esa demanda.<sup>8</sup>

Una de sus características económicas es que el viajero es visto como un consumidor que en realidad está seleccionando entre varias opciones para maximizar su utilidad, teniendo en mente varias restricciones que podrían ser decisivas en su elección. La primera de estas restricciones incluyen las cantidades límite de tiempo y de dinero del viajero.

Las técnicas disponibles en el campo de la planeación del transporte se encuentran enfocadas a escala urbana, regional o estatal.

Para el caso de los servicios de transporte, la demanda se considera como una demanda derivada. Esto es, el transporte es un servicio raramente demandado por sus propias características ya que usualmente se deriva de alguna otra función o necesidad. Cabe señalar que existe un supuesto muy importante en el análisis de la demanda de transporte, y que consiste en asumir que la demanda del mercado será el agregado de todas las demandas de los consumidores, y ésta será a su vez determinada por los mismos factores que afectan las demandas individuales.

A continuación, se presenta el proceso que se desarrolla para analizar la demanda en el proceso de la planeación del transporte



Fuente: "Elaboración propia con base en Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte Cal y Mayor"

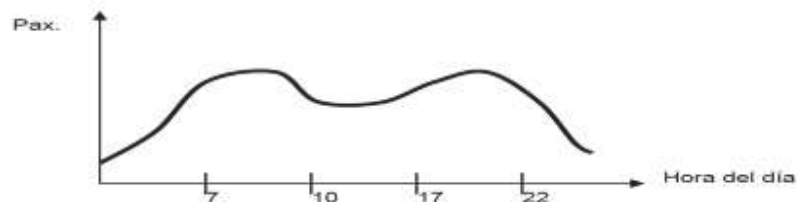
<sup>8</sup> La primera etapa se encuentra enfocada a tener en cuenta el estudio de las necesidades, mientras que la segunda es un estudio de los medios

## Variación de la demanda

La demanda puede variar de manera imprevista o aleatoria; no obstante, dado que la demanda de transporte depende de las actividades económicas que tienen un alto grado de rutina y repetición, puede existir cierta tendencia a mostrar un comportamiento cíclico más o menos estable.

Hay un patrón para la variación horaria durante el día, esto es, una demanda que al amanecer crece hasta alcanzar un máximo matutino (la "hora pico"), luego disminuye a medio día y vuelve a subir en la tarde, para reducirse conforme la población se retira a descansar durante la tarde y noche.

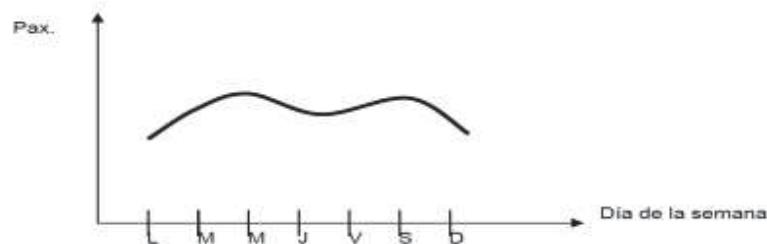
### Variación horaria



Fuente: Estudio de la demanda de transporte, SCT

Similarmente, existe una variación en la demanda durante la semana: mientras que la demanda es normalmente baja los domingos, crece los lunes; se estabiliza los martes (de hecho el martes se toma como típico o promedio de la semana); puede bajar los miércoles o jueves; muestra picos y congestionamientos los viernes, para disminuir los sábados. Igualmente, la demanda puede variar según el sentido del viaje que se realiza.

### Variación semanal



Fuente: Estudio de la demanda de transporte, SCT

Podemos concluir que si bien la demanda tiende a mostrar ciertos patrones estables, el nivel real que se presentará en un lugar y un momento específico dependerá de algunas circunstancias. Por ello, resulta necesario realizar una investigación y un monitoreo constante del comportamiento de la demanda, para

sustentar mejor las decisiones que se tomen con relación a la oferta que se debe proporcionar.

### **Factores que determinan la demanda de transporte**

Las razones por las que la demanda será más o menos intensa en unas regiones o lugares, o en unos momentos más que en otros, son muy diversas, los principales son los siguientes:

- **El precio** Normalmente, el precio del servicio está inversamente relacionado con la cantidad demanda de viajes. Es decir, a menor precio, mayor cantidad de usuarios demandará el servicio de transporte ofrecido.
- **Los precios relativos de los diferentes modos de transporte o de servicios de transporte similares** La transferencia de pasaje entre los diferentes modos o compañías en el transporte de pasajeros se determina en gran parte por los niveles relativos de tarifas, así como del costo percibido por viajar.
- **Ingreso del pasajero** Si el ingreso de los habitantes de una cierta región se incrementa de manera evidente y no ocasional, la demanda de transporte aumentará (ya sea en cantidad de viajes, o cantidad de kilómetros), pues al tener más ingresos hay más posibilidades de comprar vehículos o realizar más viajes en el transporte público, en muchas ocasiones es el nivel socioeconómico del usuario lo que determina que tenga mayor actividad económica y social, además de más compromisos ineludibles.
- **Velocidad del servicio** Depende del valor del tiempo de los usuarios del servicio de transporte. Un menor tiempo requerido para realizar el servicio de traslado incentivará un mayor uso por los usuarios. Además, una mayor productividad mejorará la disponibilidad de los vehículos para satisfacer el incremento de la demanda sin la necesidad de adquirir vehículos adicionales.
- **Calidad del servicio** En muchas ocasiones no es el precio, sino la calidad del servicio que en general esté ofreciendo la empresa, lo que motiva que se acerquen más usuarios a solicitar su servicio. Los elementos que pueden entrar en consideración del usuario pueden ser muy variados.
- **Frecuencia del servicio.** Los tiempos de despacho o los tiempos de arribo deben ser aquellos que el cliente espera obtener.
- **Estándar del servicio.** La calidad de un servicio se determina por el mantenimiento de ciertos estándares o normas de desempeño que, como

meta mínima, serán fijados en función del tipo de servicio. De hecho, dichos estándares deben ser acordes con el nivel de vida de la mayoría, lo cual debe ser tomado en cuenta por la empresa, si realmente desean continuar con la atracción de demanda por sus servicios.

- **Comodidad.** Esto se refiere no sólo a los aspectos que frecuentemente se relacionan con el “confort” propiamente del viaje o del vehículo, tales como viajar sentado y con cierta amplitud, visibilidad, aire respirable, temperatura regulada, ascenso y descenso fácil, etcétera, sino con aspectos relacionados con el diseño de las rutas o de las instalaciones para la espera y acceso a los vehículos todo lo cual se traduce en un ahorro de esfuerzos y molestias para los usuarios.
- **Confiabilidad.** Una razón frecuente de la pérdida de usuarios en el transporte de pasajeros, es cuando se falla en llevar a los pasajeros a sus destinos, o al no realizar una conexión del servicio en el tiempo programado.
- **Seguridad.** Este es de suma importancia en el transporte y concierne tanto a los pasajeros y autoridades del Gobierno como a los proveedores del servicio. La publicidad adversa de accidentes reduce la demanda para un modo de transporte en particular, especialmente en el corto plazo.
- **La disponibilidad de las instalaciones y de los servicios de transporte,** denominados como la capacidad. Los viajeros son sensibles al nivel de servicio suministrado por los modos alternativos de transporte.

### **Patrones de demanda no influenciados por los operadores**

- **Demanda en periodos de máxima demanda** se refiere a los lapsos en los cuales la demanda de servicios de transporte se concentra de manera especialmente importante por lo que incluso puede llegar a rebasar la capacidad de transporte ofrecida. Este fenómeno puede presentarse por hora del día, día de la semana, estaciones de mayor demanda durante el año, etc.
- **Cambios en los hábitos sociales** Los cambios en el patrón de los viajes de placer están fuera del control de los operadores de transporte.
- **Cambios en los precios y calidades de servicio de los competidores** La mejora en los servicios alternos, particularmente en la reducción de precios, puede significar cambios en la demanda en los servicios de un operador en particular.
- **Cambios en la distribución de la población** El cierre o generación de nuevos centros de atracción, y generadores de viajes (centros laborales,

comerciales, de vivienda, etc.) modificará el patrón de viajes de la zona en cuestión, alterando la demanda de los servicios de transporte

Por lo anterior, se dice que básicamente el operador intenta influenciar la demanda a través de las siguientes acciones.

1. Cambios en el precio para incentivar nuevos usuarios, o atraer usuarios de otros modos o atendidos por otros operadores. El objetivo de los operadores es maximizar sus ingresos y competir más efectivamente en el mercado.
2. Mejoramiento en la calidad del servicio en términos de: frecuencia, confiabilidad, comodidad, accesibilidad, velocidad, intervalos regulares.

### **2.3. Organización de la información**

Cuando la ciudad dispone de estudios, en ocasiones resulta complicada la recuperación de la información de los mismos. Esto puede deberse a dos motivos:

- El municipio participa en el estudio de manera burocrática y, por lo tanto, no tiene conocimiento de los detalles del estudio, principalmente de la información recabada y de su calidad.
- Los resultados presentados en los reportes se basan en información procesada y tales resultados se muestran resumidos, sin presentar archivos con la información original junto con una evaluación de su calidad.

Esto hace que no se pueda tener un proceso de construcción del conocimiento. En cada estudio se recaba más información que se pierde en poco tiempo. Por lo tanto, la organización de la información es extremadamente importante, no sólo por los costos, sino por la precisión de los análisis y de la evaluación de las acciones.

#### **2.3.1. El Diseño de las Bases de Datos**

La organización de la información debe empezar con el diseño de la base de datos. Este diseño debe iniciar con la definición clara de los objetivos de dicha base: quiénes son los usuarios, sus necesidades y las fuentes de información de que se dispone. Con esto se puede definir una lista de la información existente y de la información deseable. En seguida se debe caracterizar la información existente en términos de forma de acopio, fuente, formatos, etc. Algunos datos van a estar ya procesados, pero otros van a estar en planos, tablas, reportes, etc.

Con esta información se pueden definir los componentes de la base de datos:

- Organización según asuntos
- Establecimiento de unidades geográficas de análisis
- Identificación de entes y atributos
- Identificación de los datos recopilados en trabajos de rutina como los aforos de tránsito para análisis de cruceros
- Identificación de los organismos más relacionados con cada uno de los datos
- Caracterización de entes y atributos
- Caracterización de las diferentes bases de datos del sistema
- Identificación de las condiciones y necesidades para organizar y sistematizar la información

Con estos datos se puede identificar la composición de cada una de las bases de datos, su responsable y las condiciones para tener acceso a tales datos.

### **2.3.2 El Problema de Mantenimiento de la Información**

Uno de los problemas más críticos de los sistemas de información es cómo mantener los datos actualizados. Los organismos necesitan información rápida y actualizada y no pueden esperar los trámites con sistemas complejos de difícil acceso. Con esto, los organismos que participan en un sistema centralizado luego empiezan a trabajar con su propio sistema y se alejan del sistema central.

Lo mejor es identificar bien las responsabilidades y las rutinas de trabajo y acopio de información y tener bases de datos distribuidas de acuerdo a estas responsabilidades. Los organismos deben definir procedimientos de acceso a la información sin entrar por burocracias no necesarias.

### **2.3.3 Los Flujos de Información**

La descentralización de las bases de datos tiene como fin básico establecer los flujos de la información, o sea, los caminos que debe recurrir la información para garantizar su acceso a todos los que la utilizan en su trabajo normal o en situaciones específicas.

Esto puede parecer simple pero es lo más complejo en el establecimiento de un sistema de información, pues involucra acuerdos, convenios, definición de rutinas y procedimientos de trabajo. La información es un instrumento importante del poder y, si las responsabilidades y obligaciones de cada uno de los componentes



del sistema no están bien claros, es difícil que se logre obtener un sistema eficiente.

#### **2.3.4 Los Softwares Administradores de las Bases de Datos**

Otra decisión compleja es qué software utilizar para administración de datos. Cada organismo puede tener su preferencia; ya puede estar utilizando algún software o tener alguna experiencia anterior que no fue muy positiva en algún experimento con formar una base de datos. Todos estos factores deben ser evaluados antes de una decisión.

Un aspecto importante es que el personal de informática debe participar de este proceso como asesoría técnica y no como tomador de decisión. Los usuarios deben tener la información suficiente para tomar la decisión.

El factor más importante no es tener un programa único sino tener una forma de comunicación entre ellos. Es claro que todo se facilita si todos trabajan con el mismo programa. Muchas veces es mejor empezar con el uso de programas más simples y emigrar para otros sistemas cuando se tenga un mejor conocimiento de los datos de que se dispone.

Por último se puede decidir investigar los sistemas de información geográfica. Estos sistemas combinan la información de ubicación de espacio geográfico con las bases de datos.

#### **2.4. La aplicación de modelos matemáticos**

El modelaje aplicado al análisis y a la planeación de transportes es una ciencia madurada. La riqueza metodológica vinculada a esta cuestión proviene de más de 30 años de investigación interdisciplinaria, abarcando conocimientos de ingeniería, economía, geografía, sociología, psicología, estadística, matemática aplicada, análisis de sistemas, etc. Como una ciencia con su madurez, la distancia entre la teoría y la práctica no es muy grande.

Los desarrollos teóricos más recientes son, en general, rápidamente involucrados en la estructura de las aplicaciones verificadas en la práctica, sin que el enfoque global sea cuestionado o ampliamente revisado.

### 2.4.1 Nociones iniciales para el modelaje

El modelaje para el planeación de transportes requiere el desarrollo de distintas actividades que la anteceden. Algunas de las más importantes son las siguientes:

- **Definición del Área de Estudio:** Esta es una actividad inicial del proceso de planeación. La definición precisa de la región que debe de ser estudiada es fundamental, puesto que resulta definitorio en la futura disponibilidad de los resultados, así como en la determinación de los recursos necesarios para el levantamiento de informaciones y, para el modelaje.
- **Zonificación del Área de Estudio:** La representación de la demanda, generalmente se hace a través de matrices conteniendo alguna medida de intensidad de la demanda por desplazamientos entre zonas de tráfico. Estas zonas representan agrupaciones espaciales de la multiplicidad de orígenes y destinos individuales de cada desplazamiento realizado en el sistema de transportes. La división del área de estudio en zonas debe intentar identificar regiones que presenten homogeneidad en relación a la demanda por transporte.
- **Elaboración de las Redes de Transportes:** La descripción de la oferta de transporte es elaborada a través de redes representadas por arcos y nudos. Los arcos corresponden a tramos de las calles o carreteras, vías de ferrocarril, de rutas de transporte colectivo por autobuses, metro, etc. Los nudos representan intersecciones de la vialidad.

### 2.4.2. Etapas del modelaje para la planeación de transporte

Desde los últimos 30 años se desarrolló y consolidó una metodología para elaborar un modelaje de la demanda por transporte, así como la oferta representada por sistemas de transporte.

El proceso de modelaje generalmente es tratado en cuatro etapas distintas:

- Generación de viajes o de la demanda
- Distribución de viajes o de la demanda
- División o selección modal
- Distribución a las redes de transportes.

Cada una de las etapas tiene un objetivo definido en la simulación del comportamiento de la demanda y abarca algunos tipos de modelos para desempeñar su función. El encadenamiento entre las etapas, la posible no consideración de algunas o la sustitución por procedimientos alternativos para

lograr los mismos resultados, dependen del objetivo de cada estudio, de la metodología adoptada y de las informaciones disponibles, entre otros factores.

### **2.4.3. Modelos de generación/atracción de viajes**

Los modelos de generación y atracción constituyen la primera etapa del modelo clásico de estimaciones de demanda y tienen como objetivo determinar el número total de viajes generados y atraídos en cada zona de transporte considerada.

Estos modelos tienen como objeto establecer una función matemática que recoja los comportamientos que expliquen el volumen total de viajes en las diferentes zonas del área de estudio. Lógicamente, dicho volumen se debe explicar variables socioeconómicas de cada una de las zonas estableciéndose como variables explicativas las que más correlación tienen con la movilidad (y son fácilmente obtenibles y predecibles) como la población, plazas de empleo y de estudio, motorización, población en cada una de las zonas consideradas.

Lo anterior da lugar al uso de dos modelos de generación de viajes: de producción y de atracción. Además, hay dos enfoques en la construcción de modelos de generación de viajes: los agregados y los desagregados. Los primeros tienen como unidad de trabajo la zona; los segundos, el hogar. Los agregados tratan de relacionar el total de viajes generados en cada zona con las variables de la zona (población total en la zona, cantidad total de vehículos en la zona, etcétera). Los modelos desagregados tratan de encontrar la relación entre los viajes generados en los domicilios con características de los mismos (cantidad de personas en el domicilio, cantidad de vehículos en el domicilio, etcétera).

El análisis de generación de demanda o de viajes es especialmente importante, ya que en esta etapa de la elaboración de transportes se define la demanda total que debe ser atendida en los distintos años horizonte de un estudio. El objetivo de la aplicación de modelos de generación de la demanda es permitir la estimación, para cada año horizonte considerado, de las demandas totales producidas y atraídas por cada zona de tráfico del área de estudio y su entorno, en un determinado período de tiempo.

Los modelos de generación de demanda relacionan las variables que describen la población o actividad económica de cada zona y las que caracterizan su patrón de uso y ocupación del suelo, con el potencial de la zona como unidad productora (modelos de producción) y consumidora / atractiva (modelos de atracción) de viajes.

Entre las variables más comúnmente empleadas en los modelos de generación de viajes, como variables explicativas, son:

- Para modelos agregados, con origen en el hogar:
  1. Ingreso promedio por hogar, de los hogares asentados en la zona.
  2. Población o densidad de población de cada zona.
  3. Cantidad promedio de vehículos por hogar.
  4. Localización de cada zona.
  5. Tipificación o categorías de individuos u hogares, según su estrato socioeconómico.
- Para modelos agregados, con origen distinto al hogar:
  1. Cantidad de empleados por categoría de empleo, por tipo de uso del suelo y por la zona.
  2. La matrícula escolar por zona.
  3. La cantidad de servicios por zona.

Para la obtención del modelo de generación de viajes se propone el siguiente proceso resumido. Cabe notar que los pasos de este proceso son similares a los aplicables en los modelos de distribución de viajes y selección modal.

1. **Definir las variables que desde el punto de vista técnico:** se piensa pueden explicar el fenómeno en cuestión. Además, debe procurarse que tales variables sean congruentes con los postulados teóricos de los restantes modelos y sus resultados. Especial atención deberá ponerse en que las variables seleccionadas se agreguen al modelo si cumplen tres condiciones como mínimo:
  - Que tal variable es la que más contribuye a la significancia global del modelo
  - Es la que tiene el menor esfuerzo para su correcto pronóstico
  - Es la variable con mayor grado de precisión en tales pronósticos.

2. **Ensayar diferentes modelos:** esto es, estructuras matemáticas o conjuntos de ellas. En particular, deberán intentarse relaciones lineales y no-lineales, y diferentes métodos de combinaciones de ellas. Además, es factible que sea necesario hacer agregar información o incluso usar otras fuentes de información. En el primer caso, se sumarían los datos de varias zonas y así crear datos para una sola zona, o se cambiaría la zonificación si lo permite la información disponible. En el segundo caso, de búsqueda de fuentes alternas de información, puede resultar conveniente cuando haya motivos para pensar que determinada estructura matemática respondería (calibraría) mejor la información más confiable.
3. **Seleccionar** aquel modelo que tenga las mejores características de confiabilidad estadística, en los términos señalados anteriormente.
4. **Verificar la validez de los resultados del modelo:** tanto en relación con los datos de partida, como en cuanto a otras fuentes. También es del todo conveniente aplicar el modelo construido a una muestra reducida de zonas de las que se tengan estimaciones actuales de los volúmenes de viajes generados.
5. **El pronóstico de las variables exógenas:** consiste en que una vez calibrado, validado y aceptado un modelo, se procederá a "explotarlo", para lo cual es necesario un pronóstico de las variables involucradas en el modelo seleccionado. Además, en forma paralela al proceso de construcción del modelo, habrá que desarrollar un pronóstico de la estructura urbana, por preliminar que sea, de tal suerte que sirva de base para el pronóstico en el tiempo y el espacio de las variables exógenas mismas.
6. **Aplicar el modelo calibrado y validado:** suministrarle las variables exógenas para calcular viajes futuros. Esto puede hacerse considerando tendencias distintas en las variables exógenas, por ejemplo: calcular la generación de viajes que tendría lugar bajo tendencias pesimistas, como serían, máximas tasas de crecimiento de la población, desequilibrios en la economía regional o nacional, reflejados en el nivel de ingreso familiar, etcétera. Entonces, la generación de viajes pronosticada respondería al "escenario" de planeación seleccionado. A priori, se aconseja tener sólo tres tipos de escenarios: tendencia baja, alta, e intermedia; o pesimista, optimista y normal.

7. **Revisar los pronósticos realizados en la generación de viajes:** se debe tener especial referencia a ciertos indicadores demográficos (como en el caso de la población), urbanísticos (como en el caso de la densidad de viajes, y la densidad vehicular asociada a ella), o económicos (como podría ser la cantidad de recursos necesarios para el transporte).

Es habitual adoptar una forma función lineal en cada uno de los modelos a estimar, siendo su expresión genérica analítica como sigue:

$$G_i = \sum_1^N \theta_i * X_i$$
$$A_j = \sum_1^N \theta_j^A * X_j$$

Dónde:

$G_i$  y  $A_j$  representan el número total de viajes generados y atraídos en cada una de las zonas para cada motivo.

-  $\theta_i$  y  $\theta_j$  son los parámetros desconocidos de las funciones de generación y atracción respectivamente,

-  $X_i$  y  $X_j$  recogen el valor de las variables socioeconómicas en cada zona de generación y atracción.

- "N" es el número total de zonas en el área de estudio.

Las variables que explican mejor, en general la generación de viajes son la población total.

#### **2.4.4. Modelos de distribución.**

Después de que la generación de los viajes ha sido resuelta, el siguiente punto es distribuir esos viajes. El número total de viajes pueden estimarse pero la cuestión es cómo se distribuyen entre los destinos posibles.

Para una región con muchas zonas, la base de datos y la cantidad de cálculos es bastante extensa. Es por eso que este método sólo se puede aplicar haciendo uso de la computadora. La distancia puede ser tomada como una línea recta de una zona a otra, o puede considerarse la distancia real, tiempo de viaje, o algún compuesto de ambos

El objetivo de los modelos de distribución es, una vez estimados los volúmenes totales de viajes generados y atraídos en cada zona de viaje, establecer el flujo de dicho volumen de demanda.

La información del modelo se obtiene a partir del modelo de generación-atracción (los volúmenes totales de viajes) y de una función entre las zonas de origen y destino de los viajes que se hace depender de los costos o tiempo generalizados de viaje.

La expresión es la siguiente

$$V_{ij} = k \frac{G_j^\alpha A_j^\beta}{C G_{ij}^\gamma}$$

En donde:

-" $V_{ij}$ " es el flujo de viajes entre la zona de generación  $i$  y la zona de atracción  $j$ .

-" $G_i$ " es el número de viajes generados en la zona  $i$ .

-" $A_j$ " es el número de viajes atraídos por la zona  $j$ .

-" $C G_{ij}$ " es el coste generalizado de la relación entre la zona de generación  $i$  y la zona de atracción  $j$ .

-" $k$ " es la constante del modelo, mientras que los parámetros " $\alpha, \beta, \gamma$ " son las elasticidades de las variables independientes anteriores.

Para poder llevar a cabo la estimación de los diferentes parámetros que afectan a cada una de las variables mencionadas anteriormente, se especifica un modelo lineal mediante la transformación logarítmica. De esta forma se consigue.

- Aumentar la sencillez operativa del modelo sin perder capacidad explicativa del mismo.
- Los valores estimados, para los parámetros que intervienen como exponentes en la formulación, se corresponden con el valor de la elasticidad de la variable explicativa y la variable dependiente correspondiente (es decir, indican la variación de la variable dependiente frente a un cambio unitario en la variable independiente)

Cabe señalar que el producto de la fase de distribución de viajes es la matriz de viajes; esto es, la tabla de los viajes que se observarán entre los diferentes orígenes y destinos

#### **2.4.5. Modelos de reparto modal.**

Donde existe más de un modo de transporte disponible, es importante distribuir los viajes generados en la etapa anterior. En general, los dos parámetros principales que determinan la elección del modo son la calidad de servicio y el costo. La calidad de servicio es principalmente un asunto del tiempo de transporte.

Sabiendo algo acerca de la distribución de los ingresos de la población que usa transporte público es posible hacer estimados de cómo se articulan los diferentes modos de transporte.

Este modelo es de gran aplicación. Sin embargo, es el que ha tenido menos uso en la planeación del transporte.

Este modelo constituye la tercera etapa que consagra al reparto entre los diferentes modos privados y públicos. Los factores que configuran al grado de satisfacción de los pasajeros se pueden clasificar en:

- Disponibilidad
- Intervalo de paso
- Puntualidad
- Velocidad comercial o tiempo de viaje
- Comodidad
- Seguridad
- Disponibilidad de estacionamientos
- Necesidad o no de transbordo
- Precio del viaje
- Accesibilidad para personas de movilidad reducida
- Temperatura y humedad
- Ventilación
- Ruido interior
- Vibración
- Otros

La idea básica en este tipo de modelos es que los individuos se enfrentan a un conjunto de alternativas con sus atributos y deben elegir una entre todas ellas. Supone el modelo que el individuo se comporta racionalmente y elige en función de sus preferencias y grado de satisfacción proporcionado por cada alternativa. El mecanismo de elección de cada individuo se trata de representar matemáticamente. El individuo valora cada alternativa o modo dando un peso a



cada uno de los atributos y calcula el resultado de cada alternativa con una función concreta.

Se construye lo que se denomina función de utilidad de cada posible elección. En el caso más simple es una función lineal y su expresión típica sería:

$$U_i = K_i + \theta_1 * T_1 + \theta_2 * C_i + \theta_3 * f_i$$

Dónde:

–" $U_i$ " Utilidad del modo i, es una cifra que el individuo valora para cada modo de transporte.

–" $T_1$ " Tiempo de viaje en el modo i, que suele considerarse como tiempo total.

–" $C_i$ " El costo del viaje en el modo i.

–" $f_i$ " El intervalo de servicio de viaje en el modo i, (modos de transporte público).

–" $K_i$ " Es la constante que, una vez ajustada, representa los factores que no se pueden traducir a costo y tiempo.

La importancia que el individuo asigna a cada atributo deben calcularse indirectamente por procedimientos estadísticos sobre la base de los atributos de la alternativa elegida y los atributos de las alternativas no elegidas

En el siguiente esquema se puede observar la participación de los modelos de reparto modal dentro de la metodología general de la estimación de la demanda



Se considera que este caso es la captación moderada al suponer que el nuevo modo no supone un salto cualitativo en la calidad del transporte público, sino que es una línea más de transporte público, más rápida y con una frecuencia y accesibilidad determinada.

### **Captación optimista.**

La utilización de modelos de reparto modal PD<sup>9</sup> permite reflejar en la estimación de la demanda de un nuevo modo como el metro en aquellos aspectos valorados por los usuarios de autobús y de coche no recogidos en los modelos PR<sup>10</sup>, como pueden ser la comodidad, seguridad, imagen, etc....del nuevo modo. Con estos modelos PD se obtiene también el valor del tiempo en cada modo de transporte.

La estimación de estos modelos se realiza a partir de los datos de las encuestas de preferencia declaradas realizadas en cada uno de los modos existentes.

Si en el caso de los modelos de PR se estima un único modelo de reparto modal por tipo de movilidad en los modelos PD se realizan un modelo por cada uno de los modos existentes.

Con los modelos de reparto modal aplicados a las matrices del escenario correspondiente se obtienen directamente la matriz O/D del nuevo modo en plataforma reservada.

### **2.4.6. Modelo de asignación**

Una vez que se eligió el modo de transporte, el último aspecto es decidir cómo se distribuirán los viajes entre las diferentes rutas que enlazan los puntos de origen y destino. Estos modelos toman en cuenta la saturación de cada uno de los posibles caminos para lograr un equilibrio (considerando que así es como los usuarios eligen su ruta en base a la información disponible).

El modelado mediante la computadora, permite examinar posibles mejoras al sistema de transporte, pero en sí, no toma ninguna decisión.

Un apoyo técnico para la toma de decisiones es el análisis de costo beneficio. Éste es un proceso que enumera los beneficios y costos de cada opción lo que permite distribuir los fondos.

---

<sup>9</sup> Encuestas de preferencia declarada

<sup>10</sup> Encuesta de movilidad

Este análisis tiene su lado subjetivo: No es posible asignar valores precisos a la vida y salud humanas. Se han usado medidas como ahorros o costos de las demandas, pero son difícilmente reales.

Es la cuarta etapa que toma como dato de entrada las matrices de viajes desglosadas por modo de transporte, teniendo las siguientes funciones:

- Calcula los costes, tiempo y distancia para cada par origen/destino para todos los viajes modelizados
- Calcula los viajes de cada línea de transporte, en el caso de asignación de transporte público, así como los accesos, los trasbordos y los intercambios entre modos en cada estación.
- Calcula la carga de cada arco de la red, con el tiempo y coste de cada uno de ellos, después de aplicar las funciones de restricción de capacidad.

La red de transporte privado se modela por medio de un sistema formado por un conjunto de nodos y arcos<sup>11</sup> que conectan los nodos entre sí. La mayor parte de los nodos representan intersecciones, mientras que los arcos corresponden a tramos homogéneos entre las intersecciones adyacentes.

Cada arco representativo de la red posee una serie de características y atributos, tales como:

- Nodo de origen y destino
- Longitud del arco
- Tipología del arco, que corresponde a los distintos tipos de infraestructura.
- Número de carriles
- Función volumen –tiempo utilizadas para representar el comportamiento de las vías de congestión.
- Capacidad de la vía, la velocidad y el porcentaje de vehículos pesados.
- Pueden incluirse otros atributos de interés para ciertas investigaciones específicas, como las mediciones ambientales.

Esta función es también conocida como selección de rutas. Es de todas las funciones de planeación del transporte, la más compleja y laboriosa. En términos generales consiste en identificar las rutas óptimas de los viajes, esto es, la mejor

---

<sup>11</sup> Se entiende por arco de una red, la parte de la ruta de transporte o de la arteria vial que queda comprendida entre dos nodos. Se entiende por nodo de una red vial o de transporte, lugar de la ruta donde es potencialmente factible realizar un cambio de ruta o de arteria; esto es, donde se conectan dos rutas, dos arterias o donde se conectan los centroides de zona con las redes

forma en que las personas recorrerán las redes viales o de transporte para ir de sus orígenes a sus destinos.

Entre cualquier pareja de zonas, existe normalmente cierta cantidad de rutas diferentes factibles de ser usadas. Cada una involucra cierta cantidad de tiempo, costo, comodidad, etcétera, que los usuarios de las redes de transporte consideran para hacer su elección. Este fenómeno es el que se trata de reproducir o simular mediante el algoritmo de asignación de viajes

Las funciones utilizadas en el algoritmo de asignación en la modelización de la red relacionan la intensidad, es decir el volumen de vehículos asignados, con el tiempo de recorrido para cada arco.

Una forma general adoptada es la siguiente.

$$T = 1 \left[ T_0 + a \left( \frac{i}{c} \right) \right]^2$$

Dónde:

-“T” tiempo medio del recorrido del arco

-“l” longitud del arco

-“t<sub>0</sub>” tiempo medio de recorrido de 1 km a flujo libre

-“i” volumen o intensidad de vehículos. Esta variable la obtenemos como resultado de la asignación de la matriz de viaje a la red primaria.

-“c” Capacidad teórica del arco

“a, b” parámetros de ajuste.

#### **2.4.7. Aplicación de los modelos al cálculo de la demanda.**

Finalmente, cabe añadir que, en la evaluación de escenarios, la aplicación de los diferentes modelos suele ser la descrita en la tabla siguiente. Cada modelo evalúa mejor determinados impactos de las actuaciones.

<b>Tabla de análisis de escenarios. Factores a considerar y método de evaluación.</b>	
<i>Escenario / Actuaciones</i>	<i>Modelo principal aplicado</i>
Planeamiento urbano	Modelo de distribución o modelo de Generación/Atracción
Infraestructura y servicios de transporte	Modelo de reparto modal y asignación
Reestructura de la red de transporte público	Modelos de reparto modal y asignación
Sistema tarifario	Modelos de reparto modal
Grado de captación	Modelos de reparto modal
Año de puesta en servicio	Modelo de distribución
Traffic inducido	Modelo de distribución
Impacto de la congestión	Modelo de asignación y coste generalizado de los modelos de demanda.

Fuente: Manual de tranvías, metros ligeros y sistema de plataforma reservada. "Clara Zamorano"

Al igual que ocurre con cualquier nuevo modo de transporte, el proceso de implantación de un sistema de plataforma reservada<sup>12</sup> supone, en general, un paso importante en el sistema de transporte de un área, un corredor, una población, una ciudad o incluso una región metropolitana.

Sería un error introducir este nuevo modo sin valorar el impacto en el sistema de transportes en su conjunto lo que lleva a graves ineficiencias en el sistema de transportes. Por ello, es necesario un análisis del impacto sobre los otros modos y buscarla optimización del sistema de transporte en forma global.

## **2.5. Análisis, Evaluación y Elección.**

### **2.5.1 Trazo de la ruta**

Es posible proceder a marcar los sitios de mayor demanda, los orígenes y destinos que con mayor frecuencia generan viajes. Conviene aclarar que en este punto se requiere de gran sensibilidad para llevar a cabo una juiciosa e imparcial valoración de las magnitudes que se tienen en cada localización.

Resulta conveniente que desde un principio se tengan previstas las diversificaciones tanto de los orígenes como de los destinos, ya que su omisión inicial en muchas ocasiones restringe con gran severidad, e incluso imposibilita el que, de ser necesario, se puedan hacer ampliaciones y extensiones a futuro.

Es oportuno señalar que un factor económico en el funcionamiento y operación de la red es que la longitud de cada ruta sea extensa a conveniencia de la empresa del transporte, para optimizar (reducir) los tiempos muertos y de maniobras de las unidades y del personal.

<sup>12</sup> Metro

No menos importante es mencionar que el trazo de una ruta por ningún motivo se debe generar en función de caprichosas determinaciones al margen de la información, análisis, estudio y evaluación de los parámetros que rigen la demanda de transporte. Ya se ha visto, que trazar la ruta primero y esperar que los usuarios la utilicen para resolver sus necesidades, conduce a privar al organismo del transporte de la recuperación económica prevista; lo cual además, por una parte, penaliza a la sociedad con servicios que no requiere y, por la otra, se le grava con el pago de las deudas contraídas para el proyecto.

En esencia, la labor a desarrollar en la planeación del sistema de transporte público urbano de personas, radica en detectar las necesidades y carencias del usuario para poder poner a su alcance la mejor opción factible que mejore, por un lado, sus condiciones en materia de transporte y, por otro, que ofrezca un servicio digno que impacte en forma positiva su estado de ánimo, lo que se demuestra mediante la aceptación y preferencia respecto a los demás medios de transporte.

En el trazo de la ruta, se deberá procurar ofrecer al usuario del transporte público al menos alguna ventaja respecto del transporte privado. En concreto, es conveniente que las autoridades responsables de la vialidad se orienten a facilitar en primera instancia los movimientos del transporte público, liberen las vías y carriles correspondientes, e instrumenten medidas tendientes a facilitar su movilización continua en las horas conflictivas o pico, para incrementar el atractivo de este transporte.

### **Elementos para estimar la capacidad de la ruta**

Por ningún motivo es conveniente diseñar la ruta en el límite de la demanda esperada, ya que cualquier variación o contingencia restringe la posibilidad de cumplir con el objetivo que se persigue alcanzar durante todo el proceso de planeación del transporte público de personas, que consiste en satisfacer de manera razonable los rubros de movilidad y transporte del usuario.

En los casos del metro o del tren ligero, tenemos como variables para desplazar dentro de un intervalo tanto la frecuencia de las unidades que circulan, como la longitud del convoy; esto implica ampliar o reducir capacidad mediante la adición o el retiro de carros, de tal forma que se pueda tener siempre un equilibrio conveniente entre el material rodante y la demanda a satisfacer. Para que se cuide por un lado la atención al usuario y por el otro reducir el desgaste innecesario de vehículos e infraestructura; el cual tiene asociado un costo de operación y mantenimiento.

La importancia de este punto radica en la dificultad que siempre ha representado para el ser humano determinar el justo medio. Y es aquí en donde encontramos tal disyuntiva. Por ello es conveniente tener tanta información confiable como sea posible, ya que en esa medida se disminuirán los riesgos de equívocos de graves consecuencias económicas para las finanzas públicas, que en general son las que se ocupan de atender este tipo de actividad, y poder brindar cada vez un mejor y mayor servicio al usuario.

### **2.5.2 Estaciones y Paraderos**

El tamaño adecuado y la buena distribución de las estaciones y paraderos dependerá la vida útil del proyecto y en particular cuando se presenta la máxima demanda, este no logre la afectación de la operación del sistema. Es ante esta situación que los defectos se hacen evidentes, ya sea por descuido en el diseño o por economías mal entendidas. No se debe omitir la consideración de este aspecto primordial en cuanto al área y espacio suficiente para el diseño funcional de las estaciones y los paraderos.

En teoría, al momento de efectuar el diseño correspondiente, se deben de analizar las horas de máxima demanda u horas pico, como situación crítica, aunque su ocurrencia en general sea sólo de escasa duración respecto a la magnitud de la jornada en que se opera, debido a que la máxima demanda se presenta en forma recurrente todos los días laborables, por lo menos en dos períodos, uno en cada dirección.

En primer lugar deben contemplarse los estudios globales que permitan estimar los posibles sitios de enlace, y antes de empezar a diseñar las estaciones sintetizar y conceptualizar sus funciones tanto en el presente, que correspondería a la ruta en cuestión, como ante la eventualidad de que en el futuro pueda llegar a ser punto de convergencia de otras rutas, en cuyo caso convendrá que el diseño muestre algunas preparaciones previas que en muchas ocasiones tienen bajo costo; cuando son consideradas con oportunidad, y en otros, su olvido u omisión acarrearán costos elevados que pondrán en serios aprietos los proyectos de expansión o limitarán y comprometerán su eventual crecimiento o adecuación, como sucede en muchas de las obras en la zona metropolitana de la Ciudad de México.

Debe hacerse énfasis en que la función de las estaciones y paraderos son atraer y captar usuarios y no ahuyentarlos o desalentarlos mediante diseños poco ingenieriles, tortuosos, molestos y no pocas veces apareados con peores concepciones físicas. Todas las instalaciones deberán contar con la infraestructura



que permita proteger al usuario de las inclemencias del clima, desde su arribo hasta que alcance la salida en el sitio de su destino, los andenes, los pasillos y en especial las escaleras, deberán cuando menos tener las dimensiones mínimas establecidas en los manuales internacionales actualizados para el diseño de transporte público.

Por otra parte cabe señalar que la distribución de los componentes de estaciones y paraderos deberán a su vez ser armónicos y, de ser necesario, que los esfuerzos físicos para alcanzar cualquier punto al que desee llegar el usuario, sean mínimos, lo que proporcionará seguridad.

Asimismo, en este renglón es oportuno mencionar que las estaciones profundas deberán considerar la eventualidad de una emergencia en la cual se hace necesario evacuar las instalaciones. La recomendación al respecto es la de colocar rutas de evacuación, de preferencia independientes, de los tiros de ventilación naturales, adecuados y suficientes, en estricto apego a las normas de seguridad.

La simulación y manejo de los flujos que se generan en cada estación o paradero conviene plasmarlos sobre el papel, en donde de inmediato, cuando se tiene la adecuada formación técnica o profesional, así como la experiencia en el campo del transporte, aparecerán revelando las deficiencias que tiene el proyecto, lo que permitirá someterlo a nuevas consideraciones hasta encontrar el óptimo.

Asimismo, las estaciones son un elemento que coadyuva a resolver algunos de los problemas viales que se generan en cualquier asentamiento urbano, cuando su diseño es el adecuado. Conviene tomar en cuenta que la red que se pretende construir de ninguna manera es antagonista del entorno urbano en que se implanta; sino por el contrario, su vinculación es tan estrecha que interactúan y se provocan efectos positivos o negativos en función de su acertada o deficiente concepción y realización.

En el caso del transporte público de pasajeros, lo que se lleva de un origen hasta su destino son seres humanos y como tales deberán ser considerados. Es recomendable equiparlo para que eventualmente permita satisfacer algunas de las necesidades de los seres humanos, en donde haya confluencia de usuarios (en este caso las estaciones y paraderos).

En este sentido se hace referencia a las instalaciones sanitarias, que aun cuando podrían tener algún costo adicional y su operación sería ajena al transporte  $\frac{3}{4}$  por lo que se podría concesionar  $\frac{3}{4}$ , cabe mencionar que dado el costo marginal

relativo resultaría insignificante adicionarlas, y el costo del servicio lo cubriría el usuario. Con ello se elevaría la calidad de vida en el área que atiende la red de transporte.

### **Lineamientos para ubicar estaciones y paraderos**

La separación entre estaciones y paraderos impacta en la velocidad que podrá alcanzarse durante el desplazamiento, así como los tiempos de aceleración y frenado requeridos en cada tramo. Todo ello se refleja en la duración del recorrido desde el origen hasta su destino, lo cual tendrá un efecto directo sobre la decisión del usuario.

Ahora bien, aun cuando de la premisa anterior se podría suponer acertado elegir sólo los extremos, las condiciones reales de brindar el servicio al área por donde se transita hace forzoso el ubicar estaciones intermedias en donde se permita el ascenso y descenso de pasaje; por un lado, los que llegan a su destino o punto de transbordo y, por el otro, los que desean hacer uso del servicio de transporte que allí se ofrece para trasladarse a su destino.

Con esta base se procederá en cuanto al trazo de la ruta, la justificación de las ubicaciones que ofrecen algún factor de aglutinamiento de personas.

El transporte colectivo de personas tiene un impacto considerable sobre la vialidad que se genera en su entorno, principalmente en el área de influencia de cada estación intermedia, de correspondencia (transbordo) o terminal. Por ello es importante el diseño apropiado de cada una de estas instalaciones con objeto de atenuar o disipar el caos que puede provocar el arribo masivo de usuarios; hay quienes en forma equivocada han pretendido aliviar esta circunstancia mediante el alejamiento desmedido entre medios de transporte, lo que lejos de mejorar la situación vial la empeora, tal y como se ofrece para este análisis.

La correcta elección del sitio en que se ubicará la estación o paradero repercute en beneficios adicionales a la vialidad y a su entorno, lo que adiciona un cúmulo de ventajas tanto al usuario como a los habitantes del lugar, conductores de automóviles privados y, en general, a toda la sociedad; dichas ventajas se deben considerar y valorar en su dimensión exacta.

Al igual que con la ubicación, es necesario que el diseño de las estaciones y paraderos, sus accesos y la distribución respecto a la vialidad existente o futura, sean armónicos, para que cumplan mejor la función que les corresponde, y así resuelvan los problemas de transporte. Es necesario equipar dichas estaciones y

paraderos con los accesorios más adecuados al tipo de usuario que demanda el servicio en cada ubicación

Los accesos deben colocarse en la mayor cantidad y orientados en tal forma que se pueda atender con mayor eficacia a los usuarios potenciales en el área de influencia de la estación, así como el incremento fortuito en casos de emergencia, para evacuar con seguridad y rapidez.

Otro punto obscuro que se observa en la composición y articulación de la red de transporte urbano en la Ciudad de México lo constituyen las opciones para el usuario, es decir, la ilógica ubicación de estaciones y paraderos en lugares poco estratégicos y distantes. Cuando las rutas pertenecen a organismos independientes, su misión está orientada a un mismo fin, servir al usuario; el pasajero, por su parte, requiere que al menos alguno de los transportes lo lleve a su destino. La deficiencia mencionada ocasiona que los usuarios se tengan que desplazar con apuro, incrementando el caos vial y poniendo en riesgo su integridad al moverse de un sitio a otro, ya que algunas estaciones lo exponen a cruzar avenidas peligrosas, o bien, a recorrer distancias que no alcanzan a cubrir en el breve lapso del que disponen para ello, por lo que pierden la oportunidad de tomar un medio de transporte.

### **2.5.3. Material rodante**

Los vehículos que se empleen para el transporte de personas deberán estar dotados con iluminación, apoyos y pasamanos suficientes para garantizar la seguridad y comodidad del usuario, quien con su aportación directa implícita en el pago de la tarifa, con subsidio o sin él, exige un servicio de calidad.

El aspecto interior de las unidades debe mostrar respeto al usuario, los descuidos en la apariencia, ya sean estos pisos desechos; ventanas sucias, rotas o bloqueadas; asientos dañados; pasamanos incompletos o faltantes; puertas deterioradas, etc., impactan en el ánimo del pasajero, demeritan la imagen de la empresa y fomentan el vandalismo. De lo anterior se puede deducir que si lo notorio no ha sido observado y corregido por los encargados del mantenimiento, más difícil les resultará detectar y corregir deficiencias en áreas de difícil acceso y menor visibilidad que son de mayor trascendencia para la eficiente operación del vehículo.

Esta revisión, cuando existe alguna anomalía, es loable. Sin embargo, es más efectivo, eficiente, económico y seguro realizar el mantenimiento preventivo en apego al programa dentro de los talleres, en donde se debe contar con la

infraestructura apropiada, disminuyendo los riesgos al personal y a los usuarios, lo que minimizaría las interrupciones durante el servicio.

Aquí se considera oportuno mencionar que la elección del vehículo o material rodante, así como los componentes electromecánicos externos necesarios para el buen funcionamiento de los sistemas de transporte más sofisticados, deberán someterse a un análisis técnico financiero que considere costos de inversión, gastos en mantenimiento, vida útil, características técnicas y de seguridad que impactan el estudio de factibilidad económica de la inversión.

Los estudios de factibilidad se realizan para jerarquizar y seleccionar los proyectos potenciales de inversión en cualquier ámbito, incluido el transporte, con el criterio de optimización, para ofrecer al tomador de decisiones todo el panorama que le permita elegir la alternativa más favorable. Además, es necesario que durante su vida útil, no se desvíen los recursos necesarios para el rubro de mantenimiento ya que allí radica la seguridad del usuario, la calidad del servicio y el prestigio de la empresa que ofrece el transporte público de personas.

## **2.6. Aspectos importantes de carácter general**

Por último, no se debe olvidar que es necesario ofrecer al usuario información clara y precisa para que pueda conducirse con agilidad, rapidez, seguridad y confianza dentro de las instalaciones. Es necesario considerar que la celeridad con la que el usuario se desplace en su interior, impactará en la ocupación de espacios dentro del sistema de transporte; si se tiene en cuenta que la función del proyecto es hacer eficiente y óptimo el sistema de transporte por medio de la movilidad expedita del usuario, resulta impropio limitar o restringir su movilidad dentro de las instalaciones debido a información deficiente, confusa o inexistente.

La información instalada en todo el sistema de transporte deberá ser comprensible, clara y objetiva para el usuario. Por ello se recomienda que ésta se apegue en lo posible a la simbología de uso internacional, lo que facilitará las labores del personal, así como la operación del sistema de transporte. De la claridad y precisión con que se instale esta información, se evitarán trastornos molestos y, en horas pico, incluso contrarios al buen funcionamiento. La necesidad de consulta para identificar el rumbo a seguir, es además de incómodo, molesto, entorpece la circulación y el flujo de usuarios, lo que congestiona sin necesidad los espacios limitados de las instalaciones: estación, paradero, andén, pasillo, etcétera.

Es aconsejable, debido al escaso nivel educativo general de nuestra población, colocar estratégicos señalamientos que alienten y encaucen a los usuarios al mejor aprovechamiento de su tiempo y de las instalaciones. Por ello, vialidad y cortesía nunca serán suplicas desdeñables mediante claras ilustraciones alusivas al respecto, lo que permitirá un flujo más expedito en el tránsito por las diferentes estructuras del sistema de transporte. Los enlaces peatonales entre las diferentes rutas que convergen en alguna estación, deben ser amplios, breves, cómodos y seguros para alentar en el público la preferencia por un transporte público eficiente, eficaz y económico.

El diseño de todas las instalaciones en un sistema de transporte público urbano deberá considerar siempre las dimensiones ergonómicas del ser humano que las utilizará. En muchas ocasiones, su omisión nos permite observar estructuras viales urbanas en las que se encuentra ausente este factor, por lo que espacios reducidos, pasos peatonales muy elevados, entre muchos otros, agreden con inmisericorde regularidad al usuario, sin reparar en un mínimo respeto a su dignidad y a los derechos de seres humanos.

Los proyectos modificados en forma intempestiva, al ser llevados a la práctica por lo general elevan costos, surgen defectos, deficiencias y desventajas derivadas de la celeridad y premura con que se hacen. En los casos de modificaciones, será necesario en su oportunidad someter a consideración la alternativa visualizada y el porqué de su aceptación o rechazo; ello permite conciliar, de la mejor manera, el proyecto definitivo que el análisis técnico y económico justifica.

El procedimiento para realizar el diseño del sistema de transporte público de personas brinda en forma secuencial los criterios para entender y dar respuesta a la problemática tan compleja que reviste el transporte. Toma en consideración al usuario y pretende disminuir los desaciertos, lo cual permitirá que las futuras generaciones puedan tener una mejor plataforma para emprender acciones para mejorar la calidad del servicio de transporte público en nuestras ciudades.

Los aspectos tecnológicos y operativos de los sistemas de transporte público urbano, son parte importante en la planeación de las necesidades de la comunidad ya que con esto se podrá prever que tipo de transporte es el que se necesita. Para esto se requiere conocer a fondo las características que nos ofrecen cada tipo de transporte para así poder tomar la mejor decisión en base a las necesidades de cada región.

## **2.7 Tipos de Transporte público urbano**

El transporte público comprende los medios de transporte en que los pasajeros no son los propietarios de los mismos, siendo servidos por terceros. Los servicios de transporte público pueden ser suministrados tanto por empresas públicas como privadas.

Los transportes públicos ayudan al desplazamiento de personas de un punto a otro en un área de una ciudad. El transporte público urbano es parte esencial de una ciudad. Disminuye la contaminación, ya que se usan menos automóviles para el transporte de personas, además de permitir el desplazamiento de personas que, no teniendo auto y necesitan recorrer largas distancias.

Los tipos más importantes de transporte público son:

### **2.7.1 Autobús y trolebuses**

Los autobuses son prácticos y eficientes en rutas de corta y media distancia, siendo frecuentemente el medio de transporte más usado a nivel de transportes públicos, por constituir una opción económica. Las compañías de transporte buscan establecer una ruta basada en un número aproximado de pasajeros en el área a ser tomada. Una vez establecida la ruta, se construyen las paradas de autobuses a lo largo de esa ruta.

Sin embargo, dada su baja capacidad de pasajeros, no son eficientes en rutas de mayor uso. Los autobuses, en rutas altamente usadas, producen mucha contaminación, debido al mayor número de autobuses que son necesarios para el transporte eficiente de pasajeros en esa ruta.

Los autobuses y trolebuses son medios de transporte público urbano que normalmente operan en la vialidad urbana compartiendo su derecho de vía con otros vehículos (transito mixto). En algunos casos estos medios han empezado a operar en carriles reservados o exclusivos.

Las características generales presentan 3 características generales:

- Capacidad de operar en casi cualquier calle: Esta característica permite que las rutas puedan ser designadas a cualquier calle y no se vea limitado a operar sobre ciertos derechos de vía. Asimismo las paradas pueden ser colocadas en varios puntos.
- Costos de inversión bajos: Ya que la infraestructura que necesita es mínima, la implantación, cambios y extensiones de rutas y paradas es

rápida y sencilla de hacer. Sin embargo la baja inversión hace que tenga poca permanencia y por ende, una influencia limitada en el uso del suelo y en la configuración de la forma urbana.

- **Unidades de transporte con capacidad limitada:** Este medio de transporte es ideal para rutas de transporte con volúmenes de pasajeros bajos moderados. Si se pretende mover volúmenes mayores a 15000 pas/hr es necesario visualizar otras opciones de transporte debido al espacio de capacidad presentada.

En síntesis el uso de autobuses presenta mayor flexibilidad que cualquier otro medio de transporte urbano; la ramificación de sus rutas es fácil la inversión necesaria es relativamente baja. Sin embargo en los lugares donde la demanda supere los 15000 pas/hr es recomendable buscar soluciones alternas de otros medios de transporte de mayor capacidad debido a que la productividad laboral y el rendimiento se decrementan así como la calidad del servicio.

### **Tamaño de los autobuses**

El tamaño adecuado de un autobús está basado en los siguientes principios:

- **Costo de operación:** El costo de operación por unidad de capacidad ofrecida decrece conforme el tamaño del vehículo crece, principalmente debido a la productividad laboral, al menor consumo de energía y al mantenimiento.
- **Capacidad:** Esta crece casi linealmente con el incremento en el tamaño del vehículo. Esto se debe principalmente a que son requeridos menor número de vehículos, lo cual trae como consecuencias un menor congestionamiento y una mayor velocidad.
- **Maniobrabilidad:** La maniobrabilidad del vehículo decrece con el tamaño del vehículo, siempre y cuando la carrocería esté formada por un solo cuerpo.
- **Comodidad:** La comodidad se incrementa con el tamaño del vehículo cuando este está formando por un solo cuerpo. La comodidad en los articulados y de doble piso se decrementan en el primer caso en la parte posterior y en el segundo en la altura del techo.

A su vez en función de su tamaño los transportes superficiales pueden ser clasificados por el tipo de carrocería, la cual define la fisonomía del vehículo.

- **Minibús:** Es un vehículo de pequeña longitud, la cual se encuentra entre 5 y 7 metros con una capacidad de asientos de 12 a 20. La capacidad total

del vehículo oscila entre los 20 y los 35 pasajeros. La velocidad máxima que presentan es de 40 a 70 km/hr. Este vehículo es idóneo para zonas de baja densidad. El motor es normalmente de gasolina, algunos presentan conversiones a gas licuado de petróleo.

- **Autobús regular:** Es un vehículo de una sola carrocería soportado por dos ejes. La capacidad normal de asientos varía de 35 a 50, pudiendo tener una capacidad total de 50 a 110 pasajeros.
- **Autobús articulado:** Es un vehículo que presenta mayores dimensiones que el autobús regular y está formado por dos carrocerías unidas por una articulación, lo que permite tener un interior continuo a la vez que permite que el autobús doble durante sus giros. La longitud de estos vehículos varía entre los 16 y los 18 m, con un total de asientos de 66 y una capacidad total de 180 pasajeros. Un vehículo de estas magnitudes debe presentar un mayor número de puertas para facilitar el ascenso y descenso del usuario, haciendo que cuente de 3 a 4 puertas, generalmente de doble canal.

### 2.7.2. Vehículo.

El tipo de vehículo se puede clasificar principalmente por el tipo de propulsión que presenta, siendo estos:

- **Diesel:** Dentro del transporte público es el de uso más generalizado debido a la durabilidad y sencillez que presenta el motor; a sus costos de operación más bajos que en relación al motor de gasolina y a un mantenimiento más sencillo y una menor contaminación del aire. Sin embargo, presenta mayores problemas en cuanto a las emisiones de humo, vibraciones y ruido.
- **Eléctrico:** En esencia el trolebús en su aspecto operativo y físicos es similar al autobús, diferenciados en su propulsión, a partir de un motor eléctrico el cual obtiene la energía eléctrica por medio de dos cables. Aun cuando se vean limitados sus movimientos laterales debido a la línea elevada, el trolebús puede desplazarse poco más de un carril a la izquierda o derecha ubicado debajo de la línea por lo que su rango de acción se considera de 3 carriles.
- **Motor de gasolina:** Este motor, dentro del transporte público se utiliza en minibuses ya que es más eficiente debido a su poco peso y al hecho de que necesita producir poca potencia.
- **Gas propano:** Este motor es más limpio y silencioso. Sin embargo produce una menor potencia y presenta el peligro de almacenamiento del combustible.



- **Electreobus:** Este es el nombre que se designa a los autobuses que obtienen su propulsión a través de un motor eléctrico alimentado por baterías. Desgraciadamente el peso de la batería es alto lo cual repercute en los costos de operación.
- **Energía inercial:** Las terminales del vehículo hace contacto con un alimentador trifásico y un motor eléctrico acelera la rueda que acumula energía. Esta energía cinética impulsa a un generador el cual envía la energía producida a una batería con la cual se alimenta un motor eléctrico. El problema es que el mecanismo es complejo y presenta un gran peso. Este vehículo opera en Bélgica.

### 2.7.3. Transporte férreo

Los medios de transporte férreo que se utilizan en las ciudades presentan cuatro características generales que los distinguen de otros medios de transporte, las cuales son las siguientes:

- **Guía externa:** Al contar con una guía externa o riel, el vehículo es guiado físicamente por la vía y el operador del vehículo solo controla la velocidad del mismo, Esta característica permite que se utilice solamente el ancho mínimo necesario de derecho de vía a la vez de lograr un viaje más cómodo.
- **Tecnología férrea:** El uso del conjunto rueda de acero y riel ha dado como consecuencia un mecanismo básico y simple para el movimiento de vehículos. Esta combinación permite tener cambios de dirección de una manera rápida, simple y sin errores. Asimismo su baja resistencia al rodamiento (10 veces menor que la que se presenta con rodada neumática) trae como consecuencia inmediata un consumo muy bajo de energía por tonelada de peso. La combinación de soporte y guía permite obtener comodidad en el recorrido ya que se realiza el viaje de una manera estable y suave. Sin embargo, al contar con un coeficiente de adhesión bajo, se presentan problemas con las pendientes así como, con las distancias de frenado, las cuales deben ser mucho mayores que en el caso de los vehículos de rodada neumática.
- **Propulsión eléctrica:** Al contar el transporte férreo urbano con propulsión eléctrica, se obtienen excelentes rendimientos dinámicos en los vehículos, especialmente en cuanto a aceleración. Asimismo, sus componentes mecánicos son limpios, durables y de poco mantenimiento, logrando niveles de ruido bajos así como una contaminación ambiental directa nula. Las principales desventajas de este tipo de propulsión van encaminadas a las grandes erogaciones que se tienen que realizar así como, a la limitación

que se presenta en el recorrido del vehículo hasta donde se extienda la línea electrificada.

- **Separación del derecho de vía:** Es interesante notar que la falta de flexibilidad de movimiento de la tecnología férrea hace que su operación en tránsito mixto, sea inferior a los medios que cuentan con rodada neumática. Sin embargo, es mucho más fácil lograr la separación para transporte férreo ya que las vías separadas, sin pavimentar, se distinguen de otros carriles y no son invadidas por los automovilistas tal como lo son los carriles de autobuses.

### Medios de transportes férreos

Dentro del transporte férreo que se utiliza en las áreas urbanas, se pueden distinguir cuatro conceptos principales, los cuales se relacionan a continuación:

- **Tranvía:** Es un medio de transporte que opera generalmente con un solo carro, pero al que se le pueden acoplar una o dos unidades más. Su operación generalmente es en calles con tránsito mixto y aun cuando presenta excelentes características dinámicas, estas no pueden ser desarrolladas en su totalidad. Su operación en tránsito mixto hace que su confiabilidad y velocidad de operación dependan de las condiciones de tránsito, siendo estas menores a los 20 km/h.
- **Tren ligero:** Es la concepción moderna del tranvía, al cual se le han mejorado aspectos tanto tecnológicos como operativos. Así se tiene que es un medio de transporte que puede operar hasta con tres carros y que presenta capacidad de transportar hasta un 50% de los pasajeros sentados. Sus características de rendimiento a costo lo sitúan entre el tranvía y el metro y opera en derechos de vía predominantemente separados a la vez de presentar la posibilidad de ramificarse y por ende hacer un mejor uso de su tramo troncal. Asimismo, por lo general son vehículos articulados de seis u ocho ejes, los cuales presentan una longitud total que va de los 20 a los 32 metros y pueden presentar escalones para abordar a nivel del suelo o bien mediante el uso de plataformas en la cual el piso de la unidad se encuentra al mismo nivel que el de la estación.
- **Metro:** Es el medio óptimo de transporte para un corredor de gran capacidad, en el cual su derecho de vía está completamente separado y por ende, no presenta interferencias externas. Su guía es simple y la tracción es eléctrica, y cuenta con equipos de seguridad que permiten las velocidades máximas que se puedan lograr para espaciamientos entre

estaciones dadas, así como, las permitidas por la comodidad del usuario. Su operación es siempre en trenes pudiendo llegar hasta los diez carros y cada carro cuenta con cuatro ejes. Estos trenes son operados por un conductor, lo cual implica una gran capacidad al mismo tiempo de lograr una buena productividad laboral. La longitud total de cada carro de metro varía entre los 16 y los 23 metros, con un ancho de 2.5 a 3.2 metros. La capacidad por cada carro son del orden de 120 a 250 espacios, de los cuales del 25 al 60% son asientos. Sus velocidades de operación van entre los 25 y los 60 km/h con frecuencias a la hora de máxima demanda de 20 a 40 trenes por hora. Esto permite obtener capacidades máximas de 60,000 a 80,000 pasajeros por hora.

- **Tren regional:** Por tren regional se entiende los servicios locales de trenes interurbanos, los cuales presentan normas técnicas y operacionales muy altas. Generalmente, son operados por las compañías férreas en sus propios derechos de vía, con vehículos de tracción eléctrica o diesel. Se caracterizan por presentar grandes espaciamentos entre estaciones (del orden de los 5 km o más) así como, longitudes promedio de viajes de 35 km. Todo ello conlleva a lograr altas velocidades y gran confiabilidad en el servicio.

De lo anterior, se puede concluir que lo que diferencia a un medio de transporte férreo de otro son los siguientes aspectos:

- Tipo de derecho de vía
- Número máximo de carros por tren
- Plataformas en las estaciones
- Forma de la toma de energía (catenaria; tercer riel)
- Control de recorrido (visual o por señales)
- Velocidad máxima

### **Tipo de carro**

Se puede clasificar el transporte férreo, según el tipo de carros que utilizan, así tenemos que:

- **Carro con cabina.** Es aquel que cuenta con un mando de control y donde algunos o todos sus ejes poseen tracción. Este tipo de carro puede operar individualmente o acoplados con otros carros.
- **Carro motriz.** Es aquel que tiene en sus ejes tracción pero no controles de mando

- **Remolque.** Como su nombre indica, es un carro sin tracción, el cual es tirado por un carro con motor.
- **Locomotora.** Es un carro que posee motor pero es utilizado exclusivamente para remolcar tráilers y no lleva pasajeros.
- **Carros A y B (pareja casada).** Son vehículos con motor, los cuales comparten algunos componentes y por ende solo pueden operar en forma conjunta. Cada uno tiene controles de mando en un solo extremo.

Así por ejemplo, el metro de la Ciudad de México está formado por una combinación de carros con cabina, motrices y remolques.

### Tipo de carrocería

Normalmente, esta es la clasificación más utilizada para definir los diferentes tipos de vehículos férreos. Por carrocería se entiende la porción del vehículo que contiene la sección de pasajeros, la cabina del conductor y el equipo eléctrico y mecánico. Así, se puede hablar de:

- **Carro de una sola carrocería.** Dentro de esta categoría encontramos a la mayoría de los carros del metro y tren regional, así como algunos tranvías.
- **Carros articulados.** Consiste en dos o tres cuerpos o carrocerías intercomunicadas por articulaciones. Esta configuración hace que se vea un interior continuo. La configuración permite que el vehículo se doble en curvas tanto horizontal como verticalmente.
- **Carros de doble piso.** Este tipo de carrocería se presentaba durante las primeras épocas del tranvía y todavía se pueden ver algunos ejemplos en Inglaterra y sus ex colonias,

Existen varios factores que van a afectar el diseño de la carrocería de un vehículo férreo. Así se tiene que la forma en que va a operar el sistema va a tener una injerencia importante en el diseño por lo que los intervalos, capacidades, tamaño del personal a bordo y los costos mismos de su operación deben ser tomados en cuenta. Asimismo, es importante considerar los aspectos que el usuario va a buscar en el vehículo, tales como los escalones, los congestionamientos que pudieran darse alrededor de las puertas y la comodidad de sus asientos, además de consideraciones estéticas.

Por otra parte, el prestatario del servicio va a buscar que los costos de mantenimiento sean los menores a través del fácil reemplazo de partes y de superficies lisas, que ayuden a su limpieza. Finalmente, los costos de inversión

son también importantes y van a depender del tipo de vehículo, su complejidad, los materiales utilizados, la durabilidad y la cantidad de componentes utilizados.

# Capítulo 3

*Definición del Marco  
demográfico y las  
Características del  
Transporte en la  
ZMVM*

## **Marco demográfico y Características del Transporte en la ZMVM**

En este capítulo se incluye toda la información requerida para entender la situación geográfica y demográfica con la que cuenta la ZMVM, para poder así entender la problemática que dio lugar a la necesidad percibida de la construcción de una nueva Línea en la Ciudad de México.

### **3.1. Marco demográfico.**

El análisis que se hace sobre la evolución de la población y del transporte urbano en este capítulo, se realizara respecto a la Zona Metropolitana del Valle de México aun cuando el área de influencia propuesta se encuentre en su totalidad al interior del Distrito Federal. Esto es con la finalidad de realizar un análisis integral que contemple de manera activa toda la población local y flotante que sea beneficiada con la implantación de esta línea.

La consolidación de la capital de nuestro país, como una de las grandes ciudades del mundo se ha debido, al empeño de los habitantes y a la capacidad que desarrolló la sociedad tanto para conocer como para transformar el medio. Se debe también a que grupos de distintas generaciones superaron varios tipos de dificultades para resolver la ampliación de sus espacios y sobre todo a la imaginación con que se han ido resolviendo sus problemas de transporte.

La Ciudad de México en efecto es producto de todo ello: de disposiciones, de proyectos, de obras de todas dimensiones, de búsquedas permanentes y quizá más que nada, de la creatividad con la que se han enfrentado lo mismo los retos que las condiciones geológicas de esta cuenca. En esa perspectiva, y en vista de su estricta relación con el progreso y el desarrollo, el tema del transporte ocupa un lugar de relevancia en la comprensión de la madurez de la capital de la República Mexicana.

#### **3.1.1 Delimitación territorial**

En cuanto a municipios se asume la delimitación realizada por el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Zonificación Metropolitana del Valle de México DDF.2007

En este programa se constituye una respuesta a este requerimiento y establece los lineamientos básicos para la acción pública y privada en el ámbito territorial del Valle de México.

- **Distrito Federal (DF):** Está formado por 16 delegaciones las cuales son:

Álvaro Obregón	Cuajimalpa	Iztapalapa	Tláhuac
Azcapotzalco	Cuauhtémoc	Magdalena Contreras	Tlalpan
Benito Juárez	Gustavo A. Madero	Miguel Hidalgo	Venustiano Carranza
Coyoacán	Iztacalco	Milpa Alta	Xochimilco

- **Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM):** Está formada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y por 40 municipios del Estado de México y uno del estado de Hidalgo. En 2005 esta zona contaba con una población de poco más de 19 millones de habitantes.

Acolman	Coyotepec	Naucalpan de Juárez	Tepetlaoxtoc
Atenco	Cuautitlán	Nextlalpan	Tepotzotlán
Atizapán de Zaragoza	Cuautitlán Izcalli	Nezahualcóyotl	Texcoco
Chalco	Ecatepec de Morelos	Nicolás Romero	Tezoyuca
Chiautla	Huehuetoca	Papalotla	Tlalmanalco
Chicoloapan	Huixquilucan	San Martín de las Pirámides	Tlalnepantla de Baz
Chiconcuac	Ixtapaluca	Tecámac	Tultepec
Chimalhuacán	Jaltenco	Temamatla	Tultitlán
Coacalco de Berriozábal	La Paz	Teoloyucan	Valle de Chalco Solidaridad
Cocotitlán	Melchor Ocampo	Teotihuacán	Zumpango

Un municipio del estado de Hidalgo:

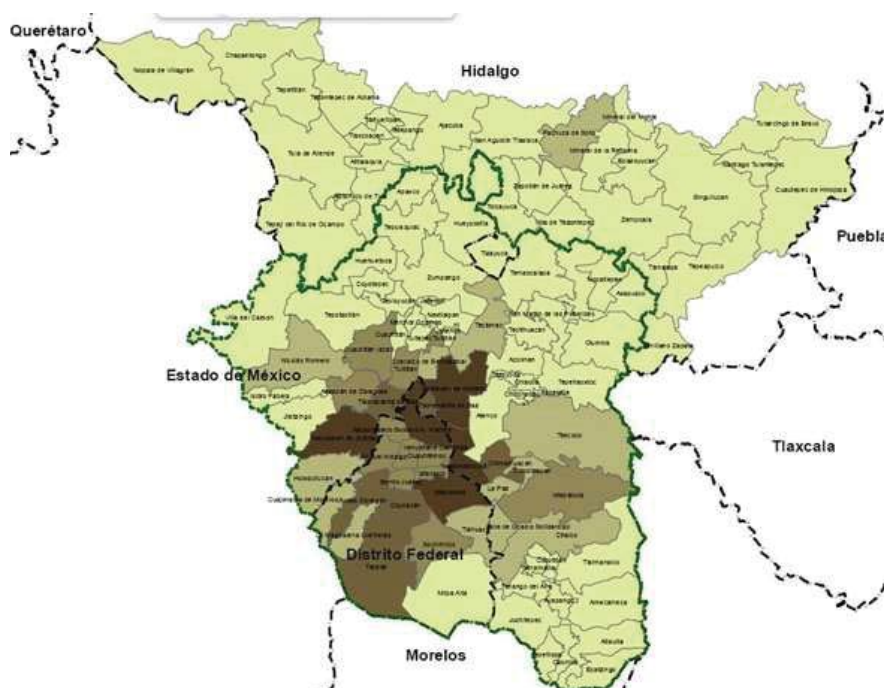
- Tizayuca

**La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM):** es la segunda metrópoli más poblada del mundo, así como también una de las de mayor extensión territorial. La ZMVM está conformada por las 16 Delegaciones del Distrito Federal (DF), los municipios de ZMCM más 18 municipios para formar en total 58 Municipios del Estado de México y uno del Estado de Hidalgo. Abarca 4,715.3 km<sup>2</sup>, de ellos 1,486



km<sup>2</sup> corresponden al DF, equivalentes a 0.1% de la superficie del país y 31% de la ZMVM.

Amecameca	Hueypoxtla	Ozumba
Apaxco	Isidro Fabela	Temascalapa
Atlautla	Jilotzingo	Tenango del Aire
Axapusco	Juchitepec	Tepetlixpa
Ayapango	Nopaltepec	Tequixquiac
Ecatzingo	Otumba	Villa del Carbón

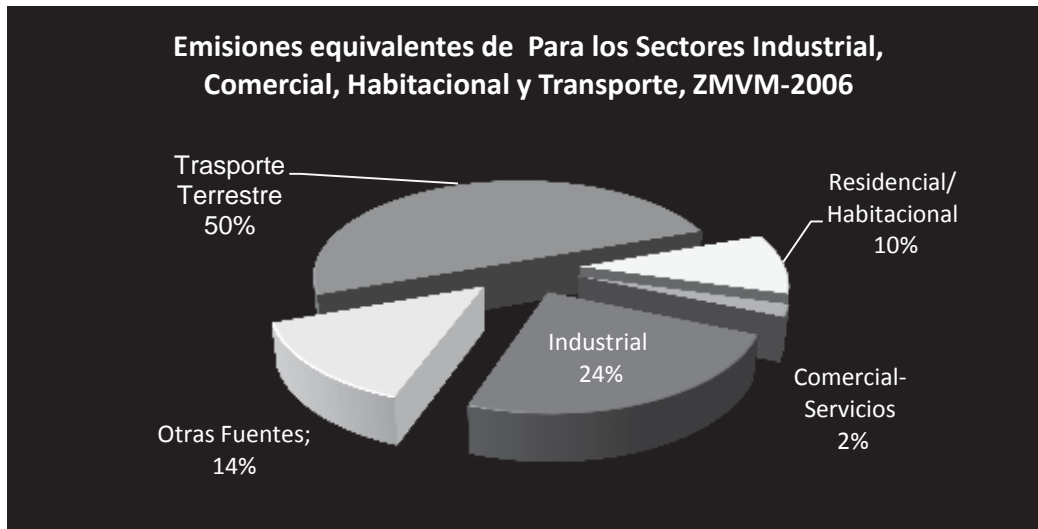


ZMVM: Es la ZMCM más 18 municipios que se consideran estratégicos, que hoy en día no son parte de la conurbación.

### 3.1.2 Características Físicas y Contaminación.

La Ciudad de México se ubica a 2,240 metros sobre el nivel del mar y es parte de la Cuenca del Valle de México, las formaciones montañosas que la rodean constituyen una barrera natural, con elevaciones superiores a los 5 mil metros que dificultan la circulación del viento y la dispersión del aire contaminado. Igualmente la altitud provoca la disminución de la concentración de oxígeno que influye en la baja eficiencia de los motores a base de combustibles fósiles.

La quema de combustibles como la gasolina, genera la mayor proporción de la emisión de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la ZMVM. Según el Inventario de Emisiones 2006, el total de vehículos motorizados en circulación en la ciudad, emiten 50% de las casi 43.5 millones de toneladas de GEI que se producen anualmente en la metrópoli, los cuales provienen principalmente de la quema de gasolina. En el caso del transporte terrestre, el 99% de estas emisiones corresponden al Bióxido de Carbono ( $CO_2$ )<sup>14</sup>.



Fuente: Elaborado propia, con información del Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 2006.

Las características físicas y poblacionales de la ZMVM favorecen la acumulación de contaminantes atmosféricos. La altitud de la ciudad provoca que los motores de combustión operen deficientemente y generen más contaminantes.

En las emisiones de GEI del sector transporte, el auto particular es evidentemente el principal generador de gases de efecto invernadero. Los automóviles junto con las motocicletas suman 84% del parque vehicular y aportan la mitad de los GEI. El transporte de pasajeros suma 7% de la flota motorizada de la ciudad y genera 27% de las emisiones, en tanto, el transporte de carga emite 22% de los GEI con 9% de la flota total.

Para mejorar la calidad del aire, resulta fundamental disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

<sup>14</sup> Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 2006.

Para garantizar la accesibilidad en la ciudad y el derecho a la movilidad de las personas es inaplazable diseñar políticas públicas de ampliación, fortalecimiento y promoción del transporte público de calidad-masivo y del no motorizado.

Paralelamente la infraestructura vial deberá habilitarse cada vez más para privilegiar y optimizar la circulación de esos tipos de transporte, garantizando la adecuada convivencia con los traslados motorizados individuales. Para así poder tener una mejor calidad del aire y esto se refleje en otras áreas tan importantes en la vida de cada individuo.

### **3.1.3 Características socioeconómicas de la Ciudad de México.**

La Ciudad de México es la capital del país y por esto se concentra en ella una gran parte de la actividad económica, política y social. Todas estas actividades demandan un transporte público que traslade a los distintos agentes a sus ocupaciones, ya sean de trabajo, estudio, entretenimiento, actividades sociales o de comercio.

Debemos primero aclarar que la mancha urbana comprende no sólo una parte de las limitaciones geográficas del Distrito Federal, sino también algunos municipios del Estado de México e Hidalgo. Por tanto, es mejor si se habla de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), en lugar de la Ciudad de México

Es en estos municipios y en algunas delegaciones donde se concentra una buena parte de la población y de las actividades económicas, políticas y sociales. A su vez, esto genera una mayor demanda por transporte, especialmente donde existe una mayor oferta de empleos industriales.

Sin embargo, uno de los problemas más importantes consiste precisamente en que el sistema vial y de transporte ha alcanzado tales magnitudes que resulta prácticamente imposible contar con estudios actualizados sobre la cantidad de vehículos, rutas, servicios, condiciones de la vialidad, y otros elementos con los que se pretende atender la demanda<sup>15</sup>

Las características de la población así como el crecimiento de esta, deben ser un punto de partida para la definición de la política de transporte de la ciudad

---

<sup>15</sup> Panorama de Movilidad en México, Salvador Herrera, Centro de Transporte Sustentable de México

### 3.1.4 Crecimiento poblacional

A lo largo del siglo XX, la ZMVM creció rápidamente gracias al desarrollo económico y político que se dio en la ciudad. Dicho crecimiento llevó a la ocupación de suelos que anteriormente no estaban urbanizados; la expansión de la mancha urbana se dio más allá de lo que comprende el Distrito Federal hasta llegar a municipios de estados colindantes.

En las primeras décadas de la segunda mitad del siglo XX el DF y los municipios contiguos a éste mostraron un notable crecimiento, siendo más notorio en estos últimos años donde la tasa de crecimiento<sup>16</sup> era mayor a la nacional (tablas 1 y 2). Estas dos tendencias se ven reflejadas, a su vez, en el crecimiento de la ZMVM. Para finales del siglo, estas dos entidades muestran un crecimiento menor, incluso el crecimiento del DF llega a ser relativamente menor que la tasa de crecimiento nacional.

#### Población (en millones de habitantes)

Año	ZMVM	DF	Municipios contiguos	Superficie (ha)
1970	8.81	6.47	2.34	68,260
1980	12.33	6.91	5.42	105,660
1990	15.04	6.99	8.05	121,320
2000	18.20	7.27	10.93	145,000
2010	20.53	7.36	13.17	162,690
2020	22.25	7.46	15.04	174,830

Fuente: Covarrubias; Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010

#### Tasa porcentual de crecimiento de poblacional

Periodo	Nacional	ZMVM	DF	Municipios Contiguos.
1950-1960	3.07	5.64	5.2	17.85
1960-1970	3.28	5.3	3.54	19.1
1970-1980	3.32	4.73	2.54	10.66
1980-1990	1.97	0.92	-0.69	3.35
1990-2000	1.82	1.73	0.42	3.14
2000-2010	1.38	1.5	0.09	2.66

Fuente: Covarrubias; Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010

<sup>16</sup> La Tasa Crecimiento Demográfico, es el aumento de la población de un territorio delimitado en un período determinado; expresado generalmente como porcentaje de la población al inicio de cada ciclo.

Vemos que, mientras para la década de los 50's la tasa de crecimiento era de 5.2 para la ZMVM, en la década de los 90's la tasa fue de 0.42, mostrando una reducción en la tasa de crecimiento. Esta es una característica que presentan varias ciudades: las ciudades crecen más rápido cuando sus economías son subdesarrolladas, y crecen menos cuando sus economías son más desarrolladas<sup>17</sup>.

Hoy en día el 51% de la población de la ZMVM vive en los municipios contiguos del Estado de México. El crecimiento poblacional lleva consigo una mayor demanda por transporte público, pero dado que el crecimiento se ha dado sin mayor planeación, esto se refleja igualmente en el transporte público.

En el año 2010 la población de la ZMVM había superado ya los 20 millones de personas, de los cuales 44 por ciento son habitantes del Distrito Federal. Esta es la entidad federativa más pequeña del país y al mismo tiempo la de mayor densidad poblacional.

### **3.1.5 Crecimiento socios demográficos y territoriales**

Como consecuencia del crecimiento demográfico de la Ciudad de México, en la década de 1970 los municipios mexiquenses aledaños al Distrito Federal quedaron conurbados a la zona urbana.

Los procesos socio demográfico y territorial metropolitanos afectan la movilidad, infraestructuras, equipamientos y servicios de transporte del Distrito Federal.

Entre los procesos y tendencias que generan mayor impacto dentro de la ZMVM pueden señalarse:

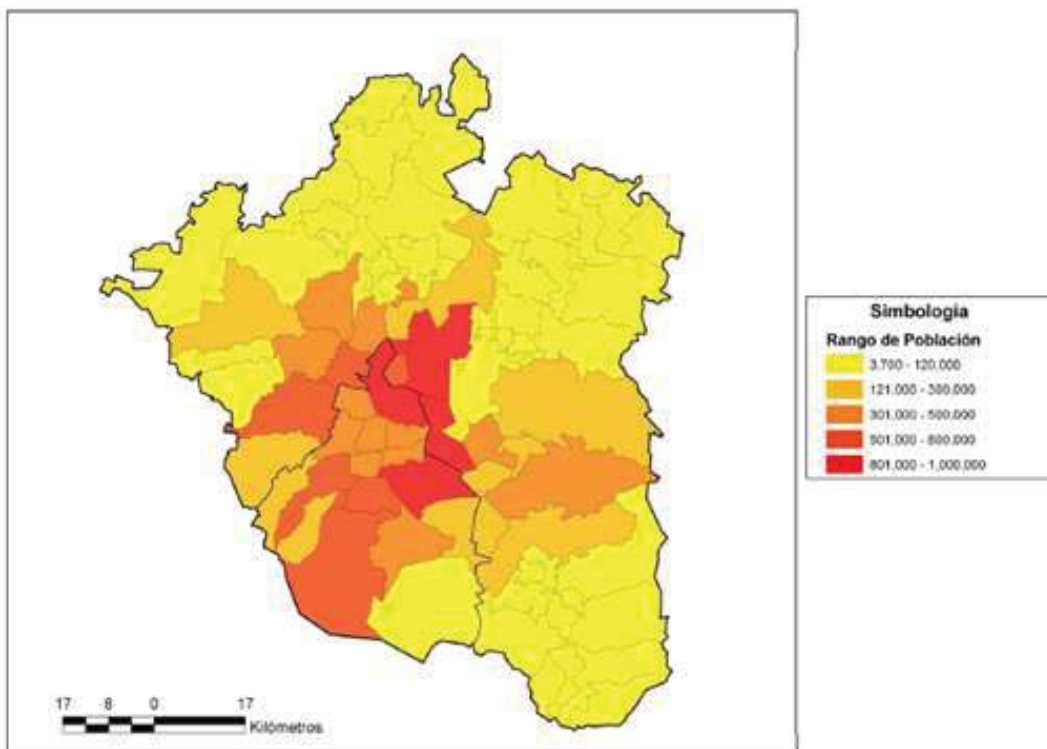
1. Crecimiento metropolitano expansivo y concentración de zonas en el DF con actividades que atraen un gran número de viajes. En tanto, las zonas habitacionales se expanden en la periferia.
2. Estabilización de la población del DF desde la década de los años ochenta aunque la de los municipios conurbados sigue creciendo.

---

<sup>17</sup> Covarrubias; Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010

3. Crecimiento hacia adentro en algunas delegaciones periféricas del DF. Predominan asentamientos populares al sur-oriente y colonias de ingresos medios y altos en el noreste.
4. Una significativa proporción de los habitantes de municipios conurbados que trabajan en el DF o utilizan sus infraestructuras, servicios y equipamientos.
5. Disminución de la población joven e incremento de los adultos mayores. En el DF el ritmo de crecimiento de éstos últimos supera ya al de la población total. Territorialmente, la concentración también es mayor en el Distrito Federal.

### Distribución de la Población en el año 2005, ZMVM

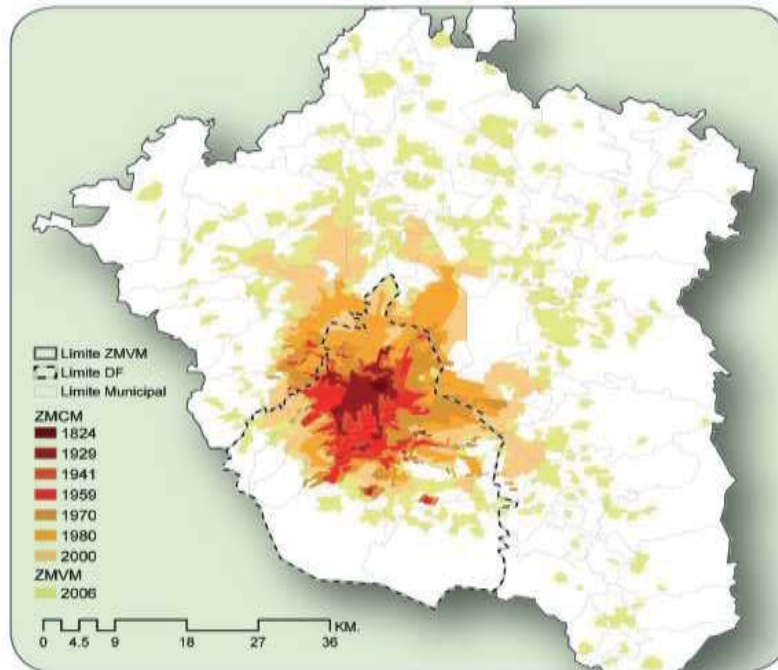


Fuente: Programa integral de transporte y vialidad 2007-2012, SETRAVI

Las transformaciones metropolitanas señaladas impactan los patrones de movilidad de la población de la urbe y en la demanda de servicio de transporte: Se incrementan las distancias, tiempos y costos de los viajes diarios, así como la saturación y congestión de las vialidades y equipamientos de transporte, pues el DF mantiene su importancia en la atracción de viajes en la ZMVM, por la infraestructura con la que cuenta la capital nacional.

Lo anterior contribuye... “a la saturación de la infraestructura, los servicios de transporte, salud y educación, entre otros, distorsionando los mecanismos de subsidio público y dotación de servicios originalmente previstos para satisfacer las necesidades de menos de 9 millones de habitantes

### **Crecimiento de la Mancha Urbana en del paso del tiempo**



FUENTE: Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos de Energía y Medio Ambiente y otras Instituciones. “Estrategias De Acción Para La Zona Metropolitana Del Valle De México”. México.

## **3.2. Marco de Transporte Urbano**

El transporte de personas y mercancías es uno de los problemas más complejos y polémicos dentro de las ciudades. En las áreas urbanas existen redes muy extensas con muchos destinos, modos de transporte y rutas. Estas mismas redes obedecen al crecimiento urbano de una ciudad, y estos patrones de crecimiento, a su vez, están ligados a las tendencias socioeconómicas y a los patrones de migración.

### **3.2.1. Reproducción Económica y Movilidad**

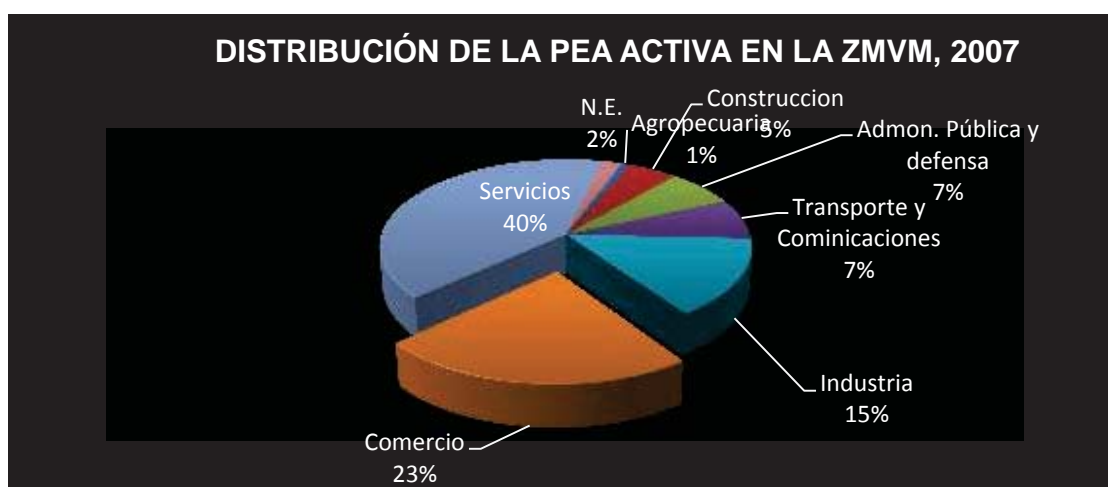
El transporte y sus infraestructuras posibilitan el traslado de personas, mercancías, valores, documentos e información, esto resulta de fundamental

importancia para la productividad, eficiencia y reproducción económica del Distrito Federal, la zona conurbada, y su ámbito regional.

La Ciudad de México tiene un papel crucial para la economía y conectividad nacionales: Es el centro financiero de Latinoamérica y la capital política, económica y cultural de nuestro país. Adicionalmente, el Distrito Federal genera 21% del PIB nacional y 34% si se considera su área metropolitana; concentra además 9.2% de la PEA nacional.

La importancia económica del Distrito Federal se incrementa por ser el centro comercial y de servicios del país. El sector de manufactura, es el más dinámico y la base de la economía de la capital. Y, aunque en los últimos años parte de las industrias se han desplazado del DF a otras ciudades de la Región Centro, el Distrito Federal ocupa el segundo lugar a nivel nacional en número de establecimientos manufactureros.

Según la EOD-07, se registró en la metrópoli un 54% de habitantes que forman parte de la Población Económicamente Activa. La distribución de empleos del total de esa Encuesta, muestra claramente la situación de la ciudad<sup>18</sup>.



FUENTE: INEGI, Encuesta Origen Destino de los residentes de la ZMVM, 2007.

NOTA: El área de estudio de la EOD 2007 comprende las 16 delegaciones del Distrito Federal, así como 40 municipios del Estado de México que forman parte de la ZMCM.

Se prevé que por su importante concentración de empleos, servicios y otras actividades sustantivas para la economía, el DF mantendrá su jerarquía en los traslados metropolitanos, como lo muestran en la actualidad los resultados de la Encuesta Origen–Destino 2007. Adicionalmente, se incrementarán los viajes

<sup>18</sup> Encuesta Origen Destino 2007, INEGI



interurbanos asociados a las actividades económicas de la ZMVM y las principales ciudades de la Región Centro.

### **3.2.2 Transporte y Equidad Social**

El crecimiento urbano se ha caracterizado principalmente por la sub urbanización, al igual que por una débil regulación de protección de áreas naturales. En los últimos años asentamientos irregulares de familias de bajos ingresos, así como también fraccionamientos de familias con ingresos altos han invadido áreas naturales protegidas en la periferia de la ZMVM.

Dado que la gente de bajos ingresos no tiene acceso a un sistema de vivienda social y a que el valor de la tierra se ha incrementado, ésta se sitúa regularmente en lugares marginados en las afueras de la ciudad. Este proceso ha producido una extensión del área metropolitana, incrementando las distancias entre las zonas céntricas y la periferia. En estas zonas de baja densidad es difícil llevar servicios públicos, incluyendo el de transporte. Se ha calculado que los asentamientos irregulares proveen casas a 62% del total de la población en la ZMVM y ocupan casi el 50% del área<sup>19</sup>

En la última mitad del siglo pasado, el área urbanizada de la región se ha incrementado en 13 veces su tamaño, de sólo 118 km<sup>2</sup> . En 1940 a aproximadamente 1,500 km<sup>2</sup> en 1997. “El crecimiento actual es más extensivo que intensivo en términos de uso de suelo” <sup>10</sup>. Si las tendencias siguen, la demanda por transporte público crecerá en similar proporción al crecimiento urbano.

Desafortunadamente, la dinámica de la economía nacional provoca que la distribución del ingreso en esta ciudad sea una de las más desiguales del país.

De acuerdo con la última encuesta de empleo urbano del INEGI, el 58% de los trabajadores en la Ciudad perciben menos de 3 salarios mínimos. La desigualdad social se expresa también territorialmente. Existen zonas en Distrito Federal donde la cobertura de servicios es significativamente menor a otras zonas que pueden considerarse privilegiadas. En un balance general destacan en la sub dotación de equipamientos, infraestructuras y servicios las delegaciones ubicadas en el sur-oriente, oriente, norte y algunos espacios periféricos del Distrito Federal.

Los medios de transporte, equipamientos e infraestructura para la movilidad deben contribuir a mantener e incrementar las condiciones de competitividad de la

---

<sup>19</sup> Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010

ciudad. Pero al mismo tiempo, deben posibilitar centralmente la accesibilidad y movilidad de sus habitantes, pues un mejor transporte impulsa positivamente la equidad social.

### 3.2.3. La movilidad en la Ciudad de México

Recientemente se ha dado una descentralización del DF ya que existen personas que se han movido a los alrededores de la ciudad, pero una gran proporción de ésta sigue regresando a trabajar diariamente, lo que se traduce en una mayor demanda por transporte.

La magnitud de las demandas de viajes y el patrón con que se llevan a cabo constituyen elementos que agregan un alto grado de complejidad para la atención de las demandas individuales.

El patrón de viajes es predominantemente radial que encuentra sus niveles máximos en el periodo matutino en el que millones de habitantes viajan de la periferia al centro con motivo de escuela o trabajo, y usan para ello una insuficiente red vial y de transporte masivo<sup>20</sup>

Según la Encuesta Origen Destino del año 2007, el DF concentra principalmente en su área central los distritos de viaje que atraen mayor número de desplazamientos por trabajo y estudios, los cuales (eliminando los desplazamientos por regreso al hogar) son los principales motivos de viaje en medios de transporte. Por su parte, existen distritos y municipios conurbados destacan por atraer gran cantidad de desplazamientos de regreso al hogar.

De acuerdo con la EOD-07 los habitantes de la zona metropolitana efectúan casi **22 millones de viajes diarios**<sup>21</sup>. Poco más de dos terceras partes (14.8 millones) se realizan en transporte público, casi una tercera parte (6.8 millones) en transporte privado. De los viajes diarios, 58.4% se originan en el Distrito Federal y 41.3% en los municipios seleccionados del Estado de México.

---

<sup>20</sup> Información proporcionada por SETRAVI, 2000

<sup>21</sup> Encuesta Origen-Destino 2007



Fuente: Elaboración propia con los datos de la EOD-07

Es importante señalar que el problema de generar un número adecuado de usuarios para mantener una frecuencia de servicio aceptable se relaciona con la misma densidad poblacional.

### 3.2.4 Oferta de Transporte

En la actualidad existen cinco modos de transporte público en la ZMVM: Metro, transporte eléctrico, autobús, colectivos y taxis.

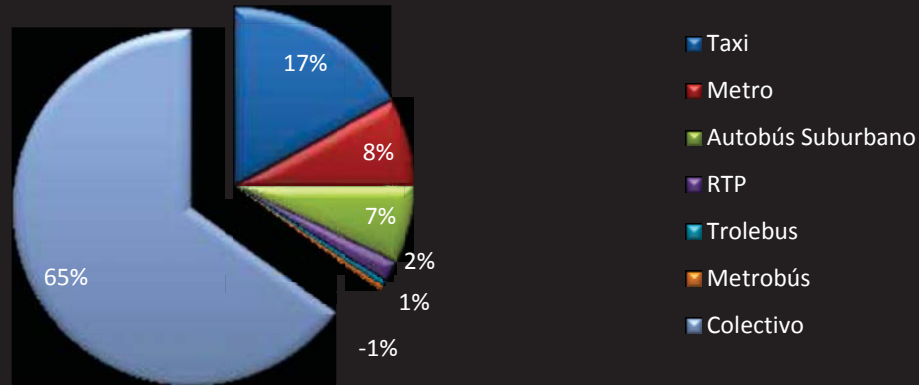
Sin embargo, algunos de estos servicios son ofrecidos por el gobierno y/o también por empresas concesionadas. A continuación se presenta una pequeña descripción de cada uno de los modos:

#### 3.2.4.1 El Transporte Concesionado

Según los resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, el servicio concesionado de transporte colectivo, prestado en vagonetas tipo combi, microbuses y en mucho menor medida autobuses, posibilitan la mayor proporción de los tramos de viajes de la metrópoli, 46.2% de los mismos. Cuando consideramos exclusivamente al Transporte Público, los colectivos representan hasta 65% de los viajes metropolitanos. Muy lejos quedan los servicios prestados por los suburbanos y el Metro con 7 y 8%, respectivamente<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Programa Integral de transporte y vialidad 2007

## Grafica ZMVM Viajes por modo de Transporte Publico 2007



Fuente: Elaboración propia con base en datos del año 2007 elaborados con base en resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI.

En el caso del Distrito Federal el servicio de transporte colectivo cubre 9.6 millones de los viajes diarios, es decir 65% de los desplazamientos. Cuenta con un parque de 30,170 unidades de las cuales 20 mil son Microbuses y proporcionan servicio a la población de la ZMVM con 106 organizaciones, de las cuales 9 son empresas y el resto son asociaciones civiles. En conjunto suman 104 rutas y 1,150 ramales que representan 8,000 km. de servicio.

Sin embargo cerca de 80% de los vehículos se encuentran fuera de norma y han cumplido más de 10 años, plazo que constituye el límite de su vida útil autorizada.

### 3.2.4.2 Transporte Taxis

El servicio de taxis en el Distrito Federal dispone de una flota de 108,041 unidades registradas, además de un número no precisado de vehículos sin registro, que realizan esta función de manera irregular. Los taxis en el DF, constituyen, sin lugar a dudas una de las flotas más numerosas entre las grandes ciudades del mundo.

Los taxis en el DF, constituyen, sin lugar a dudas una de las flotas más numerosas entre las grandes ciudades del mundo, y en contraste con otras ciudades, no constituyen un servicio eventual. Así para un sector considerable de sus habitantes es una opción de demanda continua debido a la amplitud de su flota, las relativamente accesibles tarifas y las necesidades de desplazamiento de la población.

Este servicio moviliza más de un millón 250 mil pasajeros cotidianamente y constituye un relevante nicho de empleo en la metrópoli para más de 300 mil mexicanos, dando sustento directo e indirecto por su impacto en la cadena productiva a cerca de un millón de compatriotas.

El mayor problema de este modo de transporte es la existencia del servicio ilegal esto provoca condiciones permisivas para el desarrollo de prácticas de inseguridad hacia los usuarios y los ciudadanos<sup>23</sup>.

### 3.2.4.3. Los Servicios Públicos de Transporte del GDF

El Gobierno del Distrito Federal es la única entidad federativa de la República Mexicana que opera directamente cuatro modalidades de transporte urbano para el servicio de la ciudadanía del Área Metropolitana del Valle de México: El Metro, los autobuses de la Red de Transportes de Pasajeros (RTP), así como los trolebuses, el tren ligero del Servicio de Transportes Eléctricos y el Sistema Metrobús.

#### Oferta de servicio de transporte público del GDF (al cierre de 2006)

	Usuarios transportados (millones)	Unidades	Número de líneas o rutas	Extensión del servicio
<b>RTP</b>	222.4	1,266	88	3,098.6 km
<b>TROLEBUSES</b>	86.44	405	18	434.54 km
<b>TREN LIGERO</b>	21.99	16	1	25.82 km
<b>METRO</b>	1,417	354	11	193.4 km
<b>METROBUS</b>	71.2	97	1	19.7 km

FUENTE: Informe de Gestión de la Secretaría de Transporte y Vialidad, 2007 y datos internos de los Organismos

El Gobierno del DF mantiene una política tarifaria de subsidio a los usuarios de estos servicios como política social de apoyo metropolitano a los ingresos de las familias del Distrito Federal y de los municipios conurbados que utilizan estas importantes modalidades de transporte.

<sup>23</sup> Programa Integral de transporte y vialidad 2007

#### **3.2.4.4. El Metro de la Ciudad de México.**

El panorama de la transportación en la Ciudad de México comenzó a cambiar, de fondo, cuando fue expedido el decreto presidencial del 29 de abril de 1967 que creó el organismo Sistema de Transporte Colectivo cuyo objetivo es la construcción, operación y explotación de un tren rápido con recorrido subterráneo y superficial para el transporte colectivo en el Distrito federal.

Es un hecho que ese concepto de transporte colectivo modificó y enriqueció todos los patrones de movilidad de millones de personas. El Metro, como desde ese tiempo se le conoce, es por otra parte, una hazaña constructiva ya que ha sido realizada en áreas de valor histórico, atravesando zonas densamente pobladas y , casi siempre debajo y sobre terrenos que exigieron soluciones estructurales de la más alta calidad.

El Metro de la Ciudad de México es un sistema de transporte público tipo tren pesado que sirve a extensas áreas del Distrito Federal y parte del Estado de México. Su operación y explotación está a cargo del organismo público descentralizado: Sistema de Transporte Colectivo (STC).

El Metro de la Ciudad de México cuenta con 11 líneas. Cada línea tiene asignado un número y un color distintivo (números del 1 al 9 y las letras A, B). El parque vehicular está formado por trenes de rodadura neumática a excepción de la línea A que emplea trenes de rodadura férrea. La extensión total de la red es de 201,388 kilómetros y posee un total de 175 estaciones de las cuales: 112 son de paso, 41 de transbordo y 22 terminales (11 de las terminales son de transbordo). El metro está construido de forma subterránea, superficial y viaducto elevado: 106 estaciones son subterráneas, 53 superficiales y 16 en viaducto elevado, 164 estaciones se encuentran en la Ciudad de México y 11 en el Estado de México<sup>24</sup>.

El desequilibrio en la red del Metro se manifiesta al considerar que en una proporción inversa las líneas 1, 2 y 3, que representan únicamente el 35% de la extensión del sistema, captan el 59% del total de usuarios que acceden al sistema<sup>25</sup>.

A continuación se presentan algunos de los principales datos de operación del STC-Metro.

---

<sup>24</sup> [www.metro.com.mx](http://www.metro.com.mx)

<sup>25</sup> Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010, SETRAVI 2010.

### Sistema de Transporte Colectivo Metro: Principales indicadores al año 2007

STC Metro	Unidad de medida	
Pasajeros promedio en día laborable	Usuario	4,355,969
Tarifa	Pesos	3.00
Longitud de la red en operación	Kilómetros	193.4
Unidades en operación	Trenes	250
Kilómetros recorridos en día laborable	Miles de kilómetros	116.00
Usuarios transportados con boleto pagado	Usuarios	1,371,600,

Fuente: Informe de Gestión de la Secretaría de transporte y Vialidad 2007

#### 3.2.4.5. Red de Transporte de Pasajeros (RTP)

El Gobierno del Distrito Federal opera, mediante el organismo público Red de Transporte de Pasajeros, un parque vehicular de 1,266 autobuses de última generación con tecnología amable con el medio ambiente para prestar el servicio a 640 mil pasajeros que recorren más de 213 mil kilómetros en día laborable esta da servicio a 16 delegaciones del DF<sup>26</sup>.

#### Red de Transporte de Pasajeros: Principales indicadores al año 2007

RTP	Unidad de medida	
Pasajeros promedio en día laborable	Usuario	639,900
Tarifa	Pesos	2.00
Longitud de la red en operación	Kilómetros	3,094.80
Unidades en operación	Camiones	1,264
Kilómetros recorridos en día laborable	Miles de kilómetros	110.56
Usuarios transportados con boleto pagado	Usuarios	194,000

Fuente: Informe de Gestión de la Secretaría de transporte y Vialidad 2007

#### 3.2.4.6. Servicio de Transportes Eléctricos

Es uno de los organismos de transporte urbano con mayor antigüedad de la ciudad, cuenta con dos alternativas de servicio eléctricas no contaminantes:

- La Red de Trolebuses con 405 trolebuses inventariados
- El Tren Ligero con 16 trenes.

<sup>26</sup> Programa Integral de transporte y vialidad 2007

## Servicio de Transportes Eléctricos: Principales indicadores al año 2007

<b>Tren Ligero</b>		Unidad de medida	
Pasajeros promedio en día laborable		Miles de usuario	65.09
Tarifa		Pesos	2.00
Longitud de la red en operación		Kilómetros	201.4
Unidades en operación		Trenes	250
Usuarios transportados con boleto pagado		Usuarios	19,673,300
<b>Trolebús</b>		Unidad de medida	
Pasajeros promedio en día laborable		Miles de usuario	207.49
Tarifa		Pesos	2.00
Longitud de la red en operación		Kilómetros	467.61
Unidades en operación		Camiones	283
Usuarios transportados con boleto pagado		Miles de usuario	66.963

Fuente: Informe de Gestión de la Secretaría de transporte y Vialidad 2007

### 3.2.4.7. Sistema Metrobús

El Metrobús es un sistema de autobús de tránsito rápido que presta servicio en el Distrito Federal.

El Metrobús cuenta con 2 líneas. Cada línea tiene asignado un número y un color distintivo. Tiene una extensión total de 48,1 kilómetros y posee 81 estaciones de las cuales: 75 son de paso, 2 de transbordo y 4 terminales. Todas las estaciones se encuentran dentro del Distrito Federal<sup>27</sup>.

El Sistema Metrobús está conformado por empresas concesionarias que brindan el servicio de transporte, de recaudo, de administración de recursos así como un organismo público descentralizado (Metrobús) encargado de administrar, planear y controlar el sistema de corredores de transporte.

#### Total de pasajeros anuales en Servicios de Metro bus. (Millones)

AÑO	2006	2007	2008	2009
<b>PASAJEROS TRANSPORTADOS</b>	74.2	85.5	90.4	126

Fuente: Consejo directivo de Metrobús

Las principales características técnicas-organizativas del Metrobús son: Operación regulada; carriles reservados para el transporte público; vehículos de mayor capacidad; infraestructura para el servicio (estaciones, carriles, terminales, talleres, encierros, etc.); recaudo centralizado (mediante tarjetas de prepago); operadores con organización empresarial; e integración de subredes locales.

<sup>27</sup> Gaceta Oficial de Distrito Federal, Informe del Metrobús 2010



En el año 2010 empezó la construcción de la línea 3 que corre de Tenayuca al norte de la Ciudad de México hasta Etiopía, el proyecto tiene una longitud de 17 km de terminal a terminal, tendrá 2 terminales y 29 estaciones intermedias, atravesará las delegaciones Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Cuauhtémoc, Benito Juárez y el municipio de Tlalnepantla (Edomex)<sup>28</sup>.

Las encuestas anuales del Metrobús muestran que 15% de los usuarios han optado por dejar estacionado su automóvil para trasladarse en este medio de transporte.

### **3.2.5. Externalidades negativas del transporte público**

Los transportes públicos como hemos visto ayudan al desplazamiento de personas de un punto a otro en un área de una ciudad.

El Estado debe ayudar a lograr un nivel socialmente eficiente. Una forma de lograr este nivel es incentivando a los individuos a utilizar el transporte público en lugar del transporte privado.

El transporte público es parte esencial de una ciudad, ya que permite el desplazamiento de personas, que al tener la necesidad de trasladarse de un lugar a otro pueden recorrer grandes distancias sin necesidad de un automóvil. Pero este a su vez puede tener externalidades negativas en una ciudad y estas son las más comunes:

#### **a) Contaminación ambiental**

Las emisiones que generan los distintos medios de transporte afectan el aire de la ciudad, deteriorando, a su vez, el medio ambiente. Esto lleva a que la salud de sus habitantes se vea afectada de igual forma.

El sector transporte es una fuente principal de contaminación del aire en la ZMVM, donde genera casi todas las emisiones de CO y 80% de NOx. Esto lo podemos ver en la siguiente tabla.

---

<sup>28</sup> Se ha contemplado un periodo estimado de 13 meses para la construcción de esta línea.

### Contribución a las emisiones de la ZMVM DE 1998 (en porcentaje)

Tipo de vehículo	NOx	HC	CO
<b>Autos privados</b>	23	46.5	17.2
<b>Taxis</b>	5.4	7.4	3.2
<b>Combi</b>	0.5	1.2	0.4
<b>Microbuses</b>	4.6	12.3	4.2
<b>Autobuses diesel</b>	5.7	0.5	0.8
<b>Otros</b>	41.3	30.1	13.7
<b>Total</b>	80.5	98	39.5

FUENTE: Programa Integral de Contaminación Urbana, Regional y Global del Aire. Dr. Mario Molina

Vemos que los autos privados son los medios que más contaminación generan en comparación con los otros modos de transporte, siendo más preocupante para los monóxidos de carbono, donde contribuyen con casi la mitad de las emisiones.

En la siguiente tabla se muestra un indicador de emisiones por pasajero transportado, dándonos un indicador de eficiencia en términos de contaminación.

### Emisiones contaminantes por pasajero transportado (Gramos por cada pasajero-kilómetro)

Tipo de vehículo	NOx	HC	CO
<b>Autos privados</b>	0.4	0.47	4.7
<b>Taxis</b>	0.86	1	10
<b>Combi</b>	0.08	0.14	1.11
<b>Microbuses</b>	0.06	0.02	0.03
<b>Autobuses urbanos</b>	0.6	0.2	0.7

FUENTE: Programa Integral de Contaminación Urbana, Regional y Global del Aire. Dr. Mario Molina<sup>29</sup>

Así tenemos que los taxis son los que contaminan más por pasajero transportado.

### b) Accidentes

Los accidentes no sólo se pueden analizar por las pérdidas económicas que generan, sino, peor aún, las pérdidas humanas que se pueden derivar de estos.

La disminución de los accidentes constituye un beneficio económico, por lo que una buena planeación en el sistema integral de transporte, es decir, medios de transporte y vialidades adecuadas, deben traducirse en una disminución en

<sup>29</sup> Utilizamos estos términos como medidas de contaminación ambiental. El término NOx se refiere a óxidos de nitrógeno, CO a monóxido de carbono y HC a hidrocarburos. En este trabajo no se ahonda en las especificaciones químicas de estos componentes.

accidentes. La tabla que a continuación se muestra nos demuestra la evolución de los accidentes de tránsito en los últimos años.

### Accidentes de tránsito

Año	1997	1998	1999	2000
<b>Accidentes</b>	7,345	8,521	8,559	9,426

Fuente: Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010, SETRAVI 2010

Vemos que los accidentes se han incrementado en un 28% en el periodo 1997-2000. En la siguiente tabla se muestra el número de accidentes dependiendo de quien ofrece el servicio de transporte.

### Accidentes de tránsito por modo de transporte

Año	1998	1999	2000
<b>Servicio particular</b>	5,022	5,114	6,172
<b>Servicio Público</b>	3,353	3,286	2,987

Fuente: Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010, SETRAVI 2010

Aquí vemos que los accidentes han aumentado más en lo que es el servicio particular que en el público, pero también vimos anteriormente que el servicio público ha disminuido su participación en el sector transporte.

### c) Pérdida en tiempo

Para los individuos, el tiempo puede ser dinero<sup>30</sup>. Los problemas de tráfico y de congestión se traducen en pérdida de tiempo entre los traslados de un lugar a otro. Esto puede generar ya sea un costo económico para las personas, y también puede deteriorar la salud.

### Tiempo promedio de viaje en el transporte de pasajeros en la ZMVM

Año	1972	1986	1993	1994
<b>Tiempo Promedio</b>	40'50"	92'42"	94'36"	96'42"

Fuente Covarrubias; Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010

Vemos que en lo que se refiere a tiempos, el promedio de viaje ha aumentado lo que corrobora la deficiencia que presenta el sector de transporte urbano en la ciudad, y el aumento en las externalidades que esto representa.

<sup>30</sup> Artículo "Tiempo" Adler, 1967

### **3.2.6. Distribución Modal de los traslados Metropolitanos**

Los usuarios están cambiando de modalidad en el transporte, de sistemas de alta capacidad (como los autobuses y el Metro) a mediana (microbuses) y baja capacidad (taxis y autos privados). Estos cambios han ocurrido por la existencia de un sistema de transporte que no se ha adaptado adecuadamente a la cambiante distribución geográfica de la población.

La situación que guarda el transporte público en áreas de baja densidad muestra que estos servicios son, en la mayoría de los casos, deficientes. El servicio de transporte público ofrece una cobertura limitada y un servicio irregular tanto en los horarios como en la coordinación de los transbordos.

Los colectivos continúan como la alternativa de transporte más utilizado en la ZMVM, con 46% de los traslados<sup>31</sup>.

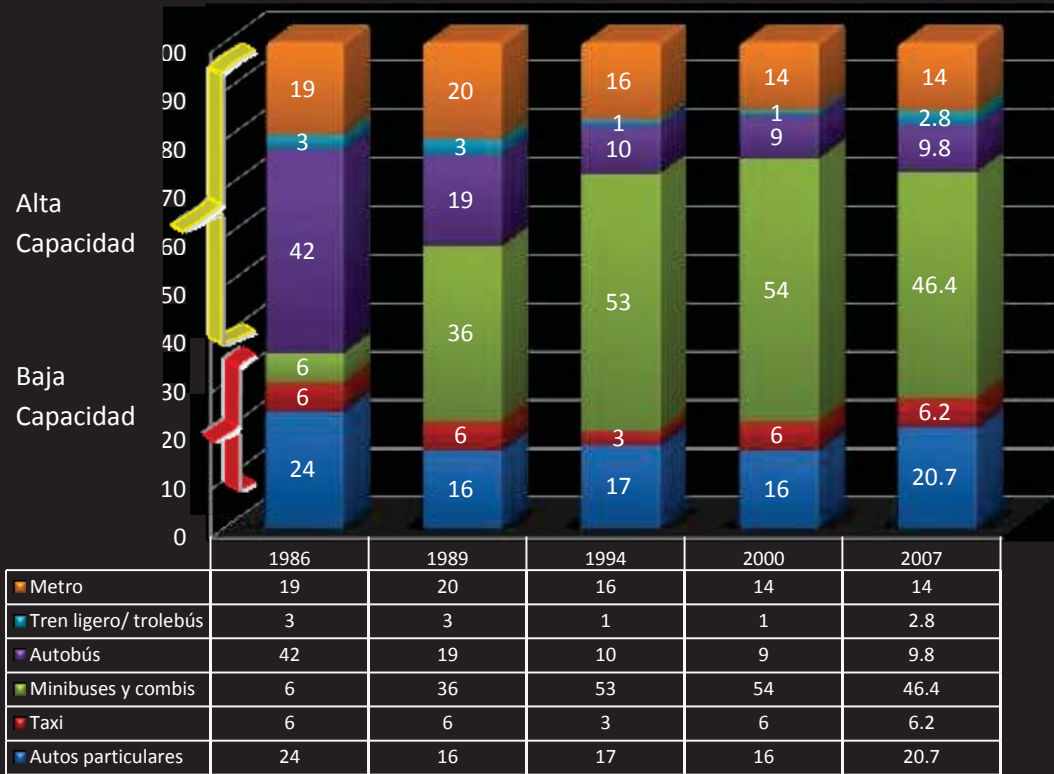
El auto particular registró un incremento de más de cuatro puntos porcentuales el periodo de referencia. Al mismo tiempo, resulta positivo el aumento de 3 puntos a favor de medios de transporte público de mayor capacidad, sobre todo por el trabajo intenso que ha significado para los gobiernos reciente del DF, la reconstrucción y recuperación de organismos y medios de transporte de participación gubernamental, así como la creación del Sistema Metrobús.

La identificación de factores como motivos de desplazamiento, horarios, distribución territorial y perfil de la población, entre otros, resulta fundamental para caracterizar las pautas de movilidad los habitantes de la ZMVM, dirigidos a la planeación.

---

<sup>31</sup> Encuesta Origen-Destino 2007, INEGI

## REPARTO MODAL ESTIMADO PARA LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 1986-2007



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI.

### Motivos de desplazamiento

La movilidad se ha visto modificada con los nuevos sistemas de transporte, que hacen variar la vida cotidiana, el modo de vida y las normas sociales

Así, la movilidad de las personas, y por lo tanto la demanda de transportes de viajeros, será función de la economía de los transportes en términos de gasto, de tiempo, de confort y de seguridad.

De estudios realizados a la ZMVM se puede apreciar que, casi la mitad de los viajes metropolitanos tienen como destino el trabajo, y 16% el estudio, lo que se relaciona con los horarios y flujos vehiculares de la ciudad<sup>32</sup>.

Un desplazamiento puede comportar varios medios de transporte sucesivos. En estos casos, nos referimos al medio de transporte principal como el que se usa para la fracción más larga del trayecto<sup>33</sup>.

<sup>32</sup> Resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI

<sup>33</sup> La distribución modal es función del motivo de desplazamiento y del día de desplazamiento.

## MOTIVOS DE DESPLAZAMIENTO DE LOS HABITANTES DE LA ZMVM



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI.

### Duración de los viajes

“La expansión urbana y el uso de suelo tienen un impacto directo en la organización social y espacial de las ciudades”<sup>34</sup>. Este impacto se relaciona con el crecimiento de distancias entre los hogares y los lugares de trabajo, como también los lugares de recreación, comercio y escuelas. A mayores distancias aumenta el tiempo de traslado de un lugar a otro, modificando los patrones de transporte de la ciudad.

Así, tenemos que el crecimiento de la población y la continua expansión territorial son indicadores de la problemática del sistema de transporte de la ZMVM.

Los viajes metropolitanos son de gran longitud en general. Sin embargo, el tiempo invertido en desplazarse de un lugar a otro depende del tipo de transporte: entre más diverso es, mayor resulta la duración del viaje. En el caso del transporte mixto (público y privado), el tiempo promedio es una hora 21 minutos en promedio por viaje, le siguen los realizados dentro del Distrito Federal con una hora 12 minutos, y con una hora los municipios seleccionados del Estado de México.

<sup>34</sup> Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos de Energía y Medio Ambiente y otras Instituciones. “Estrategias De Acción Para La Zona Metropolitana Del Valle De México”. México

El uso del transporte público registra tiempos por arriba de tres cuartos de hora y hasta de casi una hora en los ámbitos geográficos señalados. En cambio, el uso de un transporte privado permite reducir los tiempos de desplazamiento; en los municipios mexiquenses se utiliza en promedio media hora por viaje.

### Tiempo y Costo promedio de los desplazamientos, según Área geográfica

Área geográfica (Origen-Destino)	Tiempo Promedio (HH:MM)			Costo promedio (Pesos)
	Público	Privado	Mixto	
<b>ZMVM-ZMVM</b>	0:58	0:41	1:21	8.42
<b>DF-DF</b>	0:51	0:38	1:12	6.94
<b>Municipios-DF</b>	1:29	1:06	1:38	10.81
<b>Municipios-Municipios</b>	0:47	0:32	1:01	8.95

Fuente: Elaborado con información de la EOD-07(Datos de viajes atraídos).

Nota: El área de estudio de la Estudio de la EOD-07 son las 16 delegaciones del D.F. y 40 de los municipios del Estado de México.

El mayor número de viajes se realizan en los hogares que tienen entre 5 y 10 salarios mínimos. La movilidad se presenta en relación directa con los ingresos, pues el promedio de viajes más alto por hogar se da en aquéllos con ingreso de más de 30 salarios mínimos, con 7.1 viajes por hogar.

El costo de viaje en transporte público está en función de la distancia de los recorridos y de la diferencia de tarifas entre el DF y el Estado de México, es así que las personas que se desplazan de algún municipio conurbado hacia algún lugar dentro del Distrito Federal gastan en promedio \$10.81<sup>35</sup>.

Los viajes de menor costo son los efectuados al interior del DF, con un costo promedio de 6.94 pesos, en tanto, los viajes que tienen su origen y destino en los municipios mexiquenses tienen un costo promedio de 8.95 pesos.

<sup>35</sup> Romero Héctor Manuel. Historia del transporte en la Ciudad de México: de la trajinera al metro. Ediciones Gubernamentales, México, D.F. 1987

# *Capítulo 4*

*Definición del  
problema de  
transporte en  
la ZMVM*



## **Definición del problema de transporte en la ZMVM**

En este capítulo enumeramos los problemas en los cuales está envuelta la ZMVM en nivel de vialidad y transporte. Se analiza el sistema vial presente y se describen las características de los problemas, para así poder analizar las posibles soluciones que se le darán a estos. El propósito de esto, es describir el problema de viajes en la ZMVM, en términos de los objetivos que el proyecto debe de alcanzar y traducir estos objetivos en criterios que puedan cuantificarse.

La ciudad de México, lo mismo que muchas ciudades del mundo, atraviesa una grave crisis urbana. Entre los problemas que son urgentes de solucionar están los del transporte y la vialidad. Son problemas que requieren de soluciones permanentes y a futuro, pues el crecimiento acelerado y constante de la ciudad los va complicando con mayor celeridad.

En una ciudad donde circulan diariamente más de tres millones de automóviles y donde se mueven más de 15 millones de personas, es obvio que se presenten estos graves problemas.

En cuanto a la vialidad, también existen problemas muy serios, como la insuficiencia de las avenidas en relación con los automóviles que circulan diariamente, la mala calidad de las calles y avenidas, así como la falta de mantenimiento de las vialidades de la ciudad.

El problema del transporte urbano está totalmente relacionado al proceso de urbanización. La industrialización y los cambios en la productividad agrícola, tuvieron como efecto el crecimiento acelerado de las ciudades sin la correspondiente infraestructura.

El problema puede ser entendido como la necesidad de comunicación originada por las actividades urbanas de producción de bienes y servicios. Las personas viven en un lugar y necesitan ejercer sus actividades productivas y de consumo en otros lugares.

Las actividades están ubicadas en espacios propios y el sistema de transporte es una de las formas de comunicación entre las actividades. La forma de producción industrial moderna hace que las ciudades se densifiquen y sea crítica la producción de espacio para el transporte.

#### **4.1 Magnitud del problema actual de la vialidad y del transporte en la ZMVM (Relación Causa-Efecto)**

Actualmente el territorio que ocupa la superficie del Distrito Federal es de 148, 655.32 hectáreas. Está dividido en 16 delegaciones. Según el XII Censo General de Población y Vivienda, la población en el Distrito Federal es de 8.6 millones de habitantes. Asimismo, la población de la zona metropolitana del valle de México asciende a 18 millones 335 mil habitantes.

El Distrito Federal, a la fecha, suma 2 mil 150 colonias, tiene 25 mil calles aproximadamente, colinda con 58 municipios del estado de México y uno del estado de Hidalgo.

En cuanto a su estructura vial, cuenta 10 mil 200 kilómetros de longitud de red vial, 930 kilómetros de longitud de vialidades primarias, 9, 557 kilómetros de red vial secundaria, 421.16 kilómetros de longitud de ejes viales, 320.57 kilómetros de longitud de arterias principales, 9, 229 kilómetros de longitud de vialidades secundarias.

La actual situación, en la ZMVM se caracteriza por: falta de confortabilidad, tardanza excesiva, peligrosidad, elevado costo horas/hombre, contaminación, altos costos operacionales, pérdida sistemática del terreno peatonal y toda la gama de efectos que ya conocemos y que son causados por una serie de factores de los cuales se anota a continuación, algunos de los más importantes:

- Falta de continuidad en la vialidad que impide opciones de traslado.
- Estructura vial no jerarquizada.
- Obras viales inconclusas.
- Escasez de miedos para viajes habitación-trabajo.
- Estacionamiento desordenado, incontrolado e insuficiente.
- Multiplicidad de líneas y rutas de transporte masivo sobre una misma arteria.
- Baja densidad de líneas del Sistema de Transporte Colectivo (Metro).
- Alta densidad de terminales de transporte urbano sobre vía pública.
- Contaminación
- Corrupción.
- Sobrepoblación
- El tiempo
- El trabajo

#### 4.1.1. Descripción de las causas

**Falta de continuidad en la vialidad, que impide opciones de traslado:** El núcleo central ZMVM al corazón del Valle de México, último reducto del antiguo lago, cuya horizontalidad prácticamente fue conservada cuando la tierra sustituyó al agua y así.

Este patrón de diseño llega hasta nuestros días todavía vigente, pero obstaculizado por la falta de adecuación a la escala de una ciudad de “talla millonaria” con alta tasa de motorización. Todo el ejido urbano dentro del Ciudad, es en gran parte consecuencia de aquella traza original, pero incrementada con variantes de orientación, de características europeizantes.

La gran velocidad de crecimiento, a la falta de planes de expansión acordes con la escala de la urbe que sobrevendría, y en general a un proceso “premature”, dio por resultado que prácticamente todas las arterias fueran quedando sin continuidad.

La solución, por lo tanto debe estar planteada a la luz de las condiciones actuales de estructuración urbana, debiendo ser esta la base para un plan factible de acciones inmediatas.

**Estructura Vial no jerarquizada:** La importancia de jerarquizar los viajes según su tipo asignándole a cada vía el tipo de viaje que le corresponda según las características que posea, esta situación teórica no se da en nuestra ciudad, pues es precisamente la discontinuidad antes descrita la que obliga a que muchos desplazamientos, ante la falta de opciones se canalicen por las escasas vías continuas existentes.

**Obras Viales Inconclusas:** La tardanza en la conclusión de las obras, la obstrucción del tráfico vehicular y peatonal y la operación de los comercios que operan en las áreas, generan graves problemas viales.

Es urgente y necesario que los programas de obra pública, se implementen tomando en cuenta los intereses de quienes operan o viven en las zonas seleccionadas y crear vías alternas de fácil acceso para poder desplazar a todas las personas que transitan por la vía en construcción.

**Escasez de Medios Alternos para Viajes Habitación-Trabajo:** Las condiciones en que se realiza actualmente la transportación masiva de personas en la ZMVM son francamente molestas, incómodas y en ocasiones degradantes, lo que aunándose a la falta de cobertura de Líneas en ciertas zonas, hace que en forma definitiva la gente prefería usar el automóvil, a pesar del consumo excesivo de

combustible y del desgaste físico por tensiones nerviosas. El problema que la mayor parte de las personas que no lo poseen, tienen como objetivo primordial el poder adquirirlo para liberarse de la odisea diaria del viaje comunitario.

**Estacionamiento Desordenado e Incontrolado:** Con el explosivo incremento del número de ellos, ese espacio se ha ido saturando. En la situación existente y mientras la vialidad sea empleada para estacionamiento, los vehículos de transporte público no podrá mejorar sus condiciones de servicio.

Adicionalmente a esta anomalía se encuentran: la carga y descarga de productos, la prestación de servicios municipales, el descenso y ascenso de niños o jóvenes a las escuelas, las instalaciones de vías telefónicas y eléctricas, etc. Actividades que podrán ser realizadas en horarios especiales y que pueden ser fijados y modificados en la forma que más convenga a la mayoría.

**Multiplicidad de Rutas y Líneas de Transporte Masivo sobre una sola Arteria:** Se observa una actitud reiterada de mantener sobre una misma vía la operación de varias rutas y líneas de transporte<sup>36</sup>, que en franca competencia por la captación del pasaje, ponen en peligro constantemente la vida del usuarios congestionan la vialidad ocasionando mayores costos de operación, mayores distancias de recorrido a pie para llegar a los sitios de ascenso y descenso de las mismas.

Esta confrontación inter-líneas, también se da a nivel de sistemas, pues los autobuses urbanos corren paralelamente al Metro.

**Baja Densidad de Líneas del Sistema de Transporte Colectivo (METRO):** Al realizar un análisis de la participación del Sistema Metro dentro del área estudiada y para ampliar la visión sobre un grado de influencia en el transporte, se puede por ejemplo comparar la actual densidad de líneas de la ciudad de México, que es de 0.31 km/km<sup>2</sup> con la densidad de otros países en vías de desarrollo o bien ya desarrollados y las densidades manejadas en estos, para poder darnos una idea de que es lo que necesitamos como nación.

**Alta Densidad de Terminales de Transporte Urbano:** Una densidad de casi una terminal por km<sup>2</sup>. Si se sabe que estas terminales en general son improvisadas a costa de la vía pública, y no en terrenos específicos, puede afirmarse que esta situación colabora en gran medida a acrecentar el problema de la falta de espacio vial, a deteriorar el paisaje urbano, al propiciar la aparición de casetas, puestos de alimentos, etc., que causan todo tipo de molestias a los residentes de la zona en

---

<sup>36</sup> Gaceta Oficial del Distrito Federal 2010

donde estas terminales se establecen “arbitrariamente”, por lo que se debe pensar en racionalizar su número y su localización de acuerdo a un plan.

**Contaminación:** La contaminación del aire en la Ciudad de México es una de las más preocupantes del país. Una de las principales causas de este importante problema es el aumento en el número de vehículos que circulan diariamente, lo cual trae como consecuencia el aumento en los contaminantes, como el plomo, el monóxido de carbono, y el bióxido de azufre.

**Corrupción:** La corrupción en el servicio público de transporte de pasajeros ha sido otro de los principales problemas. Muchas ocasiones el personal encargado del control, la vigilancia y la observación de las disposiciones reglamentarias es muy reducido y no cuenta en general con óptimos niveles de capacitación, como lo exige la dimensión y complejidad técnica del problema.

La formación y capacitación de suficientes técnicos para ejercer esta importante función pública se ha descuidado en los últimos años. Además el cumplimiento de las normas vigentes depende de un conjunto de funcionarios que en ocasiones están inmersos en intrincados actos de corrupción.

**Sobrepoblación:** Este problema se agrava por las características geográficas de la metrópoli y la concentración de automóviles ya que la abundancia de fuentes de contaminantes móviles y fijas genera problemas relacionados con el transporte de pasajeros, así como importantes daños a la salud de los ciudadanos.

Asimismo el acelerado proceso de metropolización de la ciudad, que ha requerido de grandes sistemas de transportación masiva para tratar de resolver las necesidades de traslado entre las periferias y las zonas centrales de la ciudad, ha provocado que el transporte público sea insuficiente y que en horas pico sea lo común ver a los usuarios abarrotar los vehículos del servicio público en todas sus modalidades<sup>37</sup>.

El creciente aumento de población, la falta de una planificación integral de la zona metropolitana y el aumento desmedido del parque vehicular han provocado que en la Ciudad de México, sobre todo por las mañanas y por las tardes, las principales vías se conviertan en grandes estacionamientos, pues en tramos cortos se puede requerir hasta de horas para llegar al lugar de destino.

Es necesario incluir en el plan de desarrollo y en los planes sectoriales, acciones a largo y corto plazo que desarrollen las posibles soluciones a los problemas de la sobrepoblación que potencian el incremento de automóviles en la ciudad.

---

<sup>37</sup> La Ciudad de México a debate, Legorreta Jorge

Además de los aspectos anteriores y de la distribución espacial deben tomarse en cuenta otras variantes, que no solo se relacionan con el uso espacial, sino con los aspectos físico-geográficos, como lo son la morfología, el crecimiento poblacional y la estructura urbana en relación con la distribución interna de la infraestructura vial y los equipamientos de la ciudad.

**El tiempo:** Para las personas el tiempo puede ser dinero. Los problemas de tráfico y de congestión se traducen en una pérdida de tiempo entre los traslados de un lugar a otro. Esto genera un costo económico para las personas y también un deterioro para la salud.

La pérdida de tiempo a lo largo de trayectos en los que algunos ciudadanos invierten gran parte de sus ingresos, esfuerzos y energías constituyen hoy en día uno de los factores que más dañan la calidad de vida de los capitalinos. El tráfico es de los factores más negativos de la gran ciudad.

**Trabajo:** La necesidad de los habitantes de las zonas periféricas de trasladarse diariamente hacia los lugares donde se concentran los centros productivos de intercambio comercial y de servicios básicos en general contribuyen a agravar la problemática del transporte, lo cual provoca efectos negativos sobre la productividad y eficiencia de las personas.

En la contaminación social del sistema de transporte urbano, es evidente que la ciudad necesita disponer de facilidades para resolver el problema de la vialidad y el transporte de pasajeros, desarrollar y mantener la necesaria movilización de personas, e impulsar el ejercicio de las relaciones y actividades que apoyen el crecimiento económico y el progreso social.

Obviamente, con los problemas de transporte antes descritos y con la infraestructura vial con que cuenta la ciudad de México, no es posible satisfacer la demanda de movilidad de las personas en las áreas urbanas. Se requiere de mejores acciones, y no únicamente la construcción de nuevas calles o avenidas.

Otro de los problemas se inicia, desde el momento en que no todos los municipios del Área Metropolitana cuentan con un plan de desarrollo urbano, ya que de los 28 municipios que la constituyen, solamente en 19 de ellos su crecimiento responde a una planeación, por lo que en los nueve municipios restantes, su desarrollo se va dando conforme a la demanda de las fuerzas del mercado, con criterios exclusivamente políticos o económicos.

#### **4.2 Problemática de transporte en la zona de influencia del proyecto línea 12**

El contexto de la problemática de movilidad dentro del D.F. no es ajeno a las seis delegaciones del área de influencia del Proyecto de Línea 12 del Metro. Esta zona presenta una alta congestión vehicular, deterioro de los tiempos de movilidad y falta de opciones de transporte público eficiente.

En concreto, según la EOD 2007, en el Distrito Federal se realizan 12.8 millones de viajes durante un día hábil (incluyendo los viajes que se originan y tienen como destino el Distrito Federal, así como los viajes entre el DF y el Edomex). Y en las seis delegaciones que forman parte del área de influencia del trazo propuesto para la Línea 12 (Tláhuac, Iztapalapa, Coyoacán, Benito Juárez, Xochimilco y Álvaro Obregón) se realizan diariamente 8.4 millones de viajes, lo que representa aproximadamente el 65% de los viajes totales que ocurren diariamente en el Distrito Federal

<b>Número de viajes totales en las delegaciones de la zona de influencia de la Línea 12</b>			
<b>Delegación</b>	<b>Número de encuestas</b>	<b>Factor de expansión</b>	<b>Número de Viajes</b>
<b>Coyoacán</b>	12,772	91.86	1,173,245
<b>Iztapalapa</b>	23,569	102.45	2,414,696
<b>Álvaro Obregón</b>	15,493	76.08	1,178,683
<b>Tláhuac</b>	27,392	91.86	2,215,586
<b>Xochimilco</b>	5,110	99.92	510,591
<b>Benito Juárez</b>	11,225	86.47	970,574
<b>Total</b>	<b>95,561</b>	<b>91</b>	<b>8,463,375</b>

Fuente: Encuesta Origen Destino 2007

En suma, se producen 452,200 viajes diarios en transporte público entre estas delegaciones (sin incluir los viajes dentro de la misma delegación), con un tiempo promedio ponderado de todos esos viajes de 84 minutos<sup>38</sup>.

<b>Número de Viajes diarios en Transporte Público y Tiempo Promedio por Delegación de la Zona de Influencia del Metro</b>						
<b>Origen/Destino</b>	<b>Coyoacán</b>	<b>Iztapalapa</b>	<b>Álvaro Obregón</b>	<b>Tláhuac</b>	<b>Xochimilco</b>	<b>Benito Juárez</b>
<b>Coyoacán</b>	x	13348 86.31	13770 83.28	995 84.09	3557 96.62	30594 77.45
<b>Iztapalapa</b>	66,533 103.88	x	15,352 142.06	14466 72.57	5839 128.65	58078 110.32

<sup>38</sup> Diariamente se invierten 633 mil horas en traslados entre estas delegaciones, tiempo que tiene un costo social muy elevado.

<b>Álvaro Obregón</b>	19,960	4,445	x	423	881	5,3566
	101.6	131.29		186.18	163.59	75.35
<b>Tláhuac</b>	18,711	28607	2362	x	10,579	6833
	133.14	89.41	189.59		75.23	161.60
<b>Xochimilco</b>	23,521	7504	3672	4230	x	8,707
	114.61	71.29	157.95	73.36		138.28
<b>Benito Juárez</b>	17,560	7156	9190	318	1,407	x
	61.85	71.29	63.20	140.38	123.06	

Fuente: Encuesta Origen Destino 2007. Los números en la parte de abajo corresponden a los tiempos en minutos.

Las causas raíces de este elevado tiempo promedio de desplazamiento entre las distintas delegaciones son principalmente:

- Alta congestión vial en las vialidades de la zona de influencia
- Exceso de oferta de transporte público ineficiente

En estudios realizados bajo la supervisión de STC-Metro para diagnosticar la congestión vial de la zona de influencia de la Línea 12 del Metro se llegó a dos conclusiones importantes:

- La velocidad promedio diaria de un automóvil privado en las vialidades de la zona de influencia sólo alcanza los 13.6 Km/hora
- Del análisis de congestión vehicular en dieciséis intersecciones, que pueden ser consideradas como las más importantes y de mayor afluencia dentro de la estructura vial de la zona de estudio, se determinó que 7 de esas intersecciones presentan niveles de servicio E (Inestable, el máximo volumen que puede circular) o F (Forzada, existen detenciones frecuentes y largas colas) en alguno/s de los tres periodos analizados a lo largo del día; mientras que 3 de tales intersecciones presentan niveles de servicio D (Poco estable)

En el estudio **“Informe Técnico: Velocidad de operación y tiempos de recorrido para el transporte privado”**, realizado por el Instituto Politécnico Nacional, se realizaron mediciones de velocidad promedio a lo largo de las vialidades primarias que por su importancia impactan directamente en el área de influencia del trazo de la Línea 12.

El siguiente mapa muestra las principales vialidades en la zona de influencia de la Línea 12 del Metro, así como los puntos donde se ubicaron los aforos para realizar este estudio.





No. Intersección	INTERSECCION	Vol. HMD AM	Nivel de Servicio	Vol. HMD MD	Nivel de Servicio	Vol. HMD PM	Nivel de Servicio
1	Av. Tláhuac-José M. Cadena-Esteban Chavero-Bvld. Joaquín Amaro	3,678	B	3,562	B	3,574	B
2	Av. Tláhuac-San Rafael Atlixco-Miguel Hidalgo	2,240	F	2,010	F	2,326	F
3	Av. Tláhuac-Ricardo Flores Magón	3,181	B	2,939	B	3,582	C
4	Av. Tláhuac-Guillermo Prieto-Juan de Dios Peza	3,263	F	2,982	F	2,286	E
5	Providencia (Acceso a Wal Mart)	4,444	C	3,576	C	4,103	D
6	Av. Tláhuac- La Turba	4,176	B	3,558	B	4,100	B
7	Las Torres	5,186	F	4,598	F	4,543	F
8	Av. Tláhuac-Periférico	1,030	D	1,001	D	1,184	D
9	Av. Tláhuac- Circuito Bahamas	3,740	B	3,224	C	3,728	C
10	Eje 3 Oriente Cafetales-Apaches	5,487	F	3,932	D	4,205	C
11	Eje 3 Oriente Av. 5- Eje 8 sur Ermita	10,952	B	10,427	B	9,974	B
12	Eje 7A Sur Emiliano Zapata- Av. División del Norte	4,591	F	4,849	F	3,883	E
13	Eje 7 Sur Emiliano Zapata- Av. División del Norte	4,371	D	3,504	E	3,343	C
14	Eje 7 Sur Félix Cuevas-Av. Universidad	5,250	D	4,999	D	4,507	D
15	Eje 7 Sur Félix cuevas-Av. Insurgentes	7,368	F	7,479	F	7,426	F

Fuente: Estudio de "Diagnóstico de la Operación de Tránsito Tramo Tláhuac-Mixcoac"

Se puede observar que las siete intersecciones marcadas en rojo tienen nivel de servicio F o E en alguno o algunos de los tramos horarios. Eso significa que el flujo vehicular es o bien Forzado: existen detenciones frecuentes y largas colas (F), o Inestable: el máximo volumen que puede circular (E).

Del mismo modo, tres intersecciones tienen nivel de servicio D (Poco estable) durante los tres tramos horarios analizados o alguno de ellos. Ello significa que sólo cinco de las quince intersecciones prioritarias en la zona de influencia tienen tránsito vehicular estable en las horas de máxima demanda, lo cual de nuevo justifica la alta congestión vehicular y los altos tiempos de recorrido en la zona.

#### 4.2.1 Parque vehicular

El parque vehicular de las seis delegaciones de la zona de influencia ha crecido en los últimos años, lo que ha sido un factor que ha ayudado a empeorar la problemática de congestión vial de la zona de influencia.

De acuerdo con datos de INEGI, el parque vehicular de las seis delegaciones que van a estar beneficiadas por la Línea 12 del Metro, asciende a un total de 1,321,699 vehículos de los cuáles un 94% son automóviles particulares (incluyendo taxis), un 1.1 % son camiones de pasajeros, un 3.4% son motocicletas y 1% transporte de carga. El total de este parque vehicular representa el 38% del total del parque del Distrito Federal.

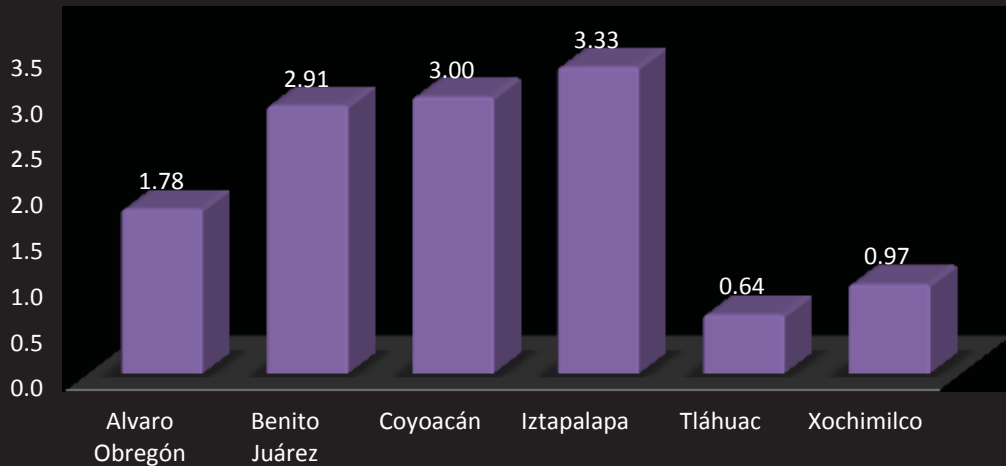
#### Parque Vehicular de Transporte Público y Particular en el Área de Influencia<sup>39</sup>

Delegaciones de Influencia	Automóvil	Transporte de Pasajeros	Autobús	Microbús	Combi
Álvaro Obregón	174,021	2,125	267	1,660	198
Benito Juárez	286,716	1,912	240	1,494	178
Coyoacán	296,046	1,884	236	1,472	176
Iztapalapa	323,057	4,737	594	3,701	441
Tláhuac	61,564	1,052	132	822	98
Xochimilco	93,928	1,313	165	1,026	122
<b>Total Zona de Influencia (INEGI)</b>	<b>1,235,332</b>	<b>13,023</b>	<b>1,634</b>	<b>10,175</b>	<b>1,214</b>
<b>Total D.F. (INEGI)</b>	<b>3,176,288</b>	<b>30,675</b>	<b>3,850</b>	<b>23,966</b>	<b>2,859</b>

Fuente: Estudio de la demanda del transporte, INEGI 2007

<sup>39</sup> Cifras de distintos tipos de vehículos existentes en la zona de influencia de la Línea 12 del Metro.

**Grafica: Parque Vehicular de Transporte Público y Particular, en miles de Vehículos por delegación en el Área de Influencia**



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI 07 Estadísticas de vehículos de registrados en circulación.

#### **4.3. Velocidades en las calles importantes que rodean a la línea 12.**

Los datos arrojados por el Estudio de Velocidades de Transporte Privado muestran un amplio rango, pudiéndose observar velocidades desde los 32-34 Km/hora en el eje 10 Sur Poniente, hasta velocidades sumamente bajas como 6.0 Km/hora en Churubusco. La velocidad promedio que arrojó el Estudio fue de 13.6 Km/hora para todos los tramos analizados.

Con relación a estos dos resultados, podemos comentar, por un lado, que esta baja velocidad promedio del transporte privado refuerza el argumento de congestión en el área de influencia debido a la alta densidad vehicular en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y por otro lado, que esta amplia dispersión de las velocidades entre vialidades se debe a diferencias cualitativas como son la presencia de semáforos, obras en proceso o perforaciones en la vialidad que reducen la cantidad de carriles disponibles para el flujo vehicular.

De las vialidades graficadas, se seleccionaron las más significativas para el área de influencia. A continuación se detallan los resultados obtenidos en las mediciones de velocidad en tales vías:

<i>Vialidades con dirección Poniente-Oriente/Oriente-Poniente</i>			
Vialidad	Tramo	Velocidad promedio	
		Sentido oriente-poniente	Sentido poniente-oriente
<b>Taxqueña</b>	Entre Miramontes y calzada de Tláhuac	29.4	24.7
<b>Eje 7 sur</b>	Entre Mixcoac y Circuito Interior	27.8	N.A.
<b>Eje 10 sur</b>	Entre Av. Tláhuac y Puebla	18.9	18.9
<b>División del Norte</b>	Entre Miguel Ángel y Periférico Sur	14.6	23.3
<b>Miguel Ángel de Quevedo</b>	Entre Insurgentes Sur y Ermita	14.3	8.1
<b>Eje 8 sur</b>	Entre periférico sur y Mixcoac	8	11
<b>Churubusco</b>	Entre eje 3 Oriente e Insurgentes sur	6	5.7
Promedio de velocidad		<b>19.2</b>	<b>18.7</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de "Informe Técnico: Velocidad de operación y tiempos de recorrido para el transporte privado", IPN

<i>Vialidades con dirección Norte-Sur/Sur Norte</i>			
Vialidad	Tramo	Velocidad promedio	
		Sentido oriente-poniente	Sentido poniente-oriente
<b>Eje 2 Poniente</b>	Entre Universidad y División del Norte	21	N.A.
<b>Eje 2 Oriente</b>	Entre calzada de las bombas Eje 6 Sur	18	N.A.
<b>Calzada de Miramontes</b>	Entre Churubusco y Periférico Sur	17.8	14.9
<b>Prolongación División del Norte</b>	Entre Glorieta de Vaqueritos y Deportivo Xochimilco	11.2	13.8
<b>Calzada de Tlalpan</b>	Entre Metro San Antonio Abad y Taxqueña	10.2	31.5
<b>Eje 3 Oriente</b>	Entre Fray Servando Teresa de Mier y Periférico Sur	10.2	20.3
Promedio de velocidad		<b>19.2</b>	<b>21.4</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de "Informe Técnico: Velocidad de operación y tiempos de recorrido para el transporte privado", IPN

<i>Vialidades con dirección Norte-Sur/Sur Norte</i>			
Vialidad	Tramo	Velocidad promedio	
		Sentido oriente-poniente	Sentido poniente-oriente
<b>Calzada de Tláhuac</b>	Entre Metro San Antonio Abad y Miguel A. de Quevedo	18	38.3
<b>Anillo Periférico</b>	Entre Glorieta de Vaqueritos y Ermita Iztapalapa	17.1	17.8
Promedio de velocidad		<b>17.7</b>	<b>30.9</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de "Informe Técnico: Velocidad de operación y tiempos de recorrido para el transporte privado", IPN

#### **4.4 Estudios de origen y destino.**

A continuación se describen las características básicas del estudio más importante y complejo, orientado a conocer el comportamiento de la demanda (la movilidad).

En términos generales, los estudios de origen y destino de los viajes se realizan con la intención de investigar las características de la movilidad dentro de determinada región en estudio. La parte central del estudio se basa en una encuesta a los residentes de las diversas zonas de la región; con ella se obtiene información sobre la zona de origen y destino de los viajes, modos, costos, tiempos y demás datos que describen la forma como se realiza tal viaje. El uso principal de la encuesta radica en que constituye el insumo básico para la planeación analítica del transporte.

#### **Clasificación**

Los estudios de origen y destino (EOD) se clasifican en:

- a) Los EOD en caminos o intersecciones (vehiculares). Estos pueden hacerse por varios métodos:
  - Entrevista al lado del camino
  - Tarjetas postales al conductor
  - Método de las placas
  - Etiqueta sobre el vehículo
  - Cuestionarios para los empleados
- b) Los EOD a bordo de los vehículos del transporte público.
- c) Los EOD en las estaciones de intercambio o transbordo (terminales, correspondencias, etcétera).
- d) Los EOD en polos especiales de generación o atracción de viajes.
- e) Los EOD en los domicilios ("encuesta domiciliaria").

#### **Metodología**

En términos generales, los anteriores tipos de EOD tienen la misma secuencia de actividades para su realización. Así, aunque hay algunas diferencias específicas, las fases que se desarrollan para la encuesta domiciliaria son ilustrativas de la

metodología general. La encuesta domiciliaría consta de las siguientes actividades:

- a) Definición de objetivos.
- b) Delimitación del área en estudio y zonificación.
- c) Obtención del marco mastral y diseño estadístico del estudio.
- d) Diseño de instrumentos de captación de información ("cédulas") y de control de la encuesta.
- e) Diseño de instrumentos de procesamiento de información (generalmente consiste en programas computacionales de validación, resumen y expansión).
- f) Selección y capacitación de personal.
- g) Aplicación de los instrumentos de captación ("encuesta").
- h) Aplicación de los instrumentos de procesamiento.
- i) Elaboración de memorias, cuadros y planos con resultados, y matrices de viajes en archivos magnéticos.

#### **4.4.1 Encuesta Origen Destino en la ZMVM 2007**

La encuesta Origen Destino (OD) consiste en una gran variedad de técnicas en las cuales se le pregunta al usuario sobre aspectos referentes a su movilidad, a su estrato socioeconómico, o su opinión sobre el sistema de transporte.

Es importante contar con personal de campo especializado para su realización, así como llevar a cabo los siguientes procedimientos: la preparación de la encuesta, la aplicación de la encuesta, la captura y validación de la encuesta y, la expansión de la muestra y procesamiento de los datos.

El INEGI fue el organismo encargado de hacer la encuesta Origen-Destino del 2007 de la Zona Metropolitana del Valle de México.

El objetivo de la Encuesta es obtener información que sirva para la planeación y la toma de decisiones en materia de transporte y vialidad por parte de las autoridades del Distrito Federal y el Estado de México.

Con esta encuesta se pretende:

- Calcular la cantidad de viajes realizados en la ZMVM en días laborables, así como los motivos por los cuales se generan.
- Conocer los medios de transporte empleados, los transbordos realizados para llegar al destino final del viaje, el tiempo y costo de transportación en un día, así como las horas de mayor afluencia de viajes.
- Permitir su uso en el proceso de planeación de transporte y vialidades que llevan a cabo las dependencias respectivas del Distrito Federal y Estado de México
- Estimar la cantidad de viajes que se generan en la ZMVM en días típicos laborables, así como los motivos por los cuales se generan.
- Detectar las horas de mayor afluencia de viajes

El levantamiento de la Encuesta se realizó en 46 500 viviendas seleccionadas de manera aleatoria, 24 900 en las 16 delegaciones del Distrito Federal, y 21 600 en 40 municipios conurbados del Estado de México, mediante la entrevista directa a los miembros de las viviendas seleccionadas.

La Encuesta de Origen y Destino se realiza por medio de dos visitas: en la primera se aplica la primera parte del cuestionario, se pregunta sobre las características socio demográficas de los residentes de las viviendas, como: sexo, edad, ocupación, nivel de instrucción y se entrega una tarjeta para registrar los viajes; en la segunda visita, se solicita la hoja de viajes llenada por el informante para captar la información de los medios de transporte que utilizó para trasladarse a diferentes sitios como el lugar de trabajo, la escuela, centros comerciales y otras viviendas.

El costo de la encuesta Origen-Destino 2007 fue de \$ 53, 525,000 pesos.



## Preparación de la encuesta

A continuación se describen los pasos necesarios para la preparación de una encuesta:

**Delimitación del área de estudio.** Es importante establecer los límites que abarcará el estudio, tanto físicos como de la estructura de la red. Esto implica señalar el área de desarrollo urbano que pudiera habitarse dentro del periodo que se estima que los resultados de las encuestas serán válidos.

**Zonificación.** La información que va a ser recolectada consistirá en una gran variedad de viajes como orígenes, destinos, propósitos y medios utilizados que deben ser relacionados con otros factores económicos, sociales y de tránsito.

El área de estudio debe dividirse en un sistema de zonas geográficas, las cuales serán utilizadas para analizar y pronosticar la información sobre población y empleo, así como para resumir los intercambios de viajes en matrices que son utilizadas para la asignación de viajes a la red.

Se considera que los viajes empiezan en el centro geográfico (centroide) de la zona origen y terminan en el centroide de la zona de destino. Cuando la zona es muy grande, los supuestos anteriores pueden tener consecuencias de consideración en el proceso de asignación, siendo los principales:

- Los viajes cuyo origen y destino están en la misma zona, no aparecen en la red
- La longitud de los viajes es considerada de centroide a centroide, lo que hace que para zonas adyacentes, la relación entre la longitud del viaje real y la longitud del viaje entre centroides varíe.
- El tamaño de la zona debe ser más reducido cuanto más cercano esté a los centros de actividades ya que se requiere conocer con mayor detalle la generación y atracción de viajes que se dan en dichas zonas.
- Entre más grande sea la zona, más grande será la desviación o error
- Entre más largo sea el viaje, menor es el error en la selección de la trayectoria
- Se deben tener presentes las barreras naturales (ríos, barrancas, lagos) así como las barreras artificiales (vías de ferrocarril, autopistas) en el diseño de una adecuada zonificación

- La homogeneidad de la zona es importante en cuanto al uso de suelo y a su densidad y normalmente se establece esta homogeneidad en función de la actividad predominante de uso de suelo.

Un criterio que determina el tamaño de una zona es la capacidad de su red vial. Se considera que a un nivel de saturación de un vehículo por cada dos personas éste limita la población de la zona entre 1,500 y 3,000 habitantes y para las zonas industriales entre 1,000 y 2,500 habitantes.

Se recomienda áreas aproximadas de 1 km<sup>2</sup> de tal manera que se reduzcan los errores al asumir que el centroide zonal es el centro de la red vial. Cuanto más pequeña sea la zona más amplia tendrá que ser la labor de encuestamiento para obtener información estadísticamente válida.

### **Diseño de la muestra.**

A partir de la información preliminar con que se cuente sobre la demanda de transporte en la ruta o red de transporte a encuestar, se procederá a estimar la premuestra requerida para el estudio. Esta muestra depende primero del propósito para el que la información está siendo recopilada y segundo de la precisión que se requiera. En este caso el propósito del estudio que nos interesa, es obtener medidas del comportamiento de todos los pasajeros utilizando el sistema, creando una matriz de viajes de zona a zona, entonces se deberá muestrear el sistema completo.

Es recomendable estratificar la muestra por ruta ya que esto permite asegurar su representación a este nivel. Esta estratificación se hace formando grupos de vehículos con características comunes, lo que resulta en una mayor precisión de la muestra y una representatividad de todas las rutas. Las variables de estratificación que se consideran son:

- **Ruta.** Al seleccionar muestras de vehículos de transporte público por ruta, se asegura que se obtendrá información representativa de cada ruta.
- **Dirección.** Normalmente, el comportamiento de una ruta indica que aquélla que va al centro de la ciudad por la mañana presenta un mayor volumen de usuarios, que, los que viajan hacia la periferia en el mismo periodo.
- **Hora del día.** Los volúmenes de usuarios abordando vehículos de transporte público varían a lo largo del día, por lo que es importante obtener una muestra a lo largo de todo el día, recomendándose cubrir los periodos pico y valle tanto matutinos como vespertinos

- **Diseño del cuestionario.** El cuestionario o cédula de encuesta tiene como propósito recabar información sobre los siguientes aspectos principales: el origen y el destino de los viajes, la cadena de medios de transporte utilizados, los motivos para realizar el viaje, entre otros aspectos. Es importante establecer si el cuestionario será contestado por el usuario directamente o el encuestador será el que formule las preguntas. En todo caso es requisito indispensable que el contexto de la pregunta sea el adecuado y que la secuencia en que se realicen las preguntas siga la secuencia lógica de los pasos que se siguen para realizar el viaje.

## **Resultados.**

Los productos obtenidos de una encuesta de origen y destino a bordo pueden clasificarse de acuerdo con su naturaleza en dos grandes grupos:

- **Información que describe el comportamiento de la demanda sobre la red.** En función de la forma en que se diseñe la encuesta y los objetivos que persiga y sus alcances basados en un algoritmo del modelo de transporte, es factible obtener parámetros de cómo se comporta la demanda dentro del sistema así como la intensidad con la que se utiliza cada parada, pudiéndose obtener reportes referentes a los ascensos y descensos, polígonos de carga y afluencias de pasajeros a cada una de las paradas.
- **Índices operativos del sistema.** La gran cantidad de información que se genera permite obtener índices de operación a nivel de ruta, empresa o sistema, siendo la más frecuente de obtener la siguiente: ocupación de la unidad por día, velocidad de operación, intervalo de paso, captación por kilómetro, distancia recorrida por el usuario, transbordos, entre otros.

### **4.4.2 Resultados de la encuesta origen destino 2007 en la ZMVM**

Los residentes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) realizan a lo largo de un día hábil **21.9 millones de viajes**, de los cuales uno de cada seis se generan en el Distrito Federal, principalmente en las delegaciones Iztapalapa y Cuauhtémoc, de acuerdo con los resultados de la encuesta Origen-Destino 2007.

Los distritos con mayor número de viajes producidos y atraídos son Zócalo, con más de 500 mil, seguido de Zona Rosa, Chapultepec, Ciudad Universitaria y Zumpango, con cifras de entre 324 mil y 351 mil cada uno; en tanto, los que generan o atraen menos son Aeropuerto, San Rafael, Ayotzingo, Mixquic y San Vicente, con entre 38 mil y 59 mil, cada uno.

En el transporte colectivo se realizan dos terceras partes del total de viajes diarios (14.8 millones), en el privado 6.8 y en el Metro, autobús suburbano, la Red de Transporte de Pasajeros, trolebús, Metrobús, tren ligero, motocicleta y bicicleta solamente 300 mil.

En el documento elaborado por el INEGI y entregado a los gobiernos del Distrito Federal y Estado de México, en la ZMVM se realizan poco más de 15.1 millones de viajes en un solo modo de transporte, para los cuales el automóvil es el más utilizado, al cuantificar poco más de 6.2 millones, es decir, 41.5 % del total, mientras 36.6 % se hace en colectivo, 8.8 en taxi y 4.4 por ciento en Metro.

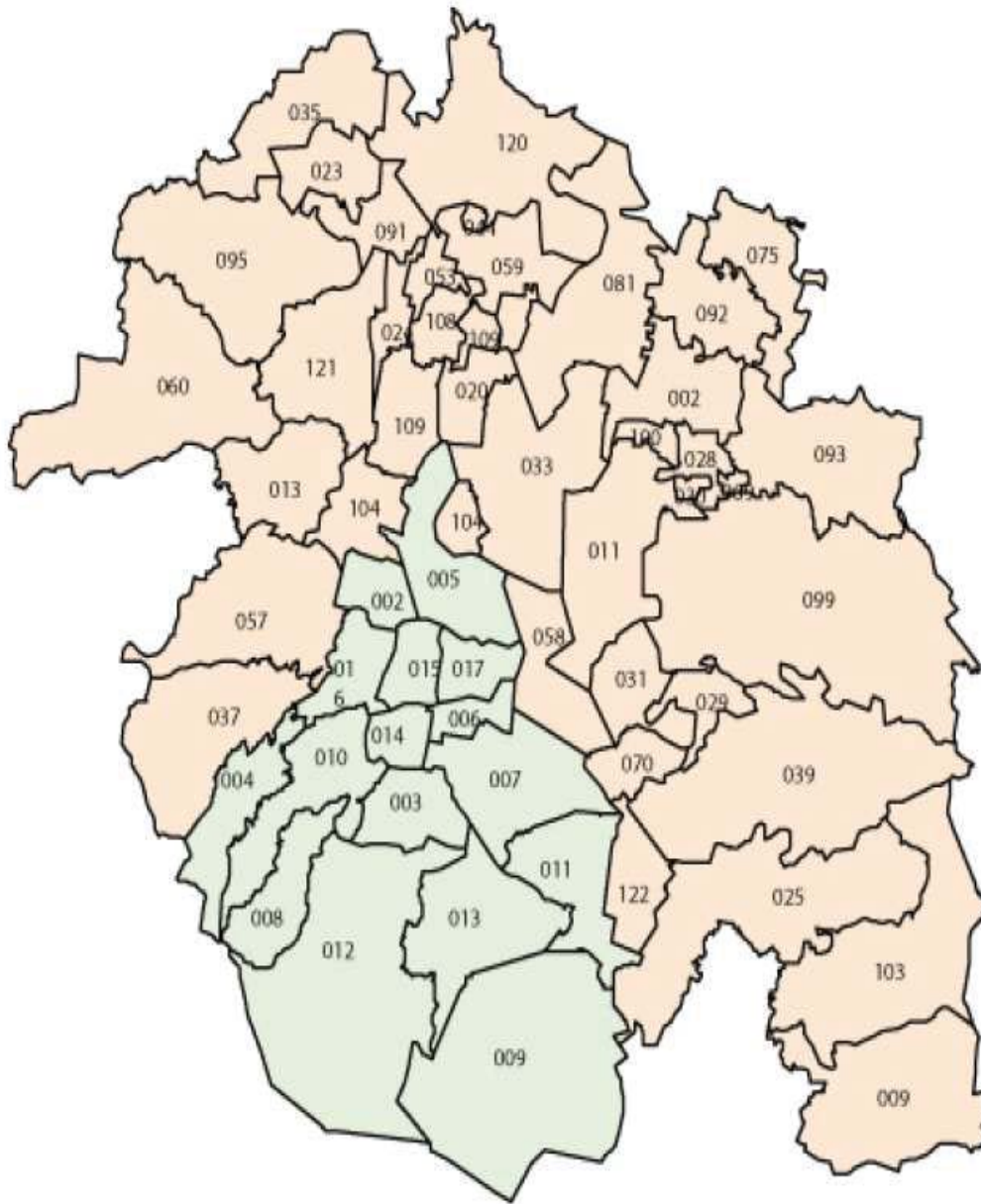
La delegación que produce el mayor número de viajes es Iztapalapa, con 14.2 % seguida de Cuauhtémoc, con 13.2 %, mientras que en el estado de México son Ecatepec de Morelos, con 15.9 %, y Naucalpan de Juárez, con 10.4 %.

El tren ligero y la motocicleta, precisa el estudio, son los modos de transporte de menor uso para recorrer un tramo, al registrar cada uno de ellos porcentajes menores a 0.7 por ciento; mientras, en el Metro la mayoría de sus usuarios lo utilizan como un importante medio de conexión con otras opciones de transporte, ubicándose en el segundo lugar después de los colectivos, quienes realizan la mayor cantidad de combinaciones.



Fuente: Elaboración propia con base en datos del año 2007 elaborados con base en resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI

### ZMVM dividida por delegaciones y municipios<sup>40</sup>



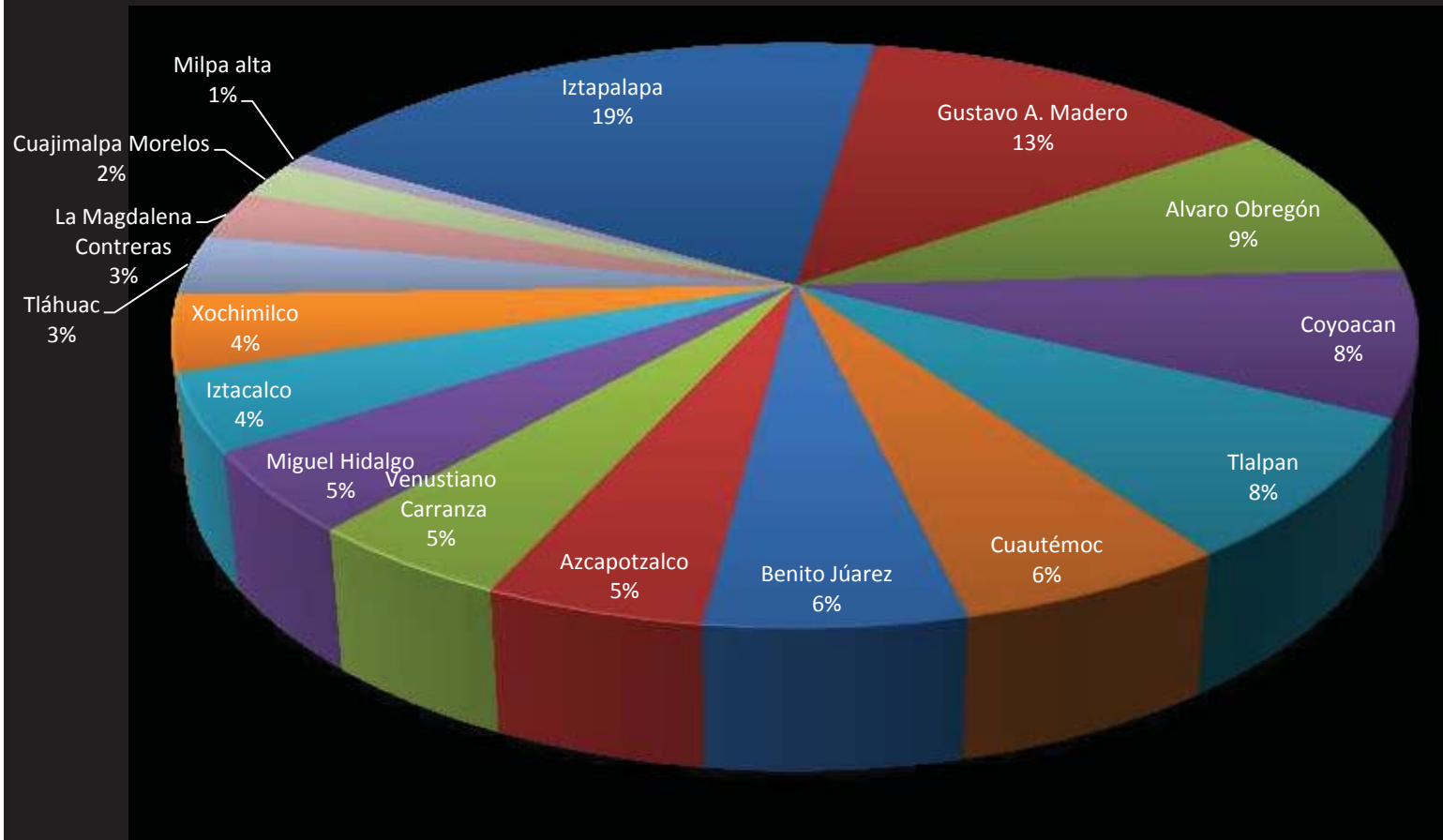
Fuente: [www.INEGI.com](http://www.INEGI.com)

<sup>40</sup> Es la segunda metrópoli más poblada del mundo, así como también una de las de mayor extensión territorial. La ZMVM está conformada por las 16 Delegaciones del Distrito Federal (DF), los municipios de ZMCM más 18 municipios para formar en total 58 Municipios del Estado de México y uno del Estado de Hidalgo. Abarca 4,715.3 km<sup>2</sup>, de ellos 1,486 km<sup>2</sup> corresponden al DF, equivalentes a 0.1% de la superficie del país y 31% de la ZMVM.

<b>Viajes por lugar de origen</b>		
	Viajes	
<b>Municipio</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>ZMVM</b>	21,954,157	
<b>Distrito Federal</b>	11,085,896	100
007 Iztapalapa	2,115,244	19.08
005 Gustavo A. Madero	1,436,233	12.96
010 Álvaro Obregón	971,498	8.76
003 Coyoacán	890,681	8.03
012 Tlalpan	887,198	8
015 Cuauhtémoc	674,667	6.09
014 Benito Juárez	640,273	5.78
002 Azcapotzalco	540,314	4.87
017 Venustiano Carranza	507,984	4.58
016 Miguel Hidalgo	501,238	4.52
006 Iztacalco	471,786	4.26
013 Xochimilco	468,251	4.22
011 Tláhuac	371,091	3.35
008 La Magdalena Contreras	294,361	2.66
004 Cuajimalpa Morelos	220,240	1.99
009 Milpa alta	94,837	0.86

Fuente: elaboración con base en resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI

## Viajes por lugar de origen en el las delegaciones del Distrito Federal

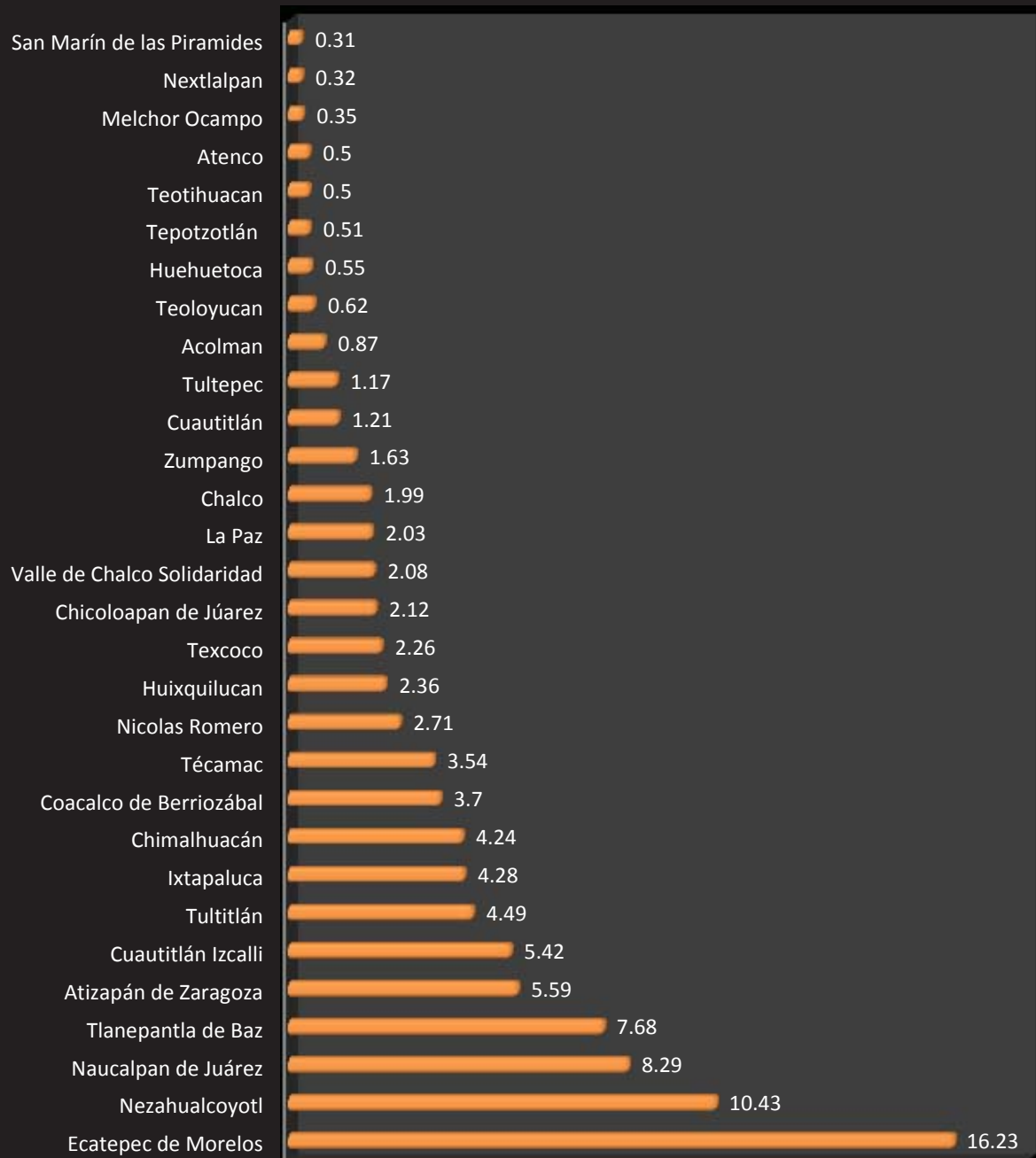


Fuente: Elaboración propia con base en datos del año 2007 elaborados con base en resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI

<b>Viajes por lugar de origen</b>		
<b>Municipio</b>	<b>Viajes</b>	
	<b>Total</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>ZMVM</b>	<b>21,954,157</b>	
<b>Distrito Federal</b>	<b>11,085,896</b>	<b>50.5</b>
<b>Estado de México</b>	<b>10,868,261</b>	<b>49.5</b>
<b>033 Ecatepec de Morelos</b>	1,763,394	16.23
<b>058 Nezahualcóyotl</b>	1,134,071	10.43
<b>057 Naucalpan de Juárez</b>	900,546	8.29
<b>104 Tlalnepantla de Baz</b>	835,208	7.68
<b>013 Atizapán de Zaragoza</b>	607,392	5.59
<b>024 Cuautitlán Izcalli</b>	588,533	5.42
<b>109 Tultitlan</b>	487,454	4.49
<b>039 Ixtapaluca</b>	465,567	4.28
<b>031 Chimalhuacán</b>	460,567	4.24
<b>020 Coacalco de Berriozábal</b>	401,936	3.7
<b>081 Tecámac</b>	384,448	3.54
<b>060 Nicolás Romero</b>	294,847	2.71
<b>037 Huixquilucan</b>	259,950	2.36
<b>099 Texcoco</b>	245,755	2.26
<b>029 Chicoloapan de Juárez</b>	230,250	2.12
<b>122 Valle de Chalco Solidaridad</b>	225,748	2.08
<b>070 La Paz</b>	220,816	2.03
<b>025 Chalco</b>	215,816	1.99
<b>120 Zumpango</b>	177,664	1.63
<b>024 Cuautitlán</b>	131,385	1.21
<b>108 Tultepec</b>	126,931	1.17
<b>002 Acolman</b>	94,369	0.87
<b>091 Teoloyucan</b>	67,676	0.62
<b>035 Huehuetoca</b>	59,833	0.55
<b>095 Tepotzotlán</b>	55,257	0.51
<b>092 Teotihuacán</b>	54,676	0.5
<b>011 Atenco</b>	54,583	0.5
<b>053 Melchor Ocampo</b>	38,260	0.35
<b>059 Nextlalpan</b>	34,296	0.32
<b>075 San Marín de las Pirámides</b>	33,157	0.31



## Viajes por lugar de origen en los municipios del Estado de México e Hidalgo

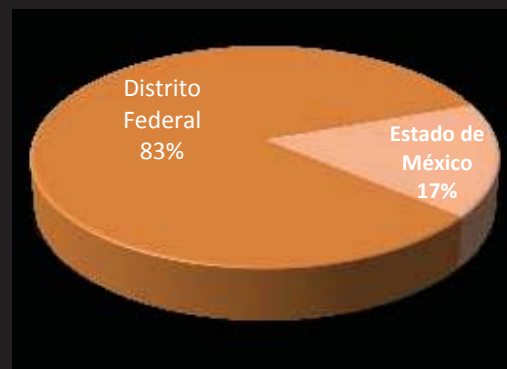


Fuente: Elaboración propia con base en datos del año 2007 elaborados con base en resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI

Viajes con destino al DF		
	Viajes	
Municipio	Total	Porcentaje
<b>ZMVM</b>	12,833,615	100
<b>Distrito Federal</b>	<b>10,709,884</b>	<b>83.45</b>
Azcapotzalco	503,711	3.92
Coyoacán	878,009	6.84
Cuajimalpa de Morelos	208,360	1.62
Gustavo A. Madero	1,343,577	10.47
Iztacalco	458,009	3.57
Iztapalapa	2,034,447	15.85
La Magdalena Contreras	290,971	2.27
Milpa alta	92,975	0.72
Álvaro Obregón	953,410	7.43
Tláhuac	361,028	2.81
Tlalpan	876,606	6.83
Xochimilco	462,850	3.61
Benito Juárez	626,363	4.88
Cuauhtémoc	652,269	5.08
Miguel Hidalgo	477,367	3.72
Venustiano Carranza	489,932	3.82
<b>Estado de México</b>	2,123,731	16.55
Acolman	9,787	0.08
Amecameca	2,874	0.02
Atenco	3,232	0.03
Atizapán de Zaragoza	65,918	0.51
Coacalco de Berriozábal	60,923	0.47
Coyotepec	1,085	0.01
Cuautitlán	9,207	0.07
Chalco	41,863	0.33
Chiautla	1,225	0.01
Chicoloapan de Juárez	58,368	0.45
Chimalhuacán	113,217	0.88
Ecatepec de Morelos	403,693	3.15
Huehuetoca	4,905	0.04
Huixquilucan	73,594	0.57

Ixtapaluca	120,179	0.94
Jaltenco	7,442	0.06
Melchor Ocampo	1,481	0.01
Naucalpan de Juárez	163,100	1.27
Nezahualcoyotl	359,306	2.8
Nextlalpan	1,220	0.01
Nicolás Romero	24,359	0.19
Papalotla	441	0
La Paz	65,044	0.51
San Martín de las Pirámides	1,630	0.01
Tecámac	62,749	0.49
Teoloyucan	3,514	0.03
Teotihuacán	3,267	0.03
Tepetlaoxtoc	2,136	0.02
Tepotzotlán	2,754	0.02
Texcoco	17,302	0.13
Tezoyuca	2,143	0.02
Tlalmanalco	2,166	0.02
Tlanepantla de Baz	203,995	1.59
Tultepec	11,888	0.09
Tultitlán	74,000	0.58
Zumpango	6,149	0.05
Cuautitlán Izcalli	66,794	0.52
Valle de Chalco Solidaridad	69,537	0.54
Tonanitla	1,244	0.01

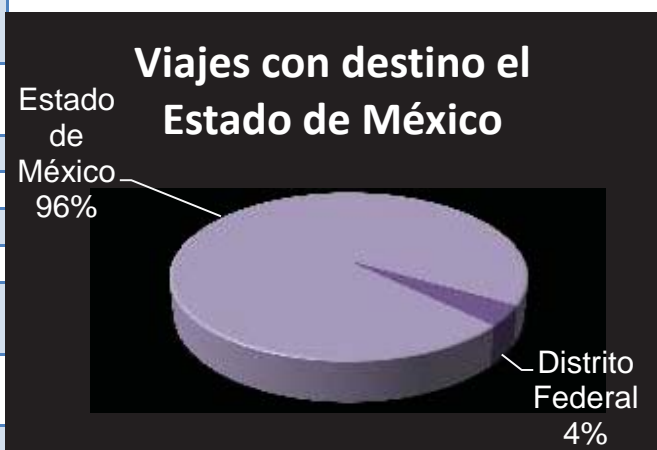
## Viajes con destino al DF



Fuente: Elaboración propia con base en datos del año 2007 elaborados con base en resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI

Viajes con destino el Estado de México		
	Viajes	
Municipio	Total	Porcentaje
ZMVM	9,064,486	100
Distrito Federal	356,431	3.93
Azcapotzalco	36,114	0.4
Coyoacán	11,397	0.13
Cuajimalpa de Morelos	11,564	0.13
Gustavo A. Madero	90,706	1
Iztacalco	13,196	0.15
Iztapalapa	77,209	0.85
La Magdalena Contreras	2,992	0.03
Milpa alta	1,862	0.02
Álvaro Obregón	15,905	0.18
Tláhuac	9,324	0.1
Tlalpan	7,307	0.08
Xochimilco	5,067	0.06
Benito Juárez	12,775	0.14
Cuauhtémoc	20,597	0.23
Miguel Hidalgo	22,855	0.25
Venustiano Carranza	17,561	0.19
Estado de México	8,708,055	96.07
Acolman	84,312	0.93
Amecameca	28,792	0.32
Atenco	51,285	0.57
Atizapán de Zaragoza	540,670	5.96
Coacalco de Berriozábal	339,085	3.74
Coyotepec	20,109	0.22
Cuautitlán	122,093	1.35
Chalco	172,894	1.91
Chiautla	19,283	0.21
Chicoloapan de Juárez	171,378	1.89
Chiconcuac de Juárez	13,709	0.15
Chimalhuacán	345,328	3.81
Ecatepec de Morelos	1,355,572	14.95
Huehuetoca	54,364	0.6
Huixquilucan	185,911	2.05

Ixtapaluca	343,472	3.79
Jaltenco	22,984	0.25
Melchor Ocampo	36,779	0.41
Naucalpan de Juárez	733,678	8.09
Nezahualcóyotl	773,749	8.54
Nextlalpan	33,076	0.36
Nicolás Romero	270,410	2.98
Papalotla	7,196	0.08
La Paz	155,159	1.71
San Martín de las Pirámides	30,849	0.34
Tecámac	313,607	3.46
Teoloyucan	63,488	0.7
Teotihuacán	51,145	0.56
Tepetlaotoc	23,548	0.26
Tepotzotlán	52,082	0.57
Texcoco	227,893	2.51
Tezoyuca	26,465	0.29
Tlalmanalco	25,566	0.28
Tlalnepantla de Baz	630,430	6.95
Tultepec	114,178	1.26
Tultitlán	412,539	4.55
Zumpango	168,034	1.85
Cuautitlán Izcalli	521,207	5.75
Valle de Chalco Solidaridad	156,034	1.72
Tonanitla	9,702	0.11



Fuente: Elaboración propia con base en datos del año 2007 elaborados con base en resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, INEGI

## 4.5 Aspectos Socioeconómicos

Resulta relevante explicar brevemente algunas de las características socioeconómicas de cada una de las delegaciones involucradas en la construcción de la Línea 12 del Metro. Es importante hacer notar que en las delegaciones de la zona de influencia habita una población que presenta en general rezagos en materia de vialidades y marginación.



Imagen: Ciudad de México dividida en delegaciones, resaltando los puntos por los cuales se construirá la Línea Bicentenario.

### 4.5.1 Delegación Tláhuac

Se ubica en la zona sur oriente del Distrito Federal, colindando al norte y noreste con la Delegación Iztapalapa, al oriente con el municipio Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México; al sur con Milpa Alta hasta el vértice del volcán Teuhtli y al suroeste y oeste con Xochimilco.

El territorio de la Delegación Tláhuac representa el 5.75% del Distrito Federal y es de 85.35 km<sup>2</sup>.

### Población

La Delegación Tláhuac cuenta con el 3.9% de la población total del Distrito Federal. De ésta, el 51.4% son mujeres y el 48.6% hombres. La tasa de crecimiento media anual de la población en Tláhuac en el periodo 2000-2005 fue de 2.6%, mientras el promedio en la Ciudad fue de 0.3%, por lo que la tasa de la Delegación es de las más dinámicas del Distrito Federal.

AÑO	POBLACION TOTAL			TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL		
	DISTRITO FEDERAL	TLÁHUAC		PERIODO	DISTRITO FEDERAL	TLÁHUAC
	NÚMERO	NÚMERO	PARICIPACIÓN PORCENTUAL			
1990	8,235,744	206,700	2.5	1980-1990	-0.7	3.5
1995	8,489,007	255,891	3	1990-1995	0.6	4.4
2000	8,605,239	302,790	3.5	1990-2000	0.4	3.9
2005	8,720,916	344,106	3.9	2000-2005	0.3	2.6

Fuente: Encuesta Origen-Destino, INEGI 2007

## Vialidad y Transporte

La vialidad primaria de la Delegación Tláhuac es de 17.1 kilómetros, 1.8% del total del Distrito Federal, mientras que la carpeta asfáltica pavimentada de Tláhuac tiene una superficie de 2,551,005 m<sup>2</sup>, lo que representa apenas el 2.2% del total del Distrito Federal.

El parque vehicular de la Delegación está conformado por 64,503 (INEGI, 2007) vehículos automotores, de los cuales el 93.4% son de servicio particular y solamente el 6.6% es transporte público.

La participación de la Delegación Tláhuac en el parque vehicular total del Distrito Federal es muy pequeña al representar apenas el 1.2%, proporción semejante se tiene en el caso de los automóviles.

### 4.5.2. Delegación Iztapalapa

La Delegación Iztapalapa se encuentra al oriente del Distrito Federal y tiene una extensión de 105.8 km<sup>2</sup>, cantidad que representa el 7.5% de la superficie del D.F. Colinda: Al norte con la delegación Iztacalco, al sur con las Delegaciones Xochimilco y Tláhuac, al oriente con el Estado de México, al poniente con la Delegación Coyoacán y al norponiente con la Delegación Benito Juárez.

## **Población**

Del total de la población de 12 años o más de la Delegación Iztapalapa, el 53.8% corresponde a la población económicamente activa, cantidad que representa el 19.7% total del Distrito Federal, mientras que la inactiva significa el 45.8% y 20.3%, respectivamente.

## **Vialidad y Transporte**

La vialidad primaria de la Delegación tiene una longitud de 120.9 kilómetros y la carpeta asfáltica pavimentada una superficie de 11,100, 491  $m^2$ , representando el 12.8 y 9.7%, respectivamente, del total del Distrito Federal.

El parque vehicular de la Delegación está conformado por 347,949 vehículos automotores (INEGI, 2007), de los cuales el 94.4% son de servicio particular y solamente el 5.6% es transporte público.

### **4.5.3 Delegación Álvaro Obregón**

La Delegación Álvaro Obregón se ubica al Poniente de la Ciudad de México y tiene una extensión de 97 km<sup>2</sup>, cifra que representa el 6.5% del área total del Distrito Federal.

Esta delegación limita al Norte con Miguel Hidalgo; al Este con las delegaciones Benito Juárez, Coyoacán y Tlalpan; al Sur con las delegaciones Magdalena Contreras, Tlalpan y Estado de México y al Oeste con la delegación Cuajimalpa de Morelos.

## **Población**

La Delegación Álvaro Obregón cuenta con el 8.1% de la población total del Distrito Federal, con un crecimiento demográfico en los primeros cinco años de la actual década del 0.6%, porcentaje que equivale al doble del promedio del Distrito Federal (0.3%). De la población total de la Delegación, el 52.4% son mujeres y el 47.6% son hombres.

AÑO	POBLACION TOTAL			TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL		
	DISTRITO FEDERAL	ALVARO OBREGON		PERIODO	DISTRITO FEDERAL	ALBARO OBREGON
NÚMERO	NÚMERO	PARICIPACIÓN PORCENTUAL				
1990	8,235,744	642,753	7.8	1980-1990	-0.7	0.1
1995	8,489,007	676,930	8	1990-1995	0.6	1
2000	8,605,239	687,020	7.9	1990-2000	0.4	0.7
2005	8,720,916	706,567	8.1	2000-2005	0.3	0.6

Fuente: Encuesta Origen-Destino, INEGI 2007

## Vialidad y Transporte

La carpeta asfáltica pavimentada de la Delegación Álvaro Obregón tiene una superficie de 5, 388,106  $m^2$  que representan el 4.7% de los 115, 500,000  $m^2$  que se tienen en el Distrito Federal. El parque vehicular de la Delegación está conformado por 188,808 vehículos automotores (INEGI, 2007), de los cuales el 94.8% son de servicio particular y solamente el 3.5% es transporte público.

La participación de Álvaro Obregón en el parque vehicular total del Distrito Federal es de solamente 6.0%, porcentaje que es casi similar en el caso de los automóviles (6.1%) y que disminuye al 2.0% con relación a los camiones de pasajeros

### 4.5.4 Delegación Benito Juárez

La Delegación Benito Juárez se ubica en el centro geográfico de la Ciudad de México. El área total de la delegación es de 27 km<sup>2</sup> y representa el 1.8% del territorio del Distrito Federal.

Sus límites son: al norte la Delegación Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc; al sur Coyoacán; al este Iztapalapa e Iztacalco, y al oeste Álvaro Obregón.

## Población

La Delegación Benito Juárez cuenta con el 4.1% de la población total del Distrito Federal. De ésta, el 54.5% son mujeres y el 45.5% son hombres.

Cabe destacar que esta Delegación presenta el mejor estándar de vida para la población en el ámbito nacional, según un estudio elaborado por el Consejo Nacional de Población sobre Índices de Marginalidad.

AÑO	POBLACION TOTAL			TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL		
	DISTRITO FEDERAL	BENITO JUÁREZ		PERIODO	DISTRITO FEDERAL	BENITO JUÁREZ
NÚMERO	NÚMERO	PARICIPACIÓN PORCENTUAL				
1990	8,235,744	407,811	5	1980-1990	-0.7	-2.9
1995	8,489,007	369,956	4.4	1990-1995	0.6	-1.9
2000	8,605,239	360,478	4.2	1990-2000	0.4	-1.2
2005	8,720,916	355,017	4.1	2000-2005	0.3	-0.3

Fuente: Encuesta Origen-Destino, INEGI 2007

## Vialidad y Transporte

La vialidad primaria de la delegación Benito Juárez tiene una longitud de 102.5 kilómetros y la carpeta asfáltica pavimentada una superficie de 14, 977,023  $m^2$ , representando ambos el 13.0% y 12.2%, respectivamente, del total del Distrito Federal.

El parque vehicular de la Delegación está conformado por 311,119 vehículos automotores (INEGI, 2007), de los cuales el 96.2% son de servicio particular y solamente el 3.8% es transporte público.

La participación de la Benito Juárez en el parque vehicular total del Distrito Federal es del 10.2%, porcentaje que disminuye al 10.0% con relación a los automóviles y los camiones de carga (8.0%) y se incrementa sustancialmente con referencia a los camiones de pasajeros (64.3%).

### 4.5.5. Delegación Xochimilco

La Delegación Xochimilco, colinda al Norte con las delegaciones Coyoacán, Tlalpan e Iztapalapa; al Oriente, con Tláhuac; al Poniente, con Tlalpan; y al Sureste con Milpa Alta. Tiene una superficie de 125.2  $km^2$ , que la ubican como la tercera delegación más grande (en territorio) de la ciudad de México.

## Población

La Delegación Xochimilco cuenta con el 4.6% de la población total del Distrito Federal. De ésta, el 50.6% son mujeres y el 49.4% hombres.



La tasa de crecimiento media anual de su población durante los primeros cinco años de esta década fue de 1.8%, porcentaje menor a lo registrado en los años anteriores

AÑO	POBLACION TOTAL			TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL		
	DISTRITO FEDERAL	XOCHIMILCO		PERIODO	DISTRITO FEDERAL	XOCHIMILCO
	NÚMERO	NÚMERO	PARICIPACIÓN PORCENTUAL			
1990	8,235,744	271,151	3.3	1980-1990	-0.7	2.2
1995	8,489,007	332,314	3.9	1990-1995	0.6	4.2
2000	8,605,239	369,787	4.3	1990-2000	0.4	2.2
2005	8,720,916	404,458	4.6	2000-2005	0.3	1.8

Fuente: Encuesta Origen-Destino, INEGI 2007

### Vialidad y Transporte

La vialidad primaria de la Delegación Xochimilco tiene una longitud de 11.4 kilómetros y la carpeta asfáltica pavimentada una superficie de 4, 284,733m<sup>2</sup> , representando ambos el 1.2% y 3.7%, respectivamente, del total del Distrito Federal.

El parque vehicular de la Delegación está conformado por 98,414 vehículos automotores (INEGI, 2007), de los cuales el 94.2% son de servicio particular y solamente el 5.8% es transporte público.

La participación de Xochimilco en el parque vehicular total del Distrito Federal es de 2.3%.

#### 4.5.6. Delegación Coyoacán

Coyoacán, una de las 16 delegaciones políticas en las que se divide el Distrito Federal, se ubica en el centro geográfico de esta entidad, al sur oeste de la cuenca de México y cubre una superficie de 54.4 kilómetros cuadrados que representan el 3.6% del territorio de la capital del país.

Esta delegación limita con cinco delegaciones del Distrito Federal: Al norte con Benito Juárez, al noroeste con Iztapalapa, al oriente también con Iztapalapa; al sureste con Xochimilco; al sur con Tlalpan y al poniente con la Delegación Álvaro Obregón.

## Población

La Delegación Coyoacán cuenta con el 7.2% de la población total del Distrito Federal. De ésta, el 52.9% son mujeres y el 47.1% hombres. El número de pobladores disminuyó de 640,423 habitantes en el año 2000 a 628,063 en el 2005, por lo que entre los primeros cinco años de la actual década se tuvo un decrecimiento de la población equivalente a una tasa de -0.4 anual.

AÑO	POBLACION TOTAL			TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL		
	DISTRITO FEDERAL	COYOACAN		PERIODO	DISTRITO FEDERAL	COYOACAN
NÚMERO	NÚMERO	PARICIPACIÓN PORCENTUAL				
1990	8,235,744	640,066	7.8	1980-1990	-0.7	0.7
1995	8,489,007	653,489	7.7	1990-1995	0.6	0.4
2000	8,605,239	640,423	7.4	1990-2000	0.4	0.1
2005	8,720,916	628,063	7.2	2000-2005	0.3	-0.4

Fuente: Encuesta Origen-Destino, INEGI 2007

## Vialidad y Transporte

La vialidad primaria de la Delegación Coyoacán tiene una longitud de 70.7 km. y la carpeta asfáltica pavimentada una superficie de 8, 200, 947 m<sup>2</sup>, representando ambos el 7.8% y 7.1%, respectivamente, del total del Distrito Federal.

El parque vehicular de la Delegación está conformado por más 310,906 vehículos automotores (INEGI, 2007), de los cuales el 96.7% son de servicio particular y solamente el 3.3% es transporte público. La participación de Coyoacán en el parque vehicular total del Distrito Federal es del 9.5%, porcentaje que se incrementa al 9.9% en los automóviles y disminuye al 2.1% con relación a los camiones de pasajeros y los de carga 4.6%.

# *Capítulo 5*

## *Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros*

## **Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros**

En este capítulo se pretende dar a conocer el documento en el cual se basa la construcción de la Línea 12 del metro de la Ciudad de México, así como las principales características que tendrá en su operación, logrando con esto poder visualizar el modelo que se usara en la modelación de la demanda de este medio de transporte.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ha crecido aceleradamente desbordándose hacia su periferia, lo cual ha significado en la actualidad una conurbación de 56 municipios del Estado de México. Ello ha repercutido en un incremento significativo en las distancias de los desplazamientos de tránsito, en un incremento en la demanda de los viajes en los servicios públicos de transporte, así como en un crecimiento acelerado de los vehículos anuales adicionales tanto en el DF como en su área conurbada:

En la ZMVM, la demanda de transporte público masivo es una de las más amplias y de mayor crecimiento. En los últimos años se ha incrementado la inmovilidad al ser la velocidad media del transporte público de sólo 15 Km. /hrs. La ausencia de una oferta eficiente de transporte público tiene un efecto negativo en la calidad de vida y economía de las familias con la pérdida de las horas-persona.

El crecimiento del parque vehicular, con más de 200 mil nuevos automotores en el DF por año, hace que año tras año los tiempos de recorrido del transporte privado sean más grandes con la consecuente pérdida de tiempo para los capitalinos. La tendencia de motorización a la alza no sólo limita la capacidad del gobierno para ampliar el servicio de transporte público moderno que ofrezca seguridad y confort a la población, sino que ha provocado que el parque vehicular crezca a ritmos difícilmente alcanzables para incrementar la infraestructura vial

La problemática, en suma, tiene que ver con una alta congestión en la Ciudad de México debido al aumento del parque vehicular y a la falta de opciones de transporte público eficiente. Dicha congestión aumenta el tiempo de traslado de las personas hacia actividades productivas, genera costos a la sociedad porque tiene que financiar la ineficiencia del transporte público actual y genera elevados costos sociales en materia de contaminación atmosférica (INE, 2006; Banco Mundial-Medec, 2008).

Para poder entender mejor la problemática en la ciudad debido a la demanda de transporte masivo en los últimos años, tenemos que adentrarnos en el tema del

Sistema de Transporte Colectivo, ya que es importante conocer la historia que transcurre a lo largo de la construcción del metro en la Ciudad de México y podremos visualizar un campo más grande en la planeación que se tendrá que tomar en cuenta para poder seguir creciendo en este modo de transporte.

### **5.1 Sistema de Transporte Colectivo Metro en la ZMVM**

El Metro de la Ciudad de México es uno de los sistemas de transporte más utilizados en el mundo, excedido sólo por los de Moscú y Tokio.

La propuesta para construir el metro en la capital mexicana surge en los años cincuenta, pero no sería hasta la regencia de Alfonso Corona del Rosal cuando se da la luz verde para la construcción de un sistema de transporte masivo para la Ciudad de México.

El 29 de abril de 1967 se decreta en el Diario Oficial de la Federación la construcción del metropolitano de la Ciudad de México, controlado por una entidad dependiente del entonces Departamento del Distrito Federal, denominado "Sistema de Transporte Colectivo". La construcción iniciaría el 19 de junio del mismo año.

Es hasta dos años después, el 4 de septiembre de 1969, cuando se inaugura el primer tramo de 11.5 kilómetros y 16 estaciones, entre las estaciones Zaragoza y Chapultepec. En el transcurso de los dos siguientes años, se inaugurarían las líneas dos y tres, así como ampliar la existente línea uno hasta su presente terminal en Observatorio.

Desde ese entonces, el metro de la Ciudad de México ha estado expandiéndose constantemente.

El Sistema de Transporte Colectivo –Metro- (STC-Metro-) es el organismo encargado de la operación de este sistema. Para el año de 2006 contaba con 175 estaciones de las cuales 41 corresponden a estaciones de correspondencia. Asimismo, existen 11 estaciones terminales de correspondencia que figuran como nodos de captación o ruptura de carga. El contar con un elevado número de correspondencias y estaciones terminales con correspondencia permite agilizar el traslado de pasajeros e integrar los trayectos en el área de cobertura total, que prácticamente todas las áreas de concentración poblacional dentro del D.F. Existen 106 estaciones subterráneas 53 superficiales y 16 elevadas. Transporta diariamente 4 millones 356 mil pasajeros en día laborable en 116 mil kilómetros de recorrido.

El Metro brinda un servicio eléctrico estratégico no contaminante de transportación pública. El STC-Metro presta un servicio crucial a la población, principalmente a la de bajos ingresos debido al significativo subsidio que otorga a sus usuarios. Durante el año 2010 el subsidio otorgado por el Gobierno del Distrito Federal superó los 4 mil millones de pesos, prestando un importante apoyo a la economía de las familias de menores ingresos del DF y a los usuarios de los municipios conurbados que abordan las líneas del STC.

La red del Metro tiene conexiones todos los medios de transporte público lo cual proporciona fluidez de movimiento de pasajeros en distancias y áreas de cobertura importantes. El Metro tiene correspondencia con el Tren Ligero a través de la Línea 2 en la estación Taxqueña. Asimismo, también tiene correspondencias con corredores viales de Metrobús en varias estaciones (Glorieta Insurgentes, Estación Chilpancingo, Indios Verdes). También, el Metro tiene comunicación con el Ferrocarril Suburbano del Valle de México con las estaciones Buenavista (Línea B)

#### **5.1.1 Líneas del Sistema Metro.**

El Metro brinda un servicio eléctrico estratégico no contaminante de transportación pública mediante una red de 11 líneas, el trazo definitivo de cada línea se obtiene tomando en cuenta: el subsuelo, las instalaciones subterráneas de servicios públicos de la zona, los monumentos históricos cercanos, los restos arqueológicos ocultos, las características demográficas de los puntos que enlazan, entre otras. A continuación se hablara de cada una de estas líneas de forma general y con el fin de conocer un poco el contexto en el cual se insertara la, próximamente Línea 12 que contará con 24.5 Km.; se planeó para cubrir la movilidad en la urbe de oriente a poniente, beneficiando a 400 mil personas habitantes de las delegaciones más pobladas y de mayor crecimiento en el DF. Esta línea cuyo color distintivo será el dorado se denominará Bicentenario y será la de mayor longitud en América Latina y la más grande en construcción a nivel planetario. Una vez en operación la Línea Dorada permitirá que se dejen de emitir 400 mil toneladas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) al aire de la metrópoli por año.

- **Línea 1:** Se extiende mayormente por la zona de lago y en su extremo poniente penetra zonas de transición y de lomas denominaciones en las que se ha dividido el subsuelo de la cuenca de México según sus características mecánicas. Fue construida en 1969 y 1972 y luego se le agrego la terminal Zaragoza Pantitlán en 1984



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- Línea 2:** Cruza por el centro histórico de la ciudad de México, de manera que su trazo debió sujetarse a las posibilidades de la organización urbana; incluye un tramo subterráneo de Tacuba a Pino Suárez y otro superficial muy importante, que va de Pino Suárez a Taxqueña. Esta línea está compuesta por 24 estaciones de las cuales una es terminal definitiva, dos son de correspondencia y el resto es de paso. Tiene 23.431 km de longitud.



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- Línea 3:** Terminadas sus ampliaciones la línea 3 alcanzó los 23.609 km de longitud. En la construcción de la continuación de la línea al sur de la estación Zapata fueron utilizados tres tipos de procedimientos: superficial, de 1.5 km en la estación Universidad; 3.4 km de túnel, en las estaciones

Miguel Ángel de Quevedo y Viveros y 1.6 km de subterráneo convencional en Coyoacán y Copilco. Dos de estas estaciones dan ingreso a la UNAM.



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- **Línea 4:** Es una obra de mayor interés pues fue la primera en incluir tramos elevados. Se extiende en una zona con terrenos formados con materiales de alta compresibilidad y poca resistencia al corte: fue resuelta con traveses postensados de sección cajón coladas in situ que se apoyan en un eje central de columnas a claros que varían de 18 a 42.5 m. La obra es de 10.747 km de largo y consta de 10 estaciones.



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- **Línea 5:** Esta fue construida a principio de los años 80s, tiene un nivel intermedio de demanda. Ésta ha venido creciendo poco a poco en los 26 años que tiene en operación. Es que es la única que atiende el aeropuerto y sus transbordos son muy largos. Esto impide que los miles de usuarios que a diario despegan de la Ciudad de México puedan utilizar el metro como forma de acercamiento.





Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- Línea 6:** La construcción de esta línea fue apoyada por el procedimiento de cajón subterráneo mediante excavación a cielo abierto. También se usaron muros Milán y de acompañamiento, troqueles tubulares y de celosía como tabletas prefabricadas. La línea tiene una longitud total de 13.947 km y está conformada por 11 estaciones.



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- Línea 7:** Entre 1984 y 1988 fueron terminadas las varias etapas de la línea 7. En la construcción de su segunda época se utilizaron dos técnicas; la del método austriaco –que consiste en excavar con maquina rozadora y simultáneamente aplicar el revestimiento de concreto- y la del escudo de frente abierto –con apoyo en la cual la excavación es realizada con el empuje de gatos hidráulicos para luego revestir el terreno con dovelas de concreto.



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- Línea 8:** Está integrada por 19 estaciones. Su trazo se encuentra localizado al centro y suroriente de la Ciudad de México. Tiene dirección oriente-poniente entre las estaciones Constitución de 1917 y Atlalilco, y dirección norte-sur entre Escuadrón 201 y Garibaldi-Lagunilla. Tiene una longitud total de vía de 20,078 kilómetros, de los cuales 17,679 kilómetros son utilizados para el servicio de pasajeros y el restante se emplea para maniobras. El tipo de construcción es superficial en el tramo Aculco-Coyuya y la estación Constitución de 1917; el resto de la línea es de tipo subterránea.



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- Línea 9:** Octava línea en inaugurarse. Está integrada por 12 estaciones. Su trazo se localiza al centro de la Ciudad de México con dirección oriente-poniente. Tiene una longitud de vía de 15,375 kilómetros, de los cuales 13,033 kilómetros son utilizados para el servicio de pasajeros y el restante

se emplea para maniobras. El tipo de construcción es subterráneo en el tramo Tacubaya-Mixiuhca. De Velódromo a Pantitlán es viaducto elevado



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- Línea A:** Las especificaciones de la Línea A son distintas a las habituales en la red del Metro pues los convoyes viajan sobre rodamientos metálicos con alimentación de energía en la línea aérea: esa circunstancia demanda estaciones con espacios diferentes de los construidos para el Metro. La construcción de la línea requirió de dos procedimientos; el primero consistió en estructurar un túnel falso con muros Milán y losas de piso y techo, mientras otro se hizo con estructura de concreto hidráulico en cajón abierto con losa de fondo, muros laterales y muro de seguridad.



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

- Línea B:** Se extiende por 23.722 km y tiene 21 estaciones de las cuales seis son subterráneas, once superficiales y cuatro elevadas. En el tramo bajo el nivel medio de las calles se hicieron excavaciones de hasta 12 m

con anchos de 28 m. Este trabajo fue desarrollado por el método de muros tablestaca apuntalados, colado de losa de fondo y colado de muros y losa superior en una sola operación, lo que permitió eliminar tiempos y filtraciones. El tramo elevado se resolvió con traveses pretensados tipo cajón de 24 m de largo que van soportados por pares de columnas de hasta 9 m de altura.



Imagen obtenida de [www.metro.com](http://www.metro.com)

Entre las características con que cuenta el Metro de la Ciudad de México se encuentra que es el primer sistema que usa símbolos y colores para identificar sus estaciones. El metro de la ciudad de México es el sistema más barato en el mundo, y tiene una de las más grandes estaciones de transferencia en el mundo: Pantitlán, que es terminal de las líneas 1, 5, 9 y A.

En la tala siguiente podemos observar como esta realiza la red, desde la longitud de las líneas hasta el tipo de estaciones con las que cuenta cada uno de los tramos en el sistema<sup>41</sup>.

<sup>41</sup> libro "El metro en la Ciudad de México" de fundación ICA

## Infraestructura de la Red General de Metro en la Ciudad de México

Líneas del metro	Longitud (km)	Número total de estaciones	Est. de correspondencia	Est. subterráneas	Est. superficiales	Est. elevadas
Línea 1	18.828	20	7	19	1	0
Línea 2	23.431	24	5	14	10	0
Línea 3	23.609	21	6	17	4	0
Línea 4	10.747	10	6	0	2	8
Línea 5	15.675	13	5	4	9	0
Línea 6	13.947	11	4	10	1	0
Línea 7	18.784	14	3	13	1	0
Línea 8	20.078	19	5	14	5	0
Línea 9	15.375	12	5	8	0	4
Línea A	17.192	10	1	1	9	0
Línea B	23.722	21	5	6	11	4

Fuente: Tabla obtenida en el libro "El metro en la Ciudad de México" de fundación ICA

### 5.2 Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996

La historia del Transporte en la ciudad de México, ha constituido desde siempre un reto y una prioridad para el Gobierno de la Capital. En 1942 vivíamos en el Distrito Federal 1'800 0000 habitantes, distribuidos en una superficie urbana de 99.2 Km<sup>2</sup> Circulaban 50 mil vehículos y la convivencia entre ciudadanos era tranquila y cordial. Se vivía un ritmo diferente.

En la actualidad, cuando nos aproximamos al siglo XXI y al inicio de un nuevo milenio, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, cuenta con alrededor de 17 millones de habitantes, una mancha urbana de 1,500 km<sup>2</sup> y un parque vehicular de 3.5 millones de vehículos.

El transporte urbano de pasajeros así como la planeación y puesta en funcionamiento de este, es sin lugar a dudas uno de los problemas más grandes a los que se enfrentará las grandes ciudades contemporáneas. La Ciudad de México no ha permanecido ajena a esta problemática, misma que se ha visto agravada por una serie de factores de entre los cuales cabe mencionar:

- Crecimiento incontrolado de la mancha urbana.

- Desplazamientos de población a lugares cada vez más alejados entre si
- Falta de planeación en los usos de suelos
- Traza vehicular desarticulada
- Concentración de actividades
- Contaminación del medio ambiente.
- Mala planeación de transporte

Con esta información podemos tener una comprensión clara de los obstáculos que hay que vencer para diseñar una Red de Transporte Público que facilite la movilización de los capitalinos, ofreciéndoles un servicio no contaminante, seguro, eficiente y rápido.

El creciente número de vehículos de servicio individual ha venido a ser otro factor que agrava una situación ya deficiente, ocasionando enormes congestionamientos en casi todas las zonas del Área Metropolitana.

Con el fin de contar con un instrumento de planeación a largo plazo, debidamente sustentado, las autoridades de la ciudad, solicitan realizar un programa maestro de transporte que fuera un instrumento utilizado para determinar metas de movilidad a cubrir por el Sistema de Transporte Colectivo en diferentes horizontes a futuro. Estas metas representan las ampliaciones óptimas del servicio de acuerdo a políticas de desarrollo urbano y posibilidades de ejecución.

El hombre ha vinculado su capacidad de traslado con su propia libertad, con su propia oportunidad de ser y crecer, con su afán de conquista. En nuestro tiempo de traslado para cumplir con nuestras obligaciones cotidianas, el mundo moderno exige más productividad y tiempo para esparcimiento y, en ello, una adecuada planeación del transporte público se constituye como estrategia fundamental para el desarrollo sustentable de una de las ciudades más importantes del orbe.

Por lo tanto podemos definir el Plan Maestro del Metro y Trenes ligeros (PMMTL) como un instrumento rector, de carácter dinámico, para la ampliación sistemática de la red, congruente con el Programa Integral de Transporte y Vialidad 1995-2000 del DF y los planes y programas del Estado de México.

El propósito central de este estudio es determinar un sistema de Metro para el año 2020, que atienda la demanda pronosticada en ese horizonte, en forma tal, que la operación durante las horas de mayor captación, de ser posible, no presente sobrecargas o subutilización en sus líneas; es decir, se debe establecer un sistema equilibrado entre oferta y demanda.

<b>Red de Metro y Trenes Ligeros al año 2020</b>		
<b>LINEA</b>	<b>ORIGEN-DESTINO</b>	<b>KM DE SERVICIO</b>
<b>METRO CON RUEDA NEUMATICA (STC)</b>		
<b>1</b>	Observatorio- Pantitlán	16.654
<b>2</b>	Cuatro Caminos- Taxqueña	20.712
<b>3</b>	Indios Verdes – Ciudad Universitaria	21.279
<b>4</b>	Santa Clara – Santa Anita	14.869
<b>5</b>	Tlalnepantla - Pantitlán	20.284
<b>6</b>	El Rosario – Villa Aragón	17.049
<b>7</b>	El Rosario – San Jerónimo	22.274
<b>8</b>	Indios Verdes – Acoxpa	27.093
<b>9</b>	Observatorio – Pantitlán	14.493
<b>10</b>	Eulalia Guzmán – Cuicuilco	18.64
<b>11</b>	Santa Mónica – Bellas Artes	19.965
<b>12</b>	Santa Lucia – Constitución de 1917	16.622
<b>13</b>	Parque Naucalli – San Lázaro	17.485
<b>B</b>	Hipódromo – Ciudad Azteca	27.736
<b>METRO CON RUEDA METALICA (STC)</b>		
<b>A</b>	Pantitlán – La Paz	14.649
<b>C</b>	Cuautitlán Izcalli – El Rosario	24.9
<b>D</b>	Coacalco/Ojo de Agua – Santa Clara	27.725
<b>TREN LIGERO (STE)</b>		
<b>T-1</b>	Taxqueña – Embarcadero	14.005
<b>T-2</b>	Constitución de 1917 - Chalco	23.84
<b>T-3</b>	Villa Aragón – Emisora	16.76
<b>T-4</b>	Olivar del Conde – E. Constitucionalista	17.13
<b>T-5</b>	Pantitlán – Degollado	14.55
<b>T-6</b>	Pantitlán – Estadio Neza 86	10.56
<b>T-7</b>	Atizapán – El Rosario	9.985
<b>T-8</b>	Estadio México 86 - Emisora	13.38
<b>T-9</b>	E. Constitucionalista – Estadio Neza 86	9.205
<b>T-10</b>	Pirámides – Ciudad Azteca	11.105
<b>Red de Metro</b>		342.429
<b>Red de Trenes Ligeros</b>		140.429
<b>Total</b>		482.949

Fuente: Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996

### 5.2.1 Definición del concepto del Plan Maestro y descripción del mismo.

Un problema como el del transporte no tiene soluciones integrales inmediatas y para darle soluciones se ha elaborado un plan de vialidad y transporte, este plan contempla la necesidad de mejorar las condiciones en que actualmente se presta servicio de transporte colectivo como una manera eficiente de desalentar el uso del vehículo de transporte individual.

El objetivo que persigue este plan es dirigir los esfuerzos de desarrollo de los diferentes modos de transporte eléctrico hacia metas armónicas, optimizando los recursos, con el objetivo básico de dotar de más y mejor transporte no contaminante a los habitantes del Área Metropolitana de la Ciudad de México.



El desarrollo de una red de transporte colectivo, se va logrando paulatinamente rigiéndose por los resultados y experiencias de los sistemas que la construyen, y de los cuales, por su importancia destaca el Metro, que como es sabido al ser la columna vertebral del sistema de transporte urbano y como tal, debe contar con un programa de ampliaciones sistemático y continuo, pues solo así podrá cumplir su función articulada con los otros medios<sup>42</sup>.

Los trazos ideales que se establecen para ubicar las ampliaciones y las nuevas líneas de una red, están sujetas a modificaciones que son producto de la experiencia obtenida tanto del proyecto como de la construcción y la operación del sistema, tomando también en cuenta las prioridades de servicio a determinadas zonas urbanas, los tipos de subsuelo, las interferencias municipales y su afectación a monumentos históricos.

En 1985 la Secretaría General de Obras del Departamento del Distrito Federal presentó a través de la Comisión Vialidad de Transporte Urbano el Programa Maestro del Metro versión 1985 horizonte 2010. En este programa se estableció una longitud total del sistema de 306,285 kilómetros que incluía: 15 líneas principales de rodadura neumática; 8 líneas alimentadoras con características de tren suburbano de rodadura férrea y una línea de tren ligero.

<sup>42</sup> Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996



La Comisión de Vialidad y Transporte Urbano transfirió a la Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal la coordinación del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros el 1 de enero de 1995. El 1 de septiembre de 1995 ésta coordinación fue transferida al Sistema de Transporte Colectivo.

Como parte del Programa Integral del Transporte y Vialidad 1995-2000 del Distrito Federal, en agosto de 1996, se dio a conocer el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros versión 1996. Esta versión incluyó tres horizontes de expansión del sistema para los años 2003, 2009 y 2020, además, propuso una red de 483 kilómetros compuesta por 13 líneas de rodadura neumática, 4 de rodadura férrea y 10 líneas de tren ligero. Esto daría una red de 483 km., incluidos metro y tren ligero.

Esencialmente, el sistema propuesto consistirá en líneas urbanas, de rodadura neumática, las cuales darían servicio en los límites del Distrito Federal y algunas zonas del Estado de México. El sistema se complementaría con trenes suburbanos que darían servicio al norte de la ciudad, y trenes ligeros que dan servicio al sur y oriente. Dichas líneas ligeras fungirán como alimentadoras de las líneas de metro pesado.

Para este programa maestro del Metro se fijan los siguientes objetivos:

- Proporcionar de manera eficiente y confiable, donde la demanda lo justifique, el servicio de transporte colectivo de alta y mediana capacidades, en corredores que garanticen grandes velocidades en vías confinadas, según los lineamientos de los programas Integrales de Transporte y Vialidad del Distrito Federal y del Estado de México
- El ámbito de cobertura de este servicio será el área metropolitana de la ciudad de México (AMCM), y deberá considerar el impacto de los flujos de viajes del resto de la zona Metropolitana y de las ciudades vecinas de Toluca, Mex., Puebla., Hgo., Tlaxcala, Puebla, Cuernavaca, Cuautla, así como Querétaro.
- Conformar una Red de Metro y Trenes Ligeros que estructure el sistema de transportación de pasajeros del Área Metropolitana
- Obtener mayor beneficio social posible de las inversiones, las que deberán realizarse en la forma, lugar y tiempo que la dinámica poblacional y urbana requieran.
- Ofrecer, mediante la instrumentación del Plan, un servicio colectivo de transporte de pasajeros, de mediana y alta capacidades, que introduzcan a la disminución del uso intensivo del transporte particular, así como también

el transporte colectivo de superficie de mediana y baja capacidades, en las zonas servidas.

- Incrementar las opciones de transporte de las personas dentro de la ZMVM
- Ser el instrumento para prever la infraestructura urbana, que facilite la situación de los transportes de superficie en los corredores cuya demanda futura estimada, requería del servicio de una línea de Metro o Tren Ligero.
- Apoyar las acciones de reordenamiento de la estructura urbana.
- Facilitar la sustitución de modos de transporte.
- Incorporar la opinión de la población al proceso de planeación.

La actualización del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros permite al Sistema de Transporte Colectivo orientar claramente sus esfuerzos de crecimiento al año 2020.

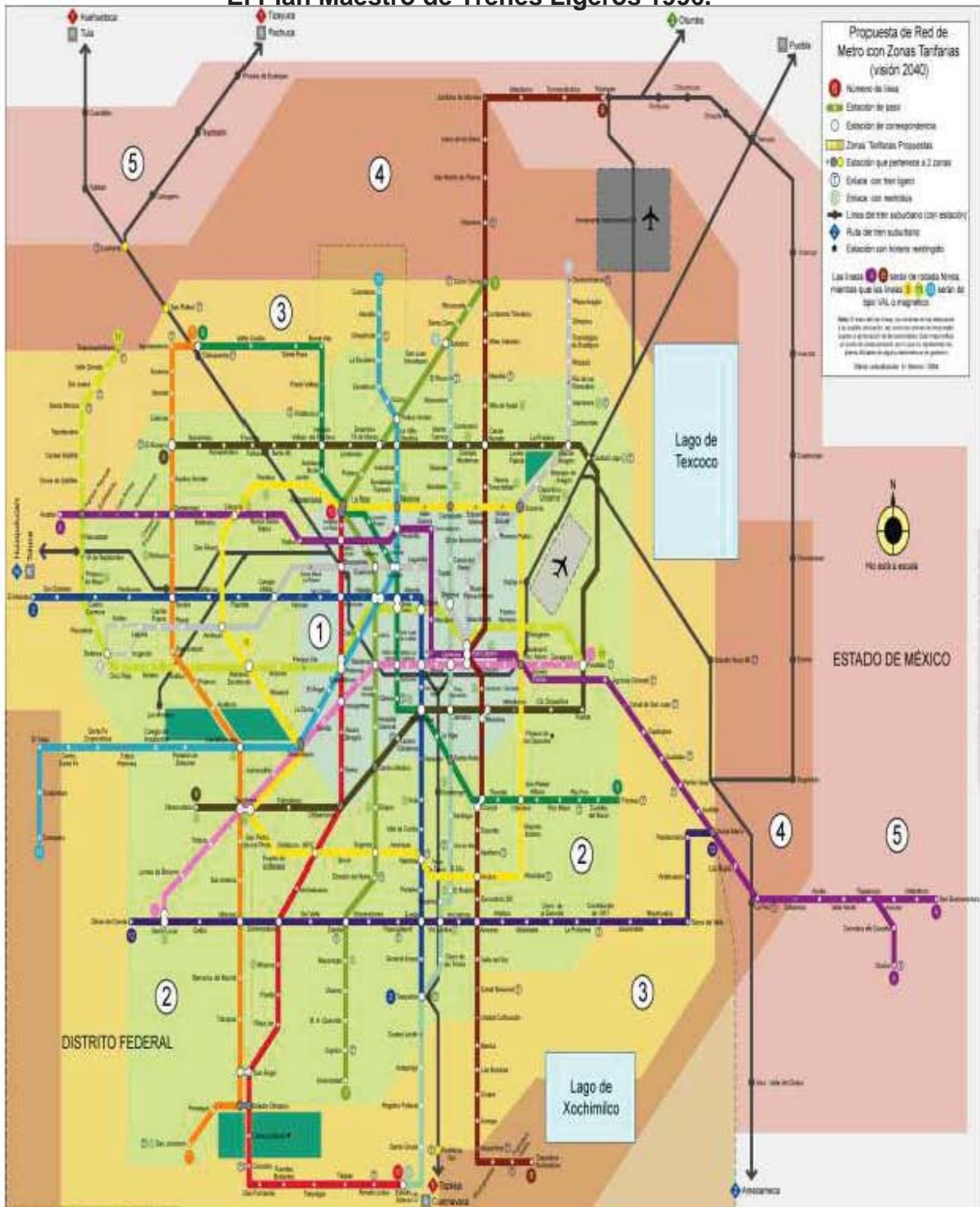
### **Área de Cobertura**

En congruencia con las políticas de desarrollo establecidas por las autoridades correspondientes, se definió a nivel local y regional, la cobertura de las redes de Metro y Trenes ligeros, contando con la opinión de diversas autoridades y organismos competentes, así como los resultados de la auscultación de la opinión pública a través de los mecanismos seleccionados.

Se concluyó que la cobertura del Metro y los Trenes ligeros, serán las 16 Delegaciones Políticas del Distrito Federal y los 28 municipios conurbados del Estado de México, que constituyen el Área Metropolitana de la Ciudad de México. Sin embargo, lo anterior no excluye la posibilidad, si así lo justifican los pronósticos de viajes en algunos corredores identificados, que esta área de cobertura sea ampliada más allá del límite fijado previamente.

Lo anterior, es producto del acelerado crecimiento urbano y demográfico de la ciudad y su área de influencia, debido a la desconcentración interna y a la concentración regional, de las actividades económicas, sociales, políticas y culturales, así como al movimiento de bienes, servicios y personas entre las diversas regiones de producción y consumo.

Imagen de cómo contemplaron las redes del metro a un horizonte de 2040 en **El Plan Maestro de Trenes Ligeros 1996.**



Fuente: El Plan Maestro de Trenes Ligeros 1996

## **Método para construir el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros**

Se efectuó mediante un análisis urbano, demográfico y económico de la situación actual, apoyando en el acervo de información recopilada anteriormente, que atendió los siguientes aspectos:

- **Marco Urbano:** crecimiento de la mancha urbana, estructura vial, barreras físicas naturales y urbanas, uso del suelo, centros, subcentros y corredores urbanos, áreas de patrimonio histórico, redes de servicio, configuración geológica y topografía.
- **Marco Demográfico:** crecimiento histórico de la población por delegación y municipio, su conformación actual, con base a los censos de población y vivienda.
- **Movilidad:** basados en los resultados de la encuesta OD-1994, así como en investigaciones propias y de organismos gubernamentales competentes, se identificó la oferta y demanda de transporte en general, tanto público como privado.

Se procedió a recabar la siguiente información de organismos públicos e instituciones privadas.

- Tendencias del crecimiento y conformación demográficas.
- Tendencias de la urbanización y los cambios en los usos del suelo
- Tendencias de incremento vehicular
- Tendencias de movilidad
- Estrategia y políticas de vialidad y transporte.

### Modelo de Transporte

Una de las etapas de mayor trascendencia en el proceso del análisis cuantitativo, fue la modelación aplicada en la planeación PMMTL, que se basó en una representación matemática de la movilidad de los habitantes de la AMCM, respecto a generación y atracción de viajes, distribución en función de satisfactorias socioeconómicos y rutas que toman para llegar a sus destinos, la que se elaboró en los tres periodos de máxima demanda: matutino, medio día y vespertino.

La batería de modelos quedo constituida por:

- **Modelo de generación de viajes;** que permitió cuantificar el número de los viajes generados por cada una de las zonas en que se subdividió la ciudad.
- **Modelo de atracción de viajes;** que sirvió para identificar las áreas de atracción de viajes, generados por cada una de los distintos de la ZMVM.
- **Modelo de distribución de viajes;** del que se genera una matriz origen-destino de viajes de la ZMVM.
- **Modelo de distribución modal;** el cual establece la distribución de los viajes para cada uno de los diversos modos de transporte y fue fusionado con los Modelos de Generación y Atracción de viajes.
- **Modelo de asignación de viajes (EMME/2);** que simula la movilidad de la población entre las diferentes zonas del AMCM y una vez calibrado, sirve de base para proyectar los escenarios solicitados.

Los insumos básicos con los que se alimentó el modelo son:

- ✓ Situación urbana actual y futura
- ✓ Población y características socioeconómicas de la misma (actuales futuras)
- ✓ Parámetros operativos del transporte público y privado
- ✓ Red esquemática de la vialidad y del transporte del AMCM

En una primera fase de la modelación, se procedió a diagnosticar la situación actual de la movilidad, haciendo ajustes mediante los parámetros operativos hasta que los resultados obtenidos reflejaron la realidad detectada. Con esto se determinó que corredores tenían alta demanda para ser atendidos por una línea de Metro o Trenes ligeros.

### **Identificación de corredores**

En esta fase se identificó una red amplia de corredores susceptibles de aceptar líneas de Metro y Trenes Ligeros. Lo anterior se hizo en función de las características físicas de los corredores y las condicionantes de ante proyecto, compatibles con el trazo y perfil de las líneas, del material rodante propuesto, las corrientes de viajes, la estructura urbana y de transporte, los polos de atracción de viajes y el área de cobertura.

La pre-red se codificó en el modelo de asignación, para determinar los atributos y características operativas de la línea en cuanto a: demanda, captaciones, polígonos descarga y transferencias.

## **Pre-evaluación oferta-demanda**

Una vez establecidos los atributos y las características operativas de los corredores detectados, se discriminaron aquellos que por demanda no justificaron su implantación, con lo que se procedió aligerar o agrupar alguno de ellos.

## **Generación de configuraciones 2020**

En esta fase se plantearon diversos esquemas de redes de los sistemas de MTL, analizando cuantitativamente, mediante el modelo de asignación, la factibilidad de cada uno, para ello, se tomaron en cuenta aspectos de cobertura, características del servicio y principalmente, la opinión y perfil de usuario potencial, a fin de optimizar la captación del Metro.

Una vez definidas las alternativas de configuración de las redes, se aplicó el Modelo de Asignación de Viajes y se obtuvieron de esta manera, indicadores que permitieron realizar la evaluación como: comportamiento de la demanda, pasajero/kilómetro de línea, sustitución de modos, parque vehicular desplazado y consumo de energéticos y contaminantes, entre otros.

## **Evaluación**

Una inversión como la que representa, requiere plena justificación a través de los beneficios logrados, inversamente a los costos que representa para sus habitantes en materia de energéticos, contaminación, horas-hombre perdidas, etc.; ante la no ejecución de las obras contempladas en dicho plan.

La evaluación de opciones y la jerarquización de las líneas que integran las configuraciones a cada horizonte, se efectuaron mediante el modelo de evaluación, en el que se incorporaron los atributos obtenidos mediante encuestas selectivas.

## **Evaluación costo – beneficio**

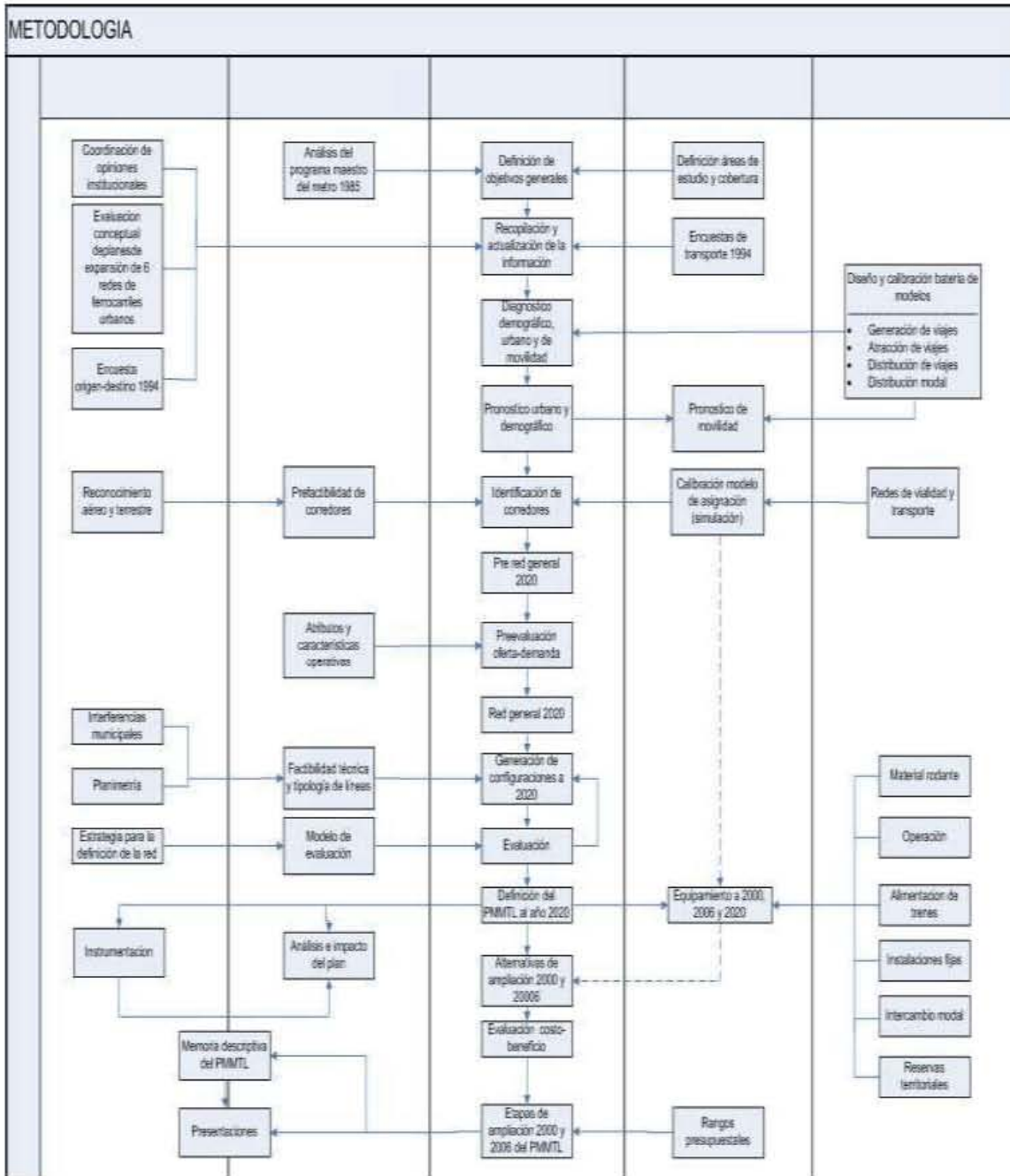
De acuerdo con los atributos del modelo de evaluación y la jerarquización de líneas, se integraron opciones de implantación por etapas para el Metro.

Los atributos son los siguientes:

- Captación global y específicas por línea
- Descongestionamiento y redistribución de líneas actuales.
- Congruencia con los programas de desarrollo urbano ecología
- Población beneficiada
- Ahorro en horas – hombre

- Costo del viaje/km construido
- Impacto social y económico

### Memoria descriptiva



Fuente: Plan Maestro del Metro edición 1996

Con el fin de contar con un documento de fácil consulta, se elaboró la presente memoria descriptiva del proceso realizado para la elaboración del presente Plan Maestro del Metro y Trenes ligeros

### **5.2.2. Consideraciones Generales del Plan Maestro de Metro y Trenes ligeros.**

Si el índice de movilidad dentro del área metropolitana se estabiliza y si se considera una hipótesis media para el crecimiento de la población, para el año 2010 se tendrá que resolver el problema que representan 22 millones de  $\frac{(\text{viajes} \cdot \text{día})}{\text{persona}}$  que nos da una idea de la magnitud del mismo.

La restructuración y el diseño de la vialidad es fundamental para que el proceso de cambio antes mencionado se realice.

Así visto el plan maestro de Metro con horizontes de planeación a 30 años, debe cumplir con los siguientes objetivos básicos:

- Abatir los tiempos de recorrido, mejorando la seguridad y comodidad
- Propiciar la restructuración urbana y el ordenamiento del uso del suelo
- Optimizar el uso de los distintos medios de transporte y de la infraestructura existente.
- Evitar que el área central de la Ciudad de México, sea la zona obligada de paso, sin despreñar su importancia, preservando la tradición de la traza histórica monumental.
- Tratar de que la infraestructura vial para los medios de transporte con motores de combustión sea lo más eficiente y expedita posible, a fin de disminuir la contaminación ambiental.
- Coordinar las obras urbanas que coincidan con los trabajos de vialidad, para evitar proyectos con justificación a corto plazo que no tomen en cuenta necesidades futuras.
- Mejorar la accesibilidad, creando más opciones de traslado a los centros de trabajo, recreación y servicio para democratizar el transporte.
- Para integrar el plan Maestro es necesario desarrollar cada uno de los subsistemas que lo componen de los cuales el metro, por sus características de operación, constituye la columna vertebral del sistema



## **Clasificación de los Sistemas**

Los sistemas ferroviarios que integran el Plan se clasificaron, de acuerdo a su capacidad de transportación de pasajeros, en dos categorías:

- Sistema de mediana y alta capacidad (Metro), de 15 000 a 60 000 pasajeros/horas/sentido
- Sistema de baja capacidad (Tren Ligero), hasta 15 000 pasajeros/horas/sentido

### **5.2.3. Estudios de campo que se realizaron para la conformación del PMMTL**

#### **Evaluación Mercadológica del Transporte de Pasajeros en el ZMVM<sup>43</sup>**

El crecimiento de la capital de país junto con sus aéreas vecinas del Estado de México e Hidalgo, han integrado la ZMVM en forma tal que la división política es solo un límite virtual.

La movilidad de esta población requiere de acciones inmediatas apoyadas en un plan que permita a las autoridades ir logrando metas y objetivos en un plazo previsto, para ofrecer a los habitantes de la ciudad y del área metropolitana, y especialmente a los de las clases económicas débiles, medios de transporte adecuados que proporcionen a la mayoría la facilidad de disponer de su tiempo con la seguridad de que el transporte no le restara gran parte de sus horas de trabajo y esparcimiento como ha sucedido hasta ahora.

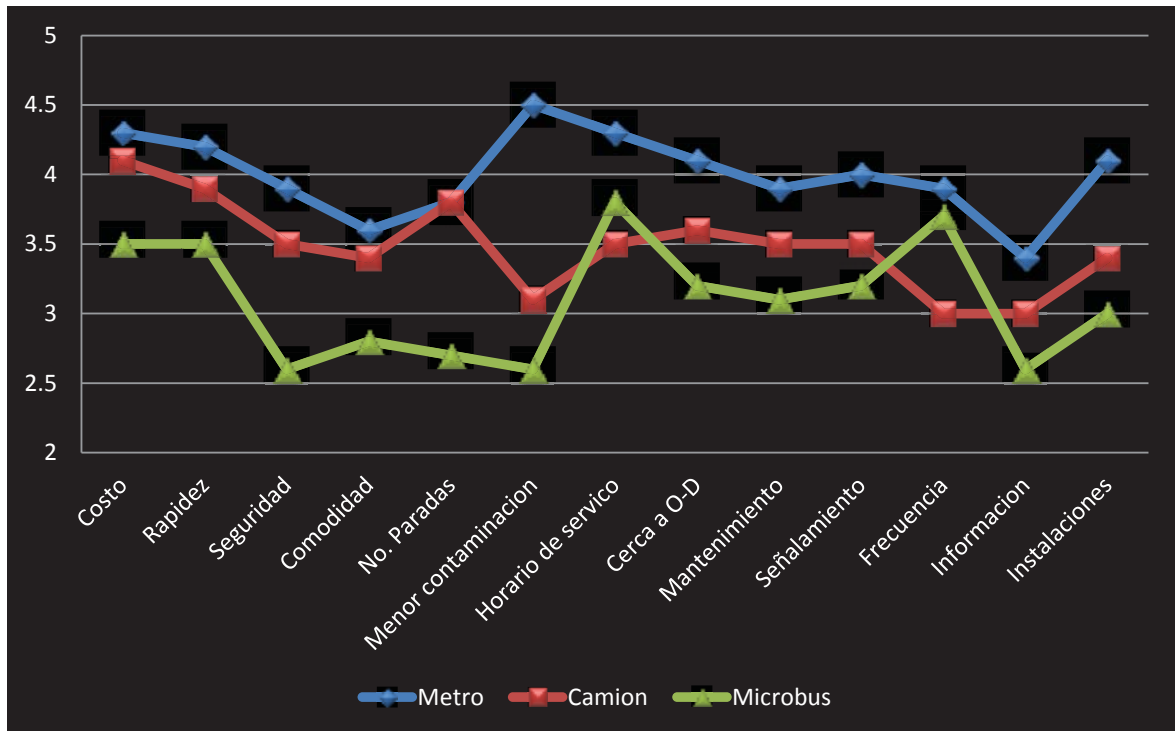
Este estudio se efectuó en algunos de los principales centros atracadores y generadores de viajes, a base de entrevistas directas de los tipos de “intercepción” y “en hogar”, con el fin de tener nuevos elementos de juicio que complementen los que aporta la EOD-94 respecto al transporte público en el ZMVM

En este estudio, se observa que los modos de transporte mejor y peor evaluados, por parte de los usuarios, fueron el Metro y los microbuses, respectivamente y que la mejor correlación de factores para elegir un modo de transporte son la cercanía al origen y destino, la seguridad, la limpieza y el costo, existiendo un importante mercado de clase media que utilizaría el servicio público de transporte en cuanto mejoren sustancialmente estos aspectos.

---

<sup>43</sup> Zona Metropolitana del Valle de México

## Evaluación de los principales modos de transporte en la ZMVM



Fuente: Plan maestro del Metro y Trenes ligeros 1996

El usuario ha tomado conciencia de la complejidad del problema del transporte en la ciudad, existe también el consenso respecto a la longitud excesiva que se tiene que cambiar para efectuar transbordos y a que se requieren acortar los intervalos de paso en el Metro.

Las conclusiones de este estudio, de las que se exponen solamente las más importantes, fueron muy útiles para normar criterios durante las diversas etapas de planeación del Programa, ya que llevaron a elaborar recomendaciones con enfoque mercadológico:

- Se debe aplicar una solución integral al problema del transporte público en el AMCM
- Se debe fomentar el uso de los modos de transporte menos contaminantes.
- Se debe ampliar la cobertura del Metro a la periferia de la mancha urbana.
- Es recomendable establecer un sistema de control y seguridad más eficiente, dentro y fuera de las instalaciones del Metro.
- Se debe apoyar al Metro con líneas de trolebuses y autobuses urbanos que corran paralelas a él, cuando la demanda lo justifique.

## **Parámetros Operativos Público.**

Este estudio se efectuó con objeto de obtener indicadores relacionados con la operación del servicio de transporte público y privado en los principales corredores del AMCM, a fin de calibrar el Modelo de Asignación de Transporte. Los muestreos fueron realizados en los periodos de mayor demanda (matutino: 7:00 a 10:00, medio día: 12:00 a 15:00 y vespertino-nocturno: 17:00 a 20:00 hrs). Una vez analizados los resultados obtenidos, las principales conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes:

En la mayoría de los casos, los mejores promedios de velocidad se verificaron durante el periodo del mediodía (12 a 15 hrs) y los más bajos a lo largo del vespertino – nocturno (17 a 20 hrs).

En el Metro, el promedio de velocidad de operación más alto se registra en la línea A, en el periodo del medio día (42.5 km/hrs) y el más bajo durante el vespertino (39.8 km/hrs) que no obstante, es más alto que el de cualquier otro sistema de superficie.

El Metro obtuvo tiempos de espera ponderados de 100 a 116 segundos, los que varían por línea y periodo, siendo ligeramente más bajo en el matutino y mayor en el de mediodía.

Finalmente, se detectó que el índice general de ocupación, en el caso del automóvil particular, fue de 1.7 pasajeros/unidad y que la longitud promedio de los usuarios del Metro que viajan en la red, es de 8.5 km (8 estaciones).

## **Flujos en las estaciones de correspondencia del metro.**

Este estudio se realizó en las 44 estaciones de correspondencia de las nueve líneas del Metro, de la línea A y el Tren Ligerero a base de 67,876 entrevistas directas, con el fin de tener elementos de juicio para calibrar y posteriormente, validar los resultados del Modelo de Asignación.

De las 8:00 a las 9:00 hrs y de las 18:00 a 19:00 hrs se cubre el 70% de la capacitación diaria y el mayor volumen de transbordos se presenta en las líneas 1, 2, 3 y 9, donde se efectúa en promedio el 38% de la capacitación local.

En las dos horas de máxima demanda, se detectó que las estaciones en las que más usuarios abordan fueron: Pantitlán con más de 30 000, Indios Verdes con más de 20000 y Cuatro Caminos, Centro Médico, El Rosario, Observatorio, Zaragoza y Tacubaya con más de 10000.

## **Polígonos de carga en el Metro**

En este estudio, se observó que la línea 1 presenta el mayor volumen de carga por tramo del sistema, al registrar 46.365 pasajeros/hora/sentido en el tramo Merced – Pino Suarez después esta la línea 3 con 40.969 pasajeros/hora/sentido en el tramo Guerrero – Hidalgo, les siguen la línea 9 con 32.392 pasajeros, las líneas 6,7, 8 y A cuyos volúmenes fluctúan entre 10 y 20 mil pasajeros, las líneas 4 y 5 con un rango de 5 a 9 mil y por último el tren ligero con menos de 2 mil.

El lapso de mayor concentración de usuarios se dio entre las 8:00 y las 9:00hr y entre las 18:00 y las 19:00 horas presentándose en todas las líneas una demanda de tipo pendular, en la que por las mañanas hay desequilibrio de un sentido respecto al otro y por la tarde, se invierte el fenómeno, a excepción de la línea 2, cuyas demandas en ambos sentidos se mantienen equilibradas en el transcurso de todo el día.

### **Estudios de aforos vehiculares**

El objetivo de este estudio, fue conocer la demanda de los flujos vehiculares en los principales corredores que conforman la red vial del AMCM, para lo que se aforaron las principales unidades que conforman la línea 12 mediante el método de conteo directo de las unidades, sin incluir movimientos direccionales.

La composición vehicular estuvo integrada por el automóvil particular, los taxis libres y de sitio, los autobuses de transporte público de pasajeros de tipo urbano y suburbano, el trolebús, el taxi colectivo de ruta (combi y microbús) y los vehículos pesados.

Las horas de aforos máximos varían por regiones, pero en términos generales, están en el siguiente rango: de las 7:15 a las 9:00 am, para el periodo matutino; de las 13:00 a las 16:45 hrs, para el periodo del mediodía y de las 17:30 a las 19:45 para el periodo vespertino-nocturno; cuando se presenta entre el 21 y el 24% de la demanda total diaria.

Las vialidades que destacan por presentar en los tres periodos estudiados, demandas superiores a 5000 vehículos/hora/sentido, en diversos tramos, fueron: Anillo Periférico, Calzada Vallejo, Circuito Interior, Av. Cuauhtémoc, Calza. de Tlalpan.

Las que presentan demandas entre 4 y 5 mil vehículos/horas/sentido, en al menos 2 periodos, fueron, Eje Central, Insurgentes Sur, Eje 6 Sur.

Por último, las que presentaron demandas entre 3 y 4 mil en cuando menos dos de los periodos estudiados, fueron División del Norte.

### **Diagnóstico de estudios de campo**

El mayor crecimiento del DF, se presenta en las Delegaciones de la zona sur, que crecen a un ritmo conjunto superior al 2%, destacando Tláhuac, Tlalpan, Cuajimalpa y Xochimilco, y dado que en esta zona se encuentran las mayores reservas ecológicas, agrícolas y urbanas, se perfila como la de crecimiento natural para esta entidad.

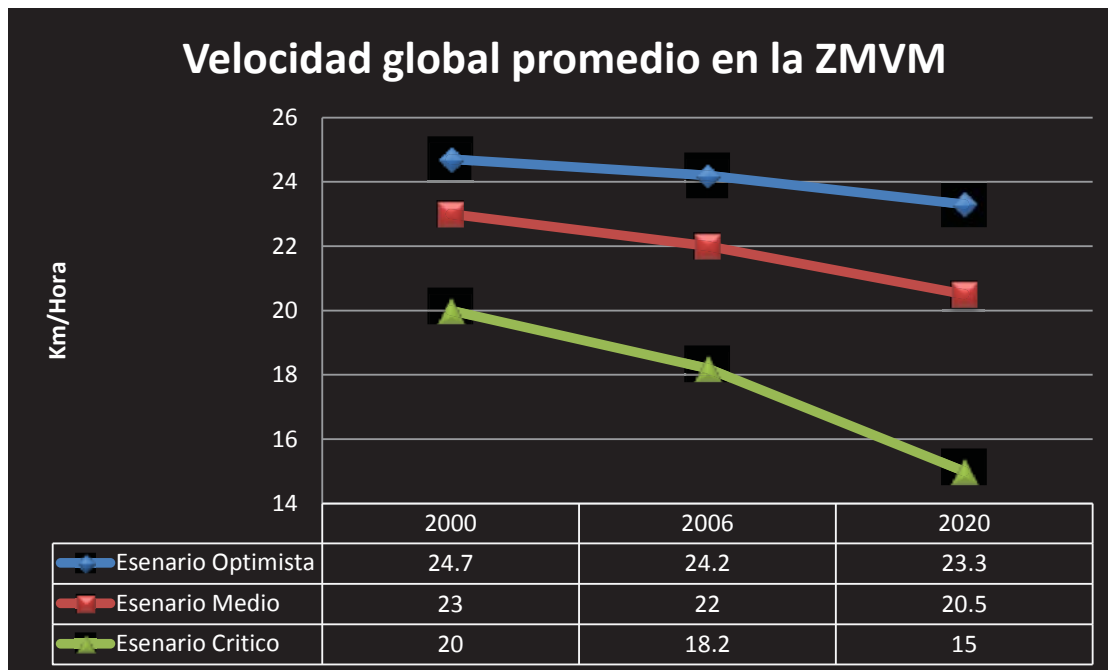
**Marco Urbano:** La metrópoli aumenta su radio de influencia hacia municipios ubicados dentro de la Zona Metropolitana (ZMCM) que, sin ser absorbidos por la mancha urbana, tienen una alta dependencia económica y social de ella.

**Movilidad:** El diagnóstico de la movilidad se basó en los resultados de las encuestas de Origen- Destino, al viajar, a menudo se usan varios modos de transporte que, considerados como “tramos de viaje”. En la distribución de viajes por grupos de edad, el grupo que más viaja es el de personas de 25 a 60 años, ya que con una participación relativa del 44%, genera el 53.2% de los viajes, seguido por el grupo entre 19 y 24 años con el 24% y de 6 a 18 años que genera el 18.6% de viajes.

El tiempo promedio diario de traslado en el Área Metropolitana fue de 1 hora, 50 min. Repartidas en viajes de 44 min. de duración promedio, que indican un total de 16.04 millones de horas – hombre utilizadas en traslados diarios.

La estructura de los modelos empleados para determinar a futuro la generación y atracción de los viajes entre las diversas zonas en que se subdividió el Área Metropolitana, está constituida por el número de habitantes asentados en la región analizada, la extensión territorial que esta ocupa y los usos del suelo que la constituyen, entre otros.

**Parámetros operativos del transporte:** Respecto a la velocidad global promedio en el Área Metropolitana, se irá reduciendo paulatinamente, conforme se incremente el parque vehicular, ya que se prevé pasara de un rango de entre 23.3 y 24.7 km/hrs en el año 2000, a otro menor que fluctuara entre 15 y 20 km/hrs en el horizonte 2020, según la hipótesis crítica u optimista que se tome como base.



Fuente: Estudio de Parámetros operativos del Transporte, ICA Ingeniería 1994

En el primer caso, se observa que las líneas de Metro y Trenes ligeros, son las que tendrán las mayores velocidades de operación, las cuales se mantendrán constantes a lo largo del tiempo, todos los demás modos de transportes sufrirán decrementos en mayor o menor grado.

### Condicionantes de Anteproyecto

Una vez efectuado el reconocimiento terrestre de cada uno de los corredores considerados, se realizó el análisis a fin de identificar los que cumplían, además, con los siguientes requisitos:

1. Contar con una sección transversal mínima de 10.50 m de arroyo vehicular, en los tramos considerados.
2. Tener el ancho suficiente para albergar estaciones de paso con secciones transversales mínimas a paramentos, de 18.50 m.
3. Presentar continuidad física, o posibilidad de crearla.
4. De preferencia, ser corredores de transporte colectivo de superficie.
5. No deberían alojar líneas de energéticos derivados del petróleo (oleoductos o gasoductos).
6. En el caso de corredores que se cruzan con líneas subterráneas existentes del Metro, deberían permitir la realización de una nueva línea, en un nivel inmediato hacia abajo.

### Modelación

Durante la calibración, se consideró conveniente, por razones de ajuste, fusionar el modelo de distribución modal con los de generación y atracción, en donde se incorporaron los siguientes aspectos:

- 1) **Accesibilidad:** se refiere a la ubicación relativa de los usos del suelo y su factibilidad o dificultad de acceso a través de la red de transporte.
- 2) **Generación de tránsito de una zona:** es un indicador de la cantidad de pasajeros y vehículos que la visitan durante un periodo determinado.
- 3) **Patrón espacial de tránsito:** depende de la ubicación de usos del suelo complementarios y de las restricciones del movimiento entre estos, lo que representa una independencia. La movilidad entre dos zonas depende de la intensidad del uso del suelo y está en razón inversa a la distancia que las separa, como efecto friccionante.
- 4) **Selección de modos y rutas de transporte** considera la tendencia del usuario a evitar las inconveniencias de cualquier viaje, como el costo el tiempo, la incomodidad, el riesgo y la incertidumbre y su inclinación por el modo o la combinación de estos, que las minimicen.

El tránsito de la red de transporte reduce la capacidad del sistema, lo que se traduce en mayores tiempos de traslado, esta reducción es una función no lineal de los volúmenes transportados. Con lo anterior, la modelación del transporte en función del uso del suelo, tuvo 3 tipos de variables:

- **Factores Socioeconómicos:** población, empleos, escolaridad, ingresos y tendencias de automóvil.
- **Tránsito:** medido como el número de pasajeros.
- **Transporte:** principalmente tiempos y costos e viaje.

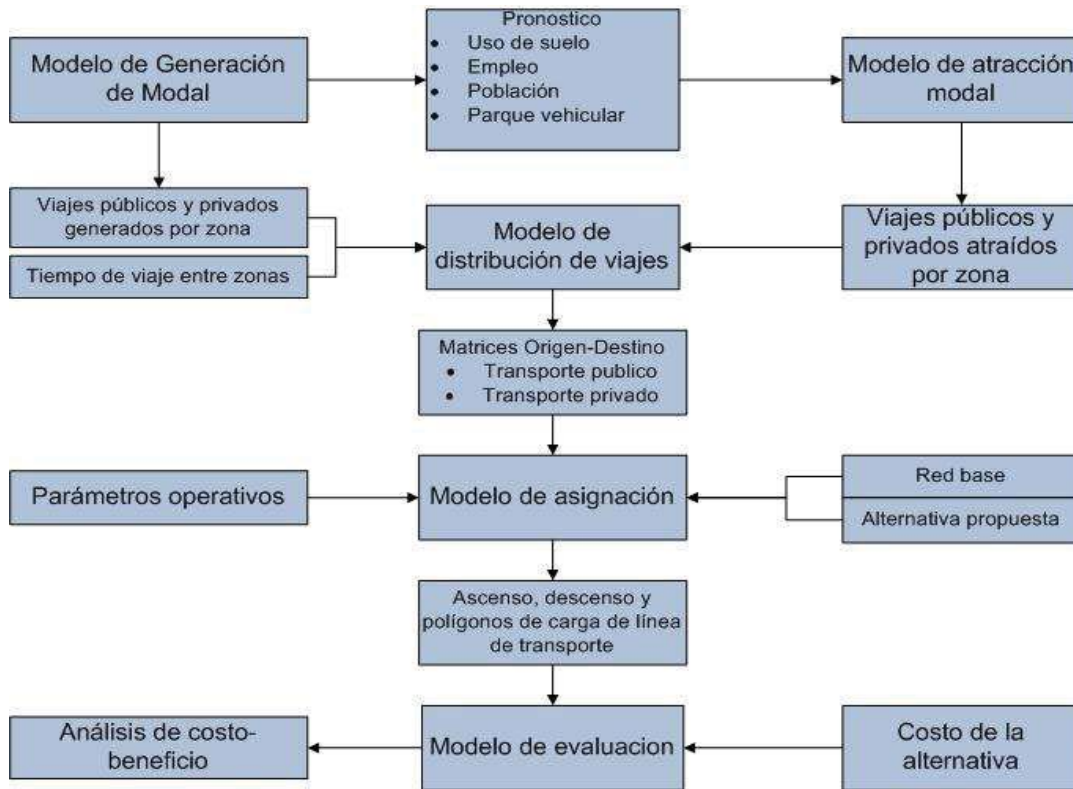
El producto final del modelo general del transporte es la asignación de viajes a los diferentes horizontes del estudio, para cada modo y ruta de transporte. Para los procesos de los modelos, interesa conocer el origen y destino de cada viaje en atención al horario y el motivo de ellos, por lo que solo se consideraron viajes sencillos; habiéndose definido los pasajeros o usuarios del sistema como personas mayores de cinco años y clasificados los motivos de viaje en: trabajo, escuela, regreso a casa y otros (compras, recreación, servicios, etc.)

**Modelos de Generación y Atracción:** Cuantificar el número de viajes que se generan o atraen, en función de las características de la población, uso del suelo y condiciones socioeconómicas de las zonas de análisis.

**Modelos de distribución de viajes:** Sirvió para pronosticar el número de viajes entre cada par de origen y destino. Es un modelo gravitacional y se basa en la premisa de que los viajes entre un par de zonas de origen y destino, son

proporcionales de generación y atracción de dichas zonas y disminuyen en función de distancia, el tiempo de viaje, el costo y en general, de cualquier factor que mida las dificultades presentadas al mismo.

### Proceso de modelación de una configuración.



Fuente: Plan Maestro del Metro 1996

**Modelo de Asignación de Viajes.** Para este proceso, fue utilizado el modelo canadiense denominado EMME/2, cuya capacidad comercial permitió procesar la información del Área Metropolitana y que es una expresión algorítmica en computadora, mediante la cual se busca la ruta de menor esfuerzo o mínima, que representa el recorrido de los usuarios entre un origen y un destino, con base en su mayor ventaja con respecto a otras rutas posibles, asignándoles los volúmenes



de movimiento que ocurren entre parejas de sectores, lo que da por resultado el conjunto de carga de cada rama de la red de transporte.

En cada línea del sistema, el esquema de carga por línea suele representarse en un histograma denominado “polígono de carga”.

El objeto de este modelo es calcular el flujo de viajes debido a cambios en la oferta y demanda de transporte para cada horizonte de estudio en la ZMVM y determinar las alternativas del PMMTL.

Este modelo se alimentó con la matriz origen- destino, la red vial, la red de transporte público, los modos de transporte de pasajeros (privado y público), las líneas PMMTL y las características operativas, detectadas de la encuesta origen – destino y los estudios de transporte efectuados para la elaboración de este plan.

Ya incorporada al modelo la información descrita, se procesó a un horizonte futuro, efectuando el comparativo entre los datos calculados y los reales obtenidos a través de los estudios, para posteriormente, mediante un proceso iterativo, calibrar el modelo, modificando los parámetros operativos: tiempo, de parada, velocidad a pie, relación volumen – tiempo de viaje y la capacidad de vehículos, hasta obtener resultados similares a los reales.

Asimismo, se obtuvieron ascensos y descensos en nodos; el flujo esperado en cada rama de la red, los tiempos probables de viaje y el tipo de vehículo utilizado, para cada horizonte considerado. El modelo se procesó con los datos de población y uso del suelo 2020 para definir los corredores de más demanda, determinando el esquema de movilidad.

#### **5.2.4 Evaluación Mercadológica del Transporte de Pasajeros en la ZMVM**

La red obtenida mediante el proceso de modelación descrito anteriormente, debe tener una jerarquización en la que se definan aquellos corredores de mayor importancia, con base en un orden de valor preestablecido.

##### **Modelo de Evaluación**

El Plan Maestro de Metro y Trenes ligeros considera la evaluación de las alternativas propuestas a diversos horizontes, para que las autoridades puedan definir prioridades y estén en capacidad de decidir y actuar conforme a las recomendaciones del Plan.

Para ello, se contó con una herramienta de análisis, la cual permitió evaluar las alternativas y seleccionar los cursos de acción, en consideración a la disponibilidad presupuestal del sector, en cada horizonte de proyecto.

Con tal propósito, en coordinación con las autoridades, se seleccionaron especialistas y técnicos de diversos organismos e instituciones, de reconocido prestigio y con conocimiento profundo del problema del transporte público de pasajeros (decisores), los cuales participaron teniendo la función de integrar una lista de atributos que debían considerarse en el modelo, para una vez definidos, llegar a un consenso sobre su ponderación en valores numéricos.

Este equipo debió tomar decisiones sobre las recomendaciones del PMMTL, para los horizontes 2000, 2006 y 2020, las cuales incluyen las configuraciones de líneas, equipo rodante y tecnología, así como la secuencia de construcción, tomando en cuenta que las ampliaciones de la red, debían estar supeditadas a la disponibilidad presupuestal de cada horizonte.

Una vez integrado este equipo se propuso un listado inicial de atributos (cualidades de las alternativas) para determinar los beneficios globales de las propuestas.

Este primer listado se generó de acuerdo con los objetivos generales y particulares del PMMTL, el cual fue analizado, adicionado y discutido por el equipo, y se llegó al siguiente listado definitivo de atributos:

- a) **Captación:** Es la captación promedio de pasajeros en un día laborable de la alternativa analizada, para cada horizonte considerado.
- b) **Ahorro en horas – hombre:** Corresponde al total de ahorro de horas hombre dedicadas por los usuarios al transporte en una alternativa respecto a otra.
- c) **Redistribución de cargas al sistema:** Es el índice de variabilidad de la utilización de líneas en el periodo de mayor afluencia para una alternativa seleccionada.
- d) **Concordancia con planes de desarrollo urbano:** Es una medida subjetiva de identificación del trazo de las líneas de una alternativa, con los planes de desarrollo urbano vigentes.
- e) **Sustitución de vehículos de superficie.** Es la diferencia entre el total de vehículos públicos y privados por kilómetro de superficie sin alternativa, contra los eliminados por la alternativa analizada. Lo anterior tendrá como consecuencia, la reducción en el consumo de combustibles y en la descarga de contaminantes en la atmosfera, así como la descongestión en la red vial.
- f) **Servicio a zonas de bajos recursos.** Es la población de bajos ingresos, beneficiada por el trazo de las líneas en cada una de las alternativas analizadas.

- g) **Afectaciones:** Son las adquisiciones obligadas del entorno urbano que demanda la alternativa para su factibilidad, como viviendas, servicios o ecológicas.

La captación es el atributo al que se concede mayor importancia, seguido del ahorro en horas hombre y posteriormente el de sustitución de vehículos de superficie.

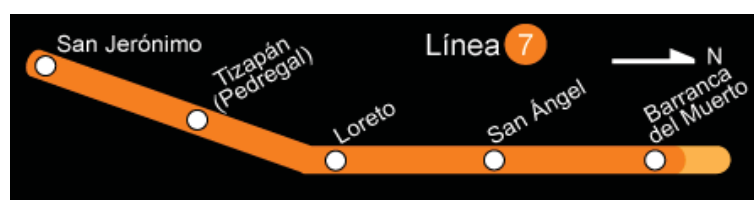
### 5.2.5 Proyectos prioritarios que se manejan en el PMMTL, para la ampliación del Metro

A continuación se presentan los proyectos actuales que el STC tiene contemplados como prioritarios. Naturalmente, estos planes pueden estar sujetos a modificación dependiendo de los recursos necesarios disponibles, además de posibles revisiones al Plan Maestro y a los cambios que se puedan realizar en la Ciudad de México en el proceso de planeación.

Siguientes tramos a construir<sup>44</sup>:

- **Línea 7: Barranca del Muerto - San Jerónimo**

Esta extensión dará servicio sobre todo a la zona de San Ángel y Tizapán en la delegación Álvaro Obregón, beneficiando a esta zona de la ciudad con 4 nuevas estaciones: San Ángel, Loreto, Tizapán (o Pedregal) y San Jerónimo. A partir de Barranca del Muerto, la línea continuaría bajo Avenida Revolución hasta la altura Av. San Jerónimo, donde se enfilará al oeste. La línea terminará a la altura de la glorieta de San Jerónimo. La longitud de este tramo es de aproximadamente 5.5 Kilómetros



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

<sup>44</sup> **Línea 7:** Barranca del Muerto - San Jerónimo, **Línea 8:** Garibaldi - Indios Verdes, **Línea 8:** Escuadrón 201 - Acoxpa, **Línea 12:** Mixcoac - Atlatlico, **Línea T2:** Constitución de 1917 - Buena Suerte

### Línea 8 norte: Garibaldi - Indios Verdes

Esta extensión dará servicio a las delegaciones Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero, siguiendo el trazo de Paseo de la Reforma y su continuación Calzada de Guadalupe. Finalmente, pasaría por debajo de la zona de las basílicas en La Villa, para enfilarse a la calle Cantera, donde terminaría a la altura de Insurgentes. Estaría conformada por 6 estaciones: Nonoalco, Peralvillo, Misterios, Industrial, La Villa - Basílica e Indios Verdes. Una estación adicional, *Guadalupe Tepeyac*, puede contemplarse en esta extensión. La extensión de este tramo es de aproximadamente 6.2 kilómetros.



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

- **Línea 8 sur: Escuadrón 201 - Acoxpa**

Esta extensión dará servicio a las delegaciones Iztapalapa, Coyoacán y parte de Tlalpan. A partir de la actual línea 8, continuará por Eje 3 Oriente (Arneses, Carlota Armero) hasta Calzada de la Virgen, donde se perfilará hacia el oeste hasta llegar al Eje 2 Oriente (Calza. de la Salud, Miramontes), continuando hacia el sur, hasta llegar a Calzada Acoxpa, donde finalizará el trazado sobre esta avenida. Se tienen contempladas las siguientes estaciones: Del Paso (Arneses), Ganaderos (Valle del Sur), Canal Nacional, Santa Ana - Culhuacán, Marina, Las Bombas, Coapa y Acoxpa. Este tramo será de 9.2 kilómetros aproximadamente.



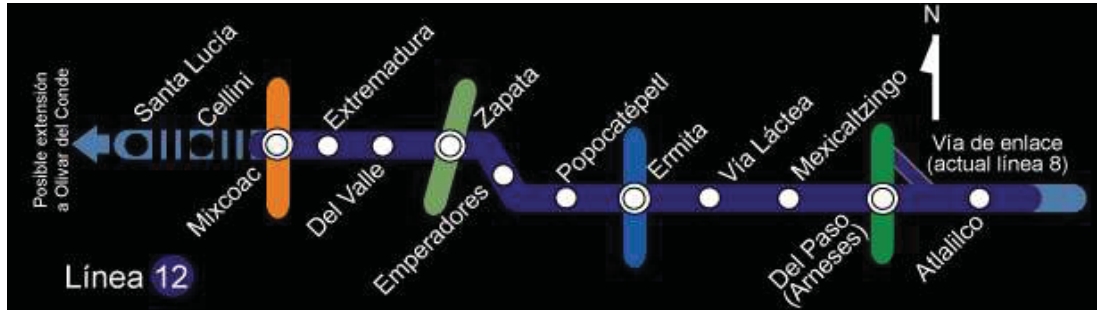
Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

- **Línea 12: Mixcoac - Atlalilco**

Esta extensión dará servicio a las delegaciones Iztapalapa y Benito Juárez, creando una nueva conexión este-oeste para el sur de la ciudad. Este tramo sin duda aliviará los problemas de desplazamiento a la altura de los Ejes 7 y 8 Sur.

Su recorrido irá por Calzada Ermita Iztapalapa y su continuación Popocatepetl (Eje 8 Sur). Tomaría luego un tramo de División del Norte hasta Emiliano Zapata, para continuar hacia el oeste por Eje 7 Sur (Félix Cuevas, Extremadura), hasta Mixcoac.

Se planea continuar esta línea por el Ferrocarril a Cuernavaca, hasta llegar a Avenida Río Becerra, donde estará la otra terminal. Otra opción, más factible, podría ser continuar la línea por Benvenuto Cellini y la Av. Santa Lucía hasta Olivar del Conde. Consistirá de las siguientes estaciones (hacia el oeste a partir de Atlalilco): Del Paso (Arneses), Mexicaltzingo, Vía Láctea, Ermita, Popocatepetl, Pirineos (Emperadores), Zapata, Del Valle (Hospital 20 de Noviembre), Extremadura y Mixcoac. Una eventual extensión a Olivar del Conde al oeste, y a Santa Marta al este, son también factibles. La extensión del primer tramo será de 10 kilómetros.



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

**Fecha de ejecución:** La posible fecha de inicio de construcción sería postergada para el 2004, para dar prioridad al segundo piso del Viaducto y Periférico. Su conclusión puede fijarse en el segundo semestre del 2006.

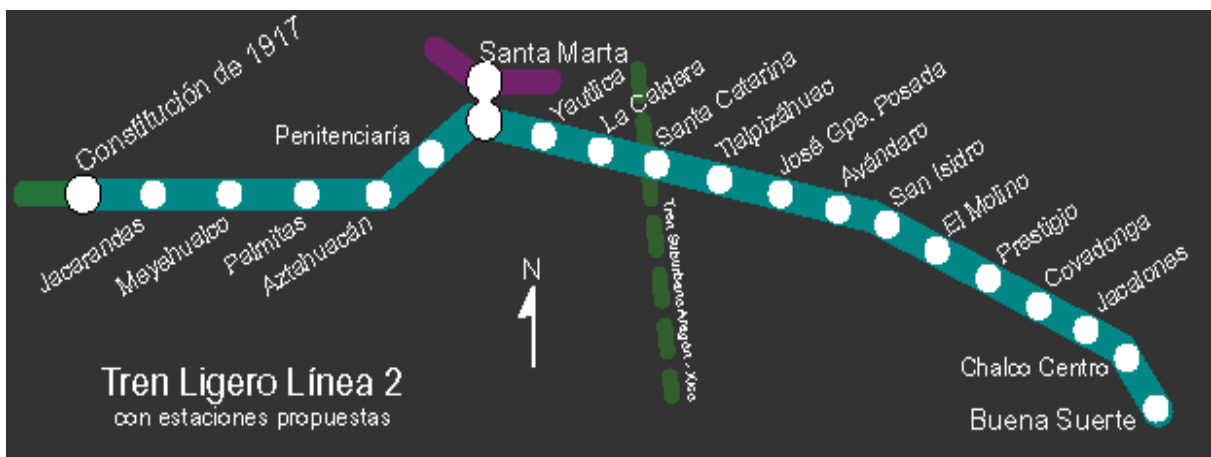
- **Línea T2: Constitución de 1917 - Buena Suerte**

Esta línea de tren ligero dará servicio a la zona oriente de la ciudad. No sólo los municipios de La Paz, Valle de Chalco y Chalco serán beneficiados, pero rutas alimentadoras de municipios vecinos como Ixtapaluca e incluso Amecameca podrán beneficiarse con esta línea.

La conexión con las líneas 8 (próximamente línea 12) y A del metro permitirá el acceso al sur o al centro de la ciudad de manera rápida, propiciando el descongestionamiento de la calzada Ignacio Zaragoza.

La extensión aproximada de esta línea será de 20 kilómetros. Se planea el trazo de esta línea por la Calza. Ermita Iztapalapa hasta su entronque con la Autopista México-Puebla. Se tiene planeado continuar esta línea por la Autopista, pasando por la parte norte de del municipio de Valle de Chalco.

A la altura del cerro "El Elefante", tomaría la Av. Solidaridad, continuando en línea recta hasta llegar al centro de Chalco, para terminar en el conjunto habitacional "Bosques de Chalco", en la calle de Buena Suerte.



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

En el esquema se proponen estaciones, las cuales se encontrarían a una distancia promedio de 1 km., siguiendo el trazo mencionado en el párrafo anterior. Se podría incluso pensar en la posibilidad de continuar la línea 8 o 12 por Ermita Iztapalapa hasta Santa Marta, y construir el tren ligero a partir de esta estación. De esta forma, Santa Marta sería una estación integral dando servicio a 3 líneas.

Una posibilidad, la cual también es factible, es la extensión de la línea 12 hasta Santa Marta, con la consecuente extensión de la línea A desde La Paz hasta Ixtapaluca y Chalco. Virtualmente, el recorrido sería el mismo, además de ofrecer la posibilidad de usar equipo de mayor capacidad, y contrarrestar la actual baja afluencia de pasajeros en la línea A. Otra ventaja adicional, sobre todo logística, consiste en evitar cerrar secciones de la autopista México - Puebla durante la construcción de la obra.



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

### 5.2.6 Puntos a valorar en el Plan Maestro del metro y Trenes Ligeros

El Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM) es uno de los desarrollos urbanos más extensos del mundo, ya que tiene una longitud extrema norte-sur, de 53km (Tepozotlan-Topilejo) y de 45km en el sentido este-oeste (Chalco-Chamapa), que nos hace suponer recorridos medios de desplazamiento de 15 a 17 km y con tendencia creciente, ya que su continuo urbano sigue expandiéndose para satisfacer las necesidades del suelo, derivadas de su ritmo de crecimiento demográfico, que aunque en descenso, sobre todo si lo comparamos con el de las décadas pasadas, aún sigue siendo importante.

Ante esta situación y la evidente insuficiencia y deficiencia del transporte público de superficie, una parte de sus habitantes utilizan en gran medida el automóvil como modo de traslado. La ciudad, a pesar de las inversiones para mejorar la infraestructura vial, esta se encuentra en permanente rezago respecto a los requerimientos que le impone el acelerado desarrollo vehicular y urbano.

Para corregir lo anterior, los sistemas de transporte de alta y medias capacidades, como el Metro, adquieren importancia vital, al conjugar traslados masivos rápidos y a grandes distancias, con beneficio para los usuarios y el gobierno de la ciudad.

Como es del conocimiento general, el Metro y los Trenes Ligeros no resuelven por si mismos el transporte masivo de la Metrópoli; sin embargo, son el eje sobre el cual se deben reordenar los demás sistemas y lograr una coordinación eficiente y suficiente de los modos de superficie, que dé cobertura al Área Metropolitana.

Como cualquier sistema de transporte, un plan maestro proyecta las líneas a construirse, para de esta manera satisfacer una demanda de transporte cada vez en crecimiento. En 1977 el primer Plan Maestro, solamente incluía la construcción de líneas dentro de los límites del Distrito Federal.

Esta restricción, a la larga, tiene sus consecuencias en el sistema. Las líneas que fueron construidas entre 1978 (la 4) y 1986 (ampliación de la línea 6 a Martín Carrera) sólo son utilizadas por la quinta parte de los usuarios. Hay que comparar el número de estaciones que comprende cada línea, y se notará que existe una clara correlación entre el número de estaciones y el número de pasajeros. Convendría estudiar la situación actual de ciertas líneas del metro, y de ahí sacar conclusiones de cómo mejorar estos escenarios.

- La línea 4 es la más corta del sistema<sup>45</sup> y la menos utilizada. Su terminal norte (Martín Carrera) se ubica a 3 kilómetros de la frontera del Estado de México, mientras que Santa Anita apenas se ubica por debajo del Viaducto Miguel Alemán. Esta línea dejó de ampliarse en 1982. El plan maestro sólo contempla su expansión por el norte, mientras por el sur su terminal original iba a ser Acoxta
- La línea 5 tiene una participación regular en el sistema<sup>46</sup>, al conectar zonas como el aeropuerto, la franja norte del Circuito Interior. Sin embargo, hay que notar nuevamente la cercanía con el Edomex: Pantitlán se ubica a kilómetro y medio del municipio de Nezahualcóyotl (además de poseer el paradero más grande de la red). En el plan maestro se contempla su eventual extensión a Tlalnepantla (o más bien al límite del DF con este municipio), pero en la visión al 2009. Esta línea dejó de expandirse en 1982.
- La línea 6 también es una de las de menor participación de la red (3% de los usuarios) y la segunda más corta del sistema (11 estaciones). Aunque da servicio a la zona norte del DF, y enlaza zonas clave como La Villa y Vallejo, también se encuentra subutilizada. La terminal de El Rosario se ubica apenas a dos kilómetros del límite con el Edomex. (esta línea bien pudo haberse expandido hacia la zona de Puente de Vigas usando la radial Aquiles Serdán). Se considera una expansión hacia el este de Martín Carrera hasta Villa de Aragón en el largo plazo.
- A pesar de que la línea A cumple su papel como una línea suburbana, al parecer no ha tenido una buena respuesta. Incluso líneas como la 7, la 8 y la 9 han tenido mayor participación en la red. Esta línea tiene la mayor separación entre estaciones (un promedio de 1700 metros), además de que se tiene que pagar un boleto adicional en caso de transbordar con el metro "urbano".

---

<sup>45</sup> Cuenta con 10 estaciones y la utiliza el 2.5% de los usuarios , según cifras del STC

<sup>46</sup> La utilizan el 5% de los usuarios



El resto de las líneas han cumplido más o menos bien su participación: la 7 como conectora del poniente de la ciudad, la 8 como enlace entre el sureste y el centro de la ciudad, y la 9 como alternativa a la línea 1 para trasladarse de oriente a poniente y viceversa. Cada una de estas líneas tiene una participación de entre 6 y 8.3% en el sistema.

El plan integral visualiza una forma de atender la demanda y mejorar los niveles de servicio en una unidad geo-económica dentro del valle de México cuyos límites jurisdiccionales no deben ya ser obstáculo.

Este plan, para mantenerlo actualizado, requerirá de revisiones sistemáticas, que permitan adecuarlo a las cambiantes condiciones de la ZMVM, por lo que se establecerá las etapas de ampliación de la red del Metro y Trenes Ligeros y preverá la infraestructura urbana, con el objeto de optimizar las inversiones, a fin de lograr un mayor beneficio social en la aplicación de recursos.

De igual manera, determina restricciones en los alineamientos de los predios y reserva de estos, que servirán para las instalaciones de apoyo a la futura red. Por último, es aconsejable la evaluación periódica de las ampliaciones para calibrar y adecuar las hipótesis de partida y los patrones vigentes de movilidad.

El análisis cuantitativo de la demanda de transporte, fueron los resultados de la encuesta origen-destino, levantada por el INEGI a mediados de 1994, se obtuvo información sobre la movilidad en la ZMVM en cuanto a:

- Magnitudes de la generación y atracción de viajes
- Distribución modal
- Horas y periodos de máxima demanda
- Características generales de los viajes: motivo, frecuencia, modos de transportación, duración y densidad, entre otros

A continuación describo los tramos que abarcan las líneas según el plan maestro oficial de metro 1996, así como la prioridad que tiene en éste: **1** si se contempla a 5 años, **2** si se contempla a 10 años, **3** si se contempla a 20 años.

Descripción	Prioridad	Comentario
Ampliación entre Martín Carrera y Villa de Aragón, conectando con la línea B	3	Se ha considerado construir una ramal hacia San Felipe de Jesús, pero esta opción se ha descartado por proyectarse poca afluencia.
Extensión desde Barranca del Muerto a San Jerónimo (glorieta del asta)	1	Si se cumple el plan maestro, este tramo podría entrar en servicio hacia el 2006.

bandera).		
Construcción del tramo Garibaldi - Indios Verdes.	1	Posible apertura hacia el 2006. Se debe considerar una posible expansión hacia el norte, para evitar la sobresaturación del paradero de Indios Verdes.
Extensión de la línea desde Escuadrón 201 hasta Acoxta.	1	Existe la propuesta que este tramo mejor forme parte de la línea 12, respetando el trazo de la línea 8.
Extensión de Tacubaya a Observatorio	2	Se recomienda extender esta línea hacia el occidente, para evitar la saturación del paradero de Observatorio y de la Central Camionera de Occidente. También es factible extenderla al oriente hacia Cd. Nezahualcóyotl.
Línea construida bajo la Avenida de los Insurgentes, desde Eulalia Guzmán (Eje 2 Nte.) hasta Cuicuilco.	2	Originalmente línea 15 en el Plan Maestro original, pensaba conectar ciertas zonas de Azcapotzalco vía Avenida Jardín. Hay que considerar la ampliación de esta línea hasta La Raza, y posiblemente crear un servicio conjunto con la línea 3. Por otro lado, se debe también de pensar la extensión de la línea desde Cuicuilco hasta la salida a Cuernavaca, para dar servicio a Tlalpan.
<b>Construcción del tramo Mixcoac - Atlalilco</b>	<b>1</b>	<b>Cuando se inaugure, el tramo existente entre Atlalilco y Constitución de 1917 será parte de esta línea, Aunque existe la propuesta de respetando el trazado actual de la línea 8, y continuar la línea 12 hasta Acoxta. Eventualmente se extendería esta línea hasta el pueblo de Santa Lucía (Álvaro Obregón).</b>
Línea San Lázaro - Echeagaray	3	Posiblemente tomará Anillo de Circunvalación (Eje 1 Oriente) hasta Canal del Norte (Eje 2 Nte.), toda esta avenida hasta Calzada Camarones. Pasaría por la glorieta de Clavería, y tomará Eje 3 Norte (la continuación de Camarones) en toda su extensión, hasta llegar a la colonia Echeagaray y terminar en Periférico a la altura de Parque Naucalli. Esta línea podría estar sujeta a modificaciones.
Extensión de la línea de Buenavista al Hipódromo de las Américas.	3	Continuaría por Eje 1 Nte., pasando por debajo de la escuela Normal, la calle Felipe Carrillo Puerto y luego tomar el derecho de vía del F.C. a Cuernavaca. Finalmente, tomaría el Blvd. Cervantes Saavedra para tener su terminal a un costado del Hipódromo.
Línea suburbana El Rosario - Cuautitlán Izcalli	3	De no ser construido el tren suburbano, tomaría derecho de vía del Ferrocarril México - Querétaro hasta Lechería, donde podría tomar una desviación por Miguel Hidalgo, para luego enfilarse en la Av. Jorge Jiménez Cantú (uno de los ejes norte-sur de Cuautitlán Izcalli). Como alternativa, podría irse vía Gustavo Baz hasta Lechería. Adicionalmente, hay que considerar una extensión a Tepetzotlán.
Tren Ligero Iztapalapa - Chalco	2	Conectaría la estación de Constitución de 1917 con el Valle de Chalco. Es posible la conexión con la línea A en Santa Marta. Es la siguiente línea de tren ligero en prioridad.

Fuente: Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros

### **5.3. El Programa Integral de Transporte y Vialidad (PITV) 2007-2012 del Distrito Federal**

Es el documento rector para la planeación de la movilidad y su infraestructura en el Distrito Federal. Se ha diseñado con perspectiva de equidad social y urbana, recuperación del medio ambiente y visión metropolitana.

En la concepción del Programa se incorporaron principios básicos de planeación estratégica, pues la planeación como proceso dinámico debe observar y adaptarse a desafíos y oportunidades externas e internas así como a la dinámica demanda social que enfrenta el gobierno.

Por lo anterior, el PITV se articula en torno a cuatro Líneas Estratégicas que resumen los propósitos básicos que orientan el Programa en su conjunto.

Las Líneas Estratégicas que articulan al Programa Integral de Transporte y Vialidad 2007-2012 responden a problemáticas centrales de la movilidad en la ciudad y son cuatro:

1. Impulso a la movilidad colectiva y disminución de emisiones contaminantes por transporte público.
2. Derecho a una movilidad incluyente y hacia la sustentabilidad.
3. Transporte y su infraestructura para un nuevo orden urbano.
4. Modernización del servicio a usuarios, la gestión y eficiencia tecnológica.

La Visión Estratégica del presente Programa se fundamenta en una serie de Subprogramas que permiten sentar las bases para la transformación profunda del transporte público del Distrito Federal con una visión de largo plazo, socialmente incluyente y metropolitana.

Por ello, el centro de las cuatro líneas estratégicas del PITV 2007-2012 consisten en el impulso de alternativas de Transporte Público de Calidad y Elevada Capacidad, que adicionalmente sean amables con el medio ambiente, promuevan un nuevo orden urbano, la recuperación del espacio público y se acompañen de opciones de movilidad alternativa.

Componentes fundamentales de la Estrategia al año 2012 de este Programa son la Línea 12 “Bicentenario” del STC-Metro y la implantación de 10 líneas del Sistema Metrobús. La expansión del Sistema Metrobús proyecta disponer para final de este gobierno de una red de Metrobús con una longitud similar a la red del

STC-Metro que se incrementará hasta 225 kilómetros de vías dobles al entrar en servicio la Línea 12.

Los resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, indican la intensificación de los desplazamientos metropolitanos y que el destino prioritario de los mismos continúa siendo el Distrito Federal que atrae, entre otros, casi 70% de los viajes metropolitanos por motivo laboral y 60%<sup>47</sup> de los correspondientes a estudio<sup>19</sup>, por ello los Subprogramas que promueven Transporte Público de Elevada Capacidad y Calidad, contienen como elemento sustantivo una visión metropolitana.

Las Estrategias contenidas en este Programa Integral enfatizan por lo que respecta a la gestión, control y administración del transporte la utilización de nuevas tecnologías y la informatización de los procesos que minimicen la discrecionalidad y maximicen la seguridad y adecuada atención al público

### **5.3.1 Líneas estratégicas del PITV<sup>48</sup>**

El gobierno de la Ciudad de México ha adquirido el compromiso de conservar y proteger el medioambiente de la Ciudad de México, para ello resulta de fundamental importancia disminuir la emisión de contaminantes por fuentes móviles. Igualmente se requiere que el espacio público, utilizado de manera privilegiada por el automóvil, sea recuperado para la sociedad en su conjunto.

Esto será posible, en gran medida, si logramos que disminuya el uso privilegiado del automóvil particular en la movilidad cotidiana. Como primer paso para ello, el transporte público debe tener ventajas evidentes sobre la movilidad individual particular.

El Gobierno del Distrito Federal ha tomado la decisión de promover una política integral para incrementar y fortalecer el transporte público de calidad, con una perspectiva metropolitana.

Los Objetivos que se plantea este programa son ampliar y mejorar la Red de Transporte Público Gubernamental, con opciones de elevada capacidad y calidad, que tenga ventajas sobre la movilidad individual, para así poder disminuir emisiones contaminantes por pasajero transportado.

---

<sup>47</sup> Estudio de demanda para la línea 12, SETRAVI, con datos de la Encuesta Origen-Destino, 2007

<sup>48</sup> Programa Integral de Transporte y Vialidad

**Los subprogramas que se mencionan en este documento son:**

1. Ampliación del Servicio del STC-Metro: Línea 12.
2. Sistema Metrobús: integración de hasta 10 corredores.
3. Corredor Cero Emisiones en Eje Central.
4. Corredor Cero Emisiones Eje 2 – 2A Sur.
5. Corredor Cero Emisiones Ampliación Eje Central.
6. Corredores de Transporte Público Concesionado.
7. Tranvía de nueva generación.
8. Redistribución de rutas de la RTP, Trolebús y otros servicios.
9. Aumento de la disponibilidad y número de los trenes del STC.
10. Incremento de la capacidad de traslado del Tren Ligero.

Como se podrá ver la ampliación del Sistema de Transporte Colectivo Metro es la principal prioridad dentro de los planes y estrategias que tiene el gobierno del Distrito Federal. La construcción, operación y mantenimiento de la Línea 12 se le está designado la mayor parte del presupuesto en cuestión de transporte, ya que con esto se estará beneficiando a millones de usuarios que viajan del sur de la ciudad al sur-oriente de la ciudad, así como también al medio ambiente al reducir el número de vehículos que se utilizaban para trasladar a dicha ciudadanía.

# *Capítulo 6*

*Análisis de las  
alternativas de  
trazo evaluadas  
para la Línea 12  
del metro*

## **Análisis de las Alternativas de trazo evaluadas para la Línea 12 del Metro**

El propósito en este capítulo es revisar que tan bien cubren las alternativas la demanda deseada del proyecto de la Línea 12.

La simulación se llevó a cabo con el modelo de previsión de tráfico Emme2. Puesto que la matriz del INEGI que se logró de la encuesta de Origen-Destino es poco detallada en el área de estudio (2.5 km a los lados del eje de la línea 12) se llevaron a cabo encuestas y aforos para conocer con precisión la captación en el transporte público en esta área, como se mostró en capítulos anteriores. Cabe destacar que el área de encuestas se limitó a una zona rectangular que cubre la línea 12 a 2.5 km a los lados de su eje.

Estos resultados se integraron a la matriz del INEGI, completando así la matriz original con zonas más pequeñas, necesarias al estudio de modelación.

Cuando se calculó la matriz y fue incorporada a Emme2 la red de transporte público en esta zona fue objeto de una nueva calibración.

Para el análisis de estos criterios de demanda, los estudios que se realizaron en el anteproyecto de la construcción de la Línea 12 bicentenario fueron:

- Análisis del crecimiento demográfico y del transporte urbano en la ZMVM;
- El diagnóstico de la situación actual del Transporte Colectivo de superficie en el área de influencia de la futura Línea 12 mediante la recopilación de datos en campo
- Movilidad de la población según las encuestas origen - destino realizadas por INEGI en 2007
- Estudio de Actualización de la demanda
- Estudio de Impacto Ambiental, Ingeniería básica, proyecto operativo, especificaciones.
- Estudio de Impacto Urbano para la construcción de la Línea 12
- Encuesta denominada Consulta verde. Realizada en Julio 2007
- Estudio de pre factibilidad de línea 12 ACOXPA – MIXCOAC realizada por Systra (2000-2002).

- Proyección de la Línea 12; según el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros (actualizado en 1997)
- Encuesta de Origen y Destino 1994.
- Análisis de sensibilidad de la demanda con el modelo de transporte EMME/2.

### **6.1. La red modelada**

Se compone del conjunto de vías primarias que conecta los diferentes sectores de la ciudad. Esta red fue completada en el sector de análisis, incluyéndose todas las vías utilizadas por las líneas de transporte colectivo aforadas y vías secundarias próximas a las líneas de transporte.

Así la red se compuso de 2560 nodos y 7390 arcos. El conjunto de estos nodos y arcos representa:

- La red primaria
- Las líneas del metro
- Los recorridos de los diferentes modos de transporte dentro del sector de estudio
- Las uniones peatonales entre los centroides de las zonas y la red vial
- Las uniones peatonales entre las estaciones de metro de correspondencia
- Las uniones peatonales entre las estaciones de metro y la red vial.

Los diferentes modos modelados fueron la marcha a pie, el metro, el autobús, el microbús, el Metrobús, y el trolebús. Los diferentes transportes colectivos que se modelarían tienen trayectos, intervalos y velocidades promedio definidas. Los modos que poseen estos datos son los que entran en la categoría “transit” del modelo. La marcha a pie es el único modo que no posee estos datos ya que se considera que no tiene un trayecto definido a la vez que su velocidad es constante sobre cualquier arco de la red. Este modo es así considerado “Auxiliary transit” para el modelo Emme2, el modo microbús se considera también como “Auxiliary transit”, pero con una velocidad superior a la marcha a pie.

### **6.2 Zonificación**

Se realizó una nueva zonificación más detallada del área de estudio para poder representar la zonificación de las encuestas origen-destino. Esta zonificación comprende 60 zonas.



Se definieron tres niveles de zonificación diferente, que corresponden a tres niveles de proximidad respecto de la zona de estudio.

- Zonificación “macro o lejana”: comprende 9 zonas situadas en la periferia de la ciudad y agrupa zonas que no tienen contacto con las líneas del metro (AGEE)
- Zonificación “cercana”: comprende las zonas próximas al área de estudio atravesadas por el metro, son 68 zonas (AGEM).
- Zonificación “micro o dentro del área de estudio”: corresponde a las zonas de la encuesta Origen- Destino llevada a cabo durante el estudio. Esta zona “fina” comprende 23 zonas (AGEB)..

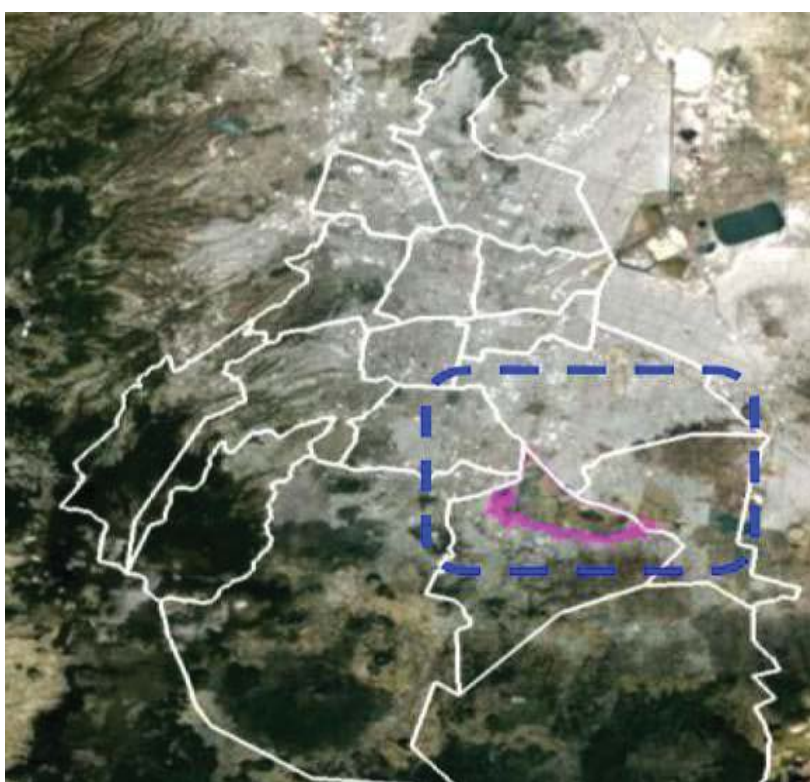


Imagen obtenida en internet.

Estas últimas constituyen la unidad fundamental del Marco Geoestadístico<sup>49</sup>, el cual se ajusta, en lo posible, a los límites municipales y estatales de la división

---

<sup>49</sup>El Marco Geoestadístico Nacional es un sistema que permite relacionar la información estadística con el espacio geográfico correspondiente, divide al territorio nacional en áreas de fácil identificación en campo y es adecuado para las actividades de captación de información.

político-administrativa del país y que a su vez fueron de utilidad en la división que se hizo para este proyecto.

Al hacer estudios a detalle del área externa, se deberá tomar en cuenta también una política de control de usos del suelo, pues no se puede dejar de lado el hecho de que la frecuencia y el tipo de viajes que se generan o que se atraen, son función de las actividades que se realizan en cada sitio.

### **6.3 La matriz de viajes**

La estructura de la matriz surgió de la encuesta Origen-Destino realizada por el INEGI en 2007 y 1994 sobre un total de 135 zonas. Luego, en función de las dos encuestas complementarias llevadas a cabo para el estudio de la línea 12, esta matriz fue corregida y afinada en función de los resultados de las encuestas.

### **6.4 La calibración**

La calibración permitió representar los flujos de viaje aforados a partir del cordón y las líneas pantalla dentro del área estudiada. Esta calibración se completó con los datos sobre afluencia en el metro, para las líneas existentes en el área de encuestas.

Los tipos de aforos que se utilizaron en este proyecto son:

- **Aforo Cordón:** consiste en determinar un cordón imaginario que rodeara el eje sur de la línea 12 a dos kilómetros, sobre él se determinan puntos que serían de aforo visual de vehículos de transporte colectivo, de manera a conocer la carga y el tipo de unidades que entran y salen de la zona de análisis. Se determinaron 18 puntos de aforo, todos con dos sentidos de ubicación. Esto servirá para poder calibrar el modelo en EMME/2. Este aforo se realizó de lunes a jueves de 6 a 10 am, para así obtener el periodo de máxima demanda.
- **Aforo Pantalla:** este se realizó en el interior del cordón sobre 3 líneas pantalla que interceptan las vialidades paralelas al eje sur de la línea 12. Se visualizaron de norte-sur y sur-norte durante todo el día, esto nos ayuda a saber la demanda sobre los ejes en días hábiles. Se aforaron 14 puntos (todos en doble sentido) ya que en 14 puntos las líneas pantalla interceptan a vialidades de gran importancia para el transporte público.

Tipo de encuesta o aforo	Contenido	Resultados esperados	Utilidad para el estudio.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aforos de Ascenso y Descenso.</li> <li>• Aforos Cordón</li> <li>• Aforos de líneas pantallas</li> <li>• Encuesta origen destino en transporte de superficie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 34 líneas adoradas de 6a 10 hs.</li> <li>• Aforos exhaustivos sobre 18n puntos del cordón de 6 a 10 hs.</li> <li>• Aforos exhaustivos sobre 3 líneas pantalla de 6 a 22 hs.</li> <li>• Entrevistas a bordo de vehículos en los ejes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas horarias de las líneas de transporte de superficie paralelas a la línea 12. Polígono de cargas de la línea</li> <li>• Volúmenes de pasajeros que entran y salen del cordón.</li> <li>• Captación horaria de las líneas de transporte de superficie. Perfil de la utilización durante el día de transporte de superficie.</li> <li>• Origen destino de los usuarios. Duración de los viajes. Motivo de desplazamiento. Salario mensual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibración del modelo. Información para el dimensionamiento del sistema</li> <li>• Captación de la hora de demanda máxima. Corrección de la matriz demanda</li> <li>• Captación de la hora de máxima demanda. Cálculo del porcentaje de captación en la hora de máxima demanda.</li> <li>• Creación de una matriz detallada para la zona corregida por los aforos. Calibración de tiempo. Validación de la muestra</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio de la demanda del transporte, INEGI 2007

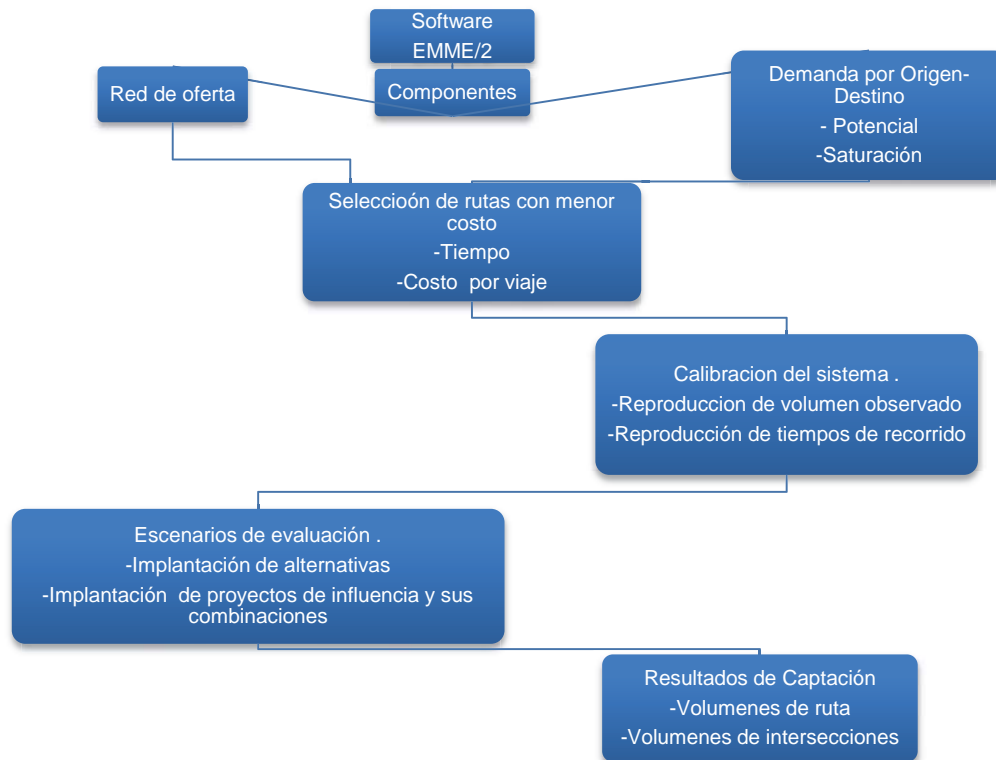
Los resultados de estos aforos mostraron el comportamiento de la demanda en las diferentes paradas de transporte. También observamos que la carga promedio de los vehículos en los tramos de análisis ocupan solo la mitad de su capacidad, evidenciando para este sector una sobre-oferta en transporte. Sin embargo esto puede obedecer a una mucha mayor carga de los vehículos en los tramos siguientes de los derroteros posteriores al cordón de análisis, ya que en todos los casos se trata de rutas de gran longitud.

Las cifras obtenidas en los aforos cordón y pantalla muestran movimientos importantes para el costado Oriente del cordón por donde entran hasta 11600 pasajeros por hora.

Los valores de carga promedio de las línea de transporte colectivo encuestado durante los ascensos- descensos permitirán calibrar las nuevas rutas de transporte que podrían ser modernizadas, para un mejor funcionamiento de este.

Cuando se calibran todos estos datos en conjunto con el modelo de previsión de trafico EMME/2 para conocer con exactitud la captación que tendrá la futura línea en su recorrido y así poder obtener la misma a horizontes futuros.

### Diagrama de modelo de demanda (modelo de simulación) EMME/2



Fuente: Diagrama obtenido de estudio de Cal y Mayor y Asociados "SISTEMA CARRETERO DEL ORIENTE,"

### 6.5. Aplicación de Modelos matemáticos en la Planeación del transporte.

Este tema tiene diversos enfoques, sin embargo, también hay una deficiencia generalizada: el concepto es demasiado abstracto y no considera realmente la naturaleza intrínsecamente espacial del fenómeno de transporte.

Por otra parte, se debe reconocer que uno de los problemas centrales de la teoría es conocer la demanda total, es decir, la demanda que enfrenta toda la economía y no la que genera una sola persona. Una primera respuesta diría que la demanda total no es sino la suma de las demandas individuales.

La meta del proceso de planeación de la transportación es asistir a los gobiernos en proveer un sistema de transporte adecuado a un costo aceptable

La modelización de la demanda implica la preparación de unos modelos matemáticos que permitan simular:

- Escenarios temporales
- Escenarios de actuación

Los proyectos de planeación de transportación usualmente involucran un procedimiento de cuatro pasos para estimar los movimientos y los viajes.

- **Modelos de generación/atracción de viajes** que pretenden determinar los viajes que produce (residentes) o atrae (trabajo, ocio, comercial, turismo y otros) una determinada zona. En ocasiones se prescinde de esta etapa y se inicia el proceso en la siguiente directamente.
- **Modelo de distribución** que permite obtener las matrices origen-destino futuras.
- **Modelo o modelos de reparto modal.** Se utiliza para determinar la respuesta a la elección modal por los usuarios
- **El modelo de asignación** es el que sirve para definir la ruta que seguirán los viajes.

#### **6.5.1. Construcción y Ajuste del Modelo de Asignación para estimar la demanda de la Línea 12**

El proceso de simulación de la situación prevaleciente durante la construcción de la Línea 12 del Metro, requirió de la construcción de un modelo de asignación. La metodología que describe la Figura que se expone brevemente a continuación, se empleó con la finalidad de disponer de una herramienta de simulación que permite analizar las variaciones de tiempos de recorrido y vehículos kilómetros durante la construcción de la Línea 12 a partir del método de asignación. Esta herramienta permite asignar los viajes, del vehículo particular y del transporte público, a una red de vialidades y de rutas de transporte a partir de sus características de desempeño siguiendo un criterio de equilibrio o situación de referencia la cual se alcanza cuando ningún usuarios puede reducir sus tiempos o costo generalizado

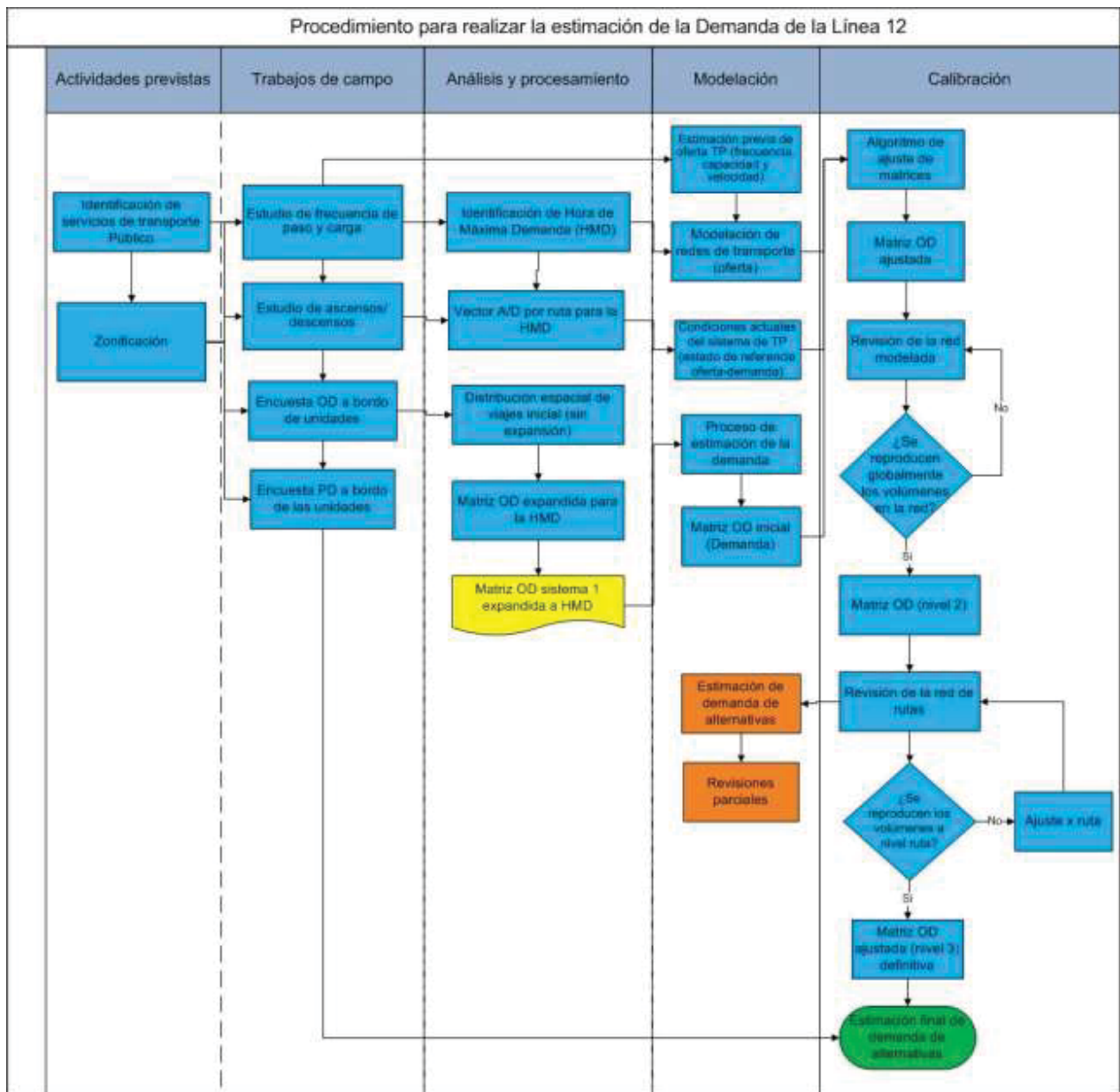
de viaje cambiando la ruta a seguir<sup>50</sup>. A partir de esta consideración, el impacto inducido por el proceso de construcción es obtenido por la diferencia entre los indicadores de desempeño de tiempo de recorrido y vehículos kilómetros recorridos entre la situación actual y diferentes escenarios de construcción de la obra de la línea 12. Esta diferencia se expande para reflejar las condiciones de circulación en diferentes periodos del día (horas pico y valle) y en diferentes días (laborales, sábados y domingos) de la semana con lo que se pueden obtener valoraciones anualizadas de los impactos económicos, sociales y ambientales generados por la construcción de la obra.

El proceso de construcción y ajuste del modelo de asignación se basó en cuatro estudios relacionados con el sistema de transporte, mismos que fueron realizados en diferentes momentos de planeación del proyecto; e información de la EOD2007:

- Gobierno del Distrito Federal (2008) Estudio de Movilidad Línea 12 Tláhuac-Mixcoac. Informe elaborado por ICA, ALSTOM, SICSA.
- CIECAS-IPN/METRO-STC (2009), Estudio de reordenamiento de Transporte Público de Pasajeros para la Línea 12 Tláhuac-Mixcoac. Memoria Técnica, México D.F.
- Consultoría Metropolitana de Ingeniería (2008) Diagnóstico de la operación del tránsito. Tramo: Tláhuac-Mixcoac. Anteproyecto geométrico de soluciones a la vialidad coincidente y complementaria de los cruces importantes y conflictivos que se deriven del proyecto y de la construcción de la Línea 12 del Metro.
- Encuesta Origen Destino de Zona Metropolitana de la Ciudad de México levantada por el INEGI. (EOD2007). Se utilizó la información correspondiente a la zona de influencia de la construcción de la L12 del Metro.

---

<sup>50</sup> Primer principio de Wardrop



Fuente: Estudio de demanda SCT.

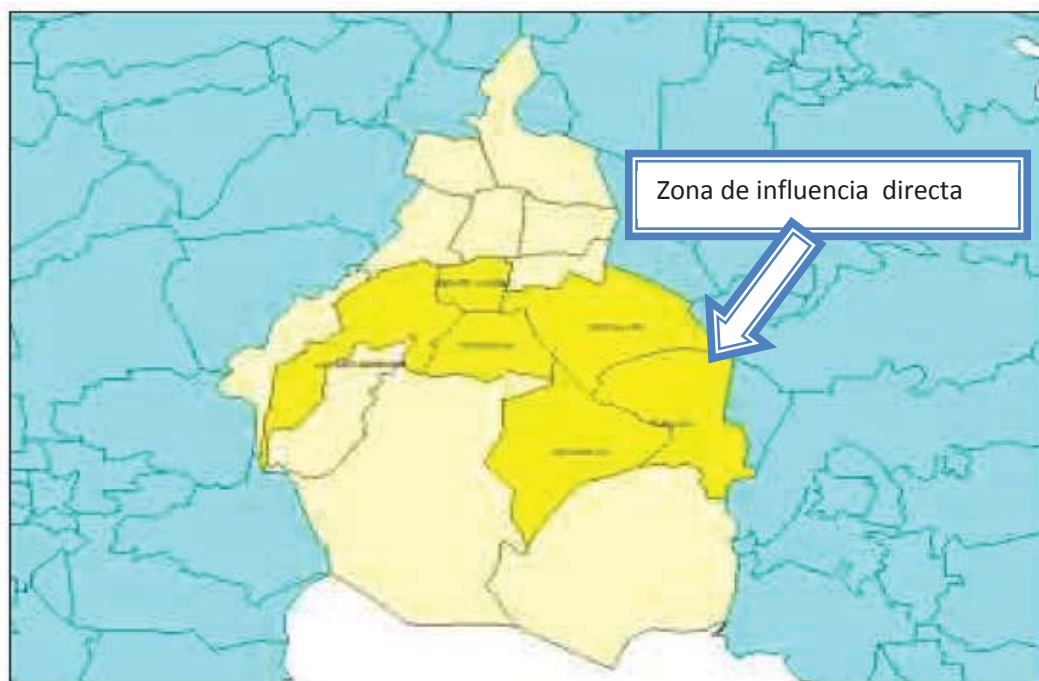
La información de estos estudios permitió orientar las decisiones de modelación en términos de:

- a) La delimitación de la zona de estudio.
- b) La selección de redes de transporte y sus servicios a caracterizar (caracterización de la oferta).
- c) Las necesidades de movilidad de los usuarios en términos de su distribución espacial y temporal (caracterización de la demanda)

d) En términos de, replicar las condiciones actuales de circulación en el sistema de transporte a partir de estudios realizados en campo.

La región del estudio se desagregó en unidades espaciales básicas. Distinguiéndose dos macro zonas espaciales para el análisis. La primera la constituye la zona de impacto directo del proyecto conformada por las seis delegaciones como se muestra en la Figura.

**La ZMVM fue analizada a partir de dos macro zonas: la de influencia directa del proyecto (en amarillo) y la de influencia indirecta (resto de colores).**



Fuente: [www.inegi.com.mx](http://www.inegi.com.mx)

En tanto que la segunda o macro zona de impacto indirecto, la conforman el resto de las delegaciones del Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México. El nivel de desagregación en ambas macrozonas es distinto. En la de impacto indirecto la unidad mínima de agregación espacial es la delegación/municipio según se trate del Distrito Federal o del Estado de México respectivamente en tanto que, en la de impacto directo el nivel mínimo de desagregación es el AGEB (*Área Geoestadística básica o áreas geográficas construidas con fines operativos censales*). Se consideraron 1108 AGEBs distribuidos de la siguiente manera por delegación.



<b>AGEBs por delegación</b>	
<b>DELEGACIÓN</b>	<b>No. de AGEBs</b>
<b>ALVARO OBREGÓN</b>	197
<b>BENITO JUÁREZ</b>	102
<b>COYOACAN</b>	154
<b>IZTAPALAPA</b>	437
<b>TLAHUAC</b>	103
<b>XOCHIMILCO</b>	115
<b>TOTAL</b>	1108

Fuente: Elaboración Propia con datos de EOD 2007.

Para representar la zona de influencia indirecta se emplearon 135 zonas, 125 del Estado de México (una por municipio) y 10 al Distrito Federal (delegaciones fuera de la zona de influencia). Así mismo, en el caso de la zona de impacto indirecto se representó la red de vialidades primaria y secundaria en tanto que para la zona de impacto directo además de estos dos tipos de vías se incluyeron las locales ya que consideró que durante el cierre de vialidades se abrirán alternativas de circulación que tendrán un impacto a nivel local en cuanto a su ocupación y congestión indicadores que son al final de cuentas las que influirán en las variaciones de los tiempos de recorrido. Esta distinción permite adicionalmente que exista correspondencia entre los niveles de desagregación espacial y la intensidad de vialidades consideradas.

<b>Desagregación de la red de vialidades por tipo</b>	
<b>Tipo de vialidad</b>	<b>Longitud (km)</b>
<b>Vías primarias</b>	2041
<b>Vías secundarias</b>	1156
<b>Vías locales</b>	5578

Fuente: Elaboración propia con Información de STC y SETRVI

Se modelaron dos periodos del día con la finalidad de captar los efectos de la congestión durante la construcción de las obras, representar adecuadamente la duración de viajes en la zona de estudio y reconstituir las condiciones de circulación durante los días laborables, sábados y domingos. El primer periodo corresponde al de máxima demanda (HMD) y refleja las condiciones más desfavorables de circulación, en tanto que el segundo corresponde a un periodo valle que refleja condiciones de circulación con bajos niveles de congestión, lo anterior de acuerdo a la EOD 2007.

Es importante resaltar que esta distribución temporal de viajes corresponde a la agregación de viajes en transporte privado y transporte público. Para el proceso de modelación se construyeron dos redes y dos sub matrices que corresponden a cada uno de estos modos.

Para lograr identificar el modo de transporte a partir de la encuesta EOD 2007 se consideró como modo principal aquél declarado inicialmente en la cadena de viajes por el entrevistado.

Para proceder a la asignación de viajes fue necesario caracterizar tanto la red de transporte y sus servicios (oferta) como la distribución espacial de viajes (demanda). La caracterización de oferta y demanda se realizó para el modo de transporte público y privado. El primero de ellos incluyó los desplazamientos parciales en metro, Metrobús, RTP y microbús en tanto que en el segundo se incluyó los desplazamientos en vehículo particular.

En la caracterización de la oferta, se incorporó al modelo de asignación la Caracterización de la red de vialidades y la Caracterización de la red de transporte público. La red de vialidades se caracterizó conforme al nivel de agregación espacial de la zonificación. Es decir, para la zona de impacto secundario donde se utilizan agregados espaciales mayores se representaron las vialidades primarias y secundarias en tanto que para la zona de impacto directo, donde se requiere un mayor detalle por el cierre de calles, se incluyeron las vialidades locales, además de las primarias y secundarias. Para conformar la red mencionada se utilizó información proporcionada por SETRAVI y el STC Metro. Posteriormente fue necesario realizar un proceso de validación e integración de la información en términos de la tipología de la red, los sentidos de circulación y las características físicas de las vialidades. Dicha red se construyó a partir de nodos y arcos con ayuda de las herramientas del editor de redes de TransCad tomando como base la traza urbana y el nivel de detalle indicado para cada zona de estudio.

La red de transporte público se modeló a partir del inventario de rutas y paradas a través de información colectada en campo y reportada en el estudio GDF2008. En este proceso se tomó en cuenta:

- a) La red de vialidades se integra con todos los tramos de vialidades (arcos) y sus respectivas intersecciones (nodos) así como los centroides y conectores que representen el tiempo de acceso a la red a partir del centroide.
- b) La ubicación de las paradas de los diferentes derroteros con los ascensos y descensos en los cruceros o tramos en los que se realizaron los registros.

- c) Y el trazado de las rutas y sus respectivos derroteros, (Cada ruta se representa por dos derroteros: uno para cada sentido de circulación de la ruta) a partir de las paradas previamente ubicadas. En este caso se entiende como ruta al origen y destino que es cubierto por un servicio de transporte público en tanto que el derrotero además del origen y destino incluye el itinerario que sigue el servicio (vialidades que recorre). De esta manera, cada derrotero se caracteriza, además de su trazado, por tres parámetros operativos que son: la capacidad de las unidades, la frecuencia de paso y la velocidad comercial.

La información utilizada para caracterizar el conjunto de rutas y paradas se obtuvo del estudio de movilidad de Systra en el que se incluye un listado de 110 rutas de transporte junto con la demanda diaria, la frecuencia de paso y la velocidad comercial.

Con los insumos anteriores, y la caracterización de la demanda por modo de transporte con información de la EOD2007, el modelo de simulación permitió construir una situación de referencia para cada tipo de transporte, y origen-destino del viaje que replicara las condiciones actuales del sistema de transporte.

Teniendo la situación de referencia, se procedió a estimar las variaciones en los tiempos de recorrido y kilómetros de recorrido para diversos escenarios según el proceso de cierre de vialidades por la construcción de obras del proyecto. Se consideraron 13 distintos escenarios en función de la evolución de las fases de construcción de la obra de la Línea 12 tomando en cuenta las fechas de inicio y término de las obras correspondientes a cada uno de los tramos de la L12 y sus respectivas estaciones; el cierre paulatino de calles y avenidas; y la apertura de itinerarios alternativos que incluyen algunos cambios en los sentidos de circulación de las vialidades locales, conforme al programa oficial del proyecto proporcionado por la Dirección General del Proyecto Metro en conjunto con la Dirección de Construcción de Obras Civiles.

Estos cambios a su vez se caracterizaron en la red de vialidades y en los recorridos de las rutas de transporte público. De esta manera en el grupo de escenarios se modificó la oferta (red de vialidades y servicios de transporte público), manteniéndose fija la demanda de viajes por periodo.

Con la información de la situación base, y el impacto en los parámetros de interés según cada escenario, fue posible construir para los 13 escenarios de calendario de obra, el aumento en tiempos de recorrido y el aumento en kilómetros de

recorrido para todos los viajes en transporte público y privado que se consideran serán afectados por la construcción de la L12 del Metro.

La estimación del modelo sobre el cambio en tiempos de recorrido y en kilómetros de recorrido para el modo de transporte público y privado y según cada escenario de calendario de obra, es utilizada para el cálculo monetario de la externalidad por des ahorro en tiempo, aumento en costos de operación vehicular y aumento de emisiones de contaminantes.

## **6.6 Metodología para el cálculo de beneficio de ahorro de tiempo de la Línea 12**

La construcción de la Línea 12 del Metro derivará en diversos beneficios, siendo el más importante por su magnitud el beneficio por ahorro de tiempo de los usuarios. El modelo conceptual de la valoración del tiempo sugiere que ésta depende de las preferencias, de tiempo libre disponible para ocio y las características socioeconómicas de los individuos.

Esta valoración del tiempo ha sido expresada en múltiples ocasiones como proporción del ingreso personal o familiar, ya que existe un costo de oportunidad cuando se pierde tiempo, como es el caso del tiempo perdido en los traslados o viajes. La valoración del tiempo crece con el nivel del ingreso familiar, aunque no de manera proporcional.<sup>51</sup>

### **Aspectos Teóricos de la Valoración del Tiempo**

Los estudios de valoración del tiempo imputan el ahorro en el tiempo de viaje como principal componente de beneficios en proyectos de transporte, incluyendo expansión de líneas de Metro.

La mayoría de los estudios que estiman el valor social y económico del tiempo parten del principio de la maximización de la utilidad del consumidor, donde éste se enfrenta tanto a una restricción presupuestaria como a restricciones de tiempo para viajar. Esto da lugar a una función indirecta de utilidad que depende de la renta, los tiempos para viajar, los costos del viaje, la restricción global de tiempo y de los precios de los bienes y servicios que no sean transportes.

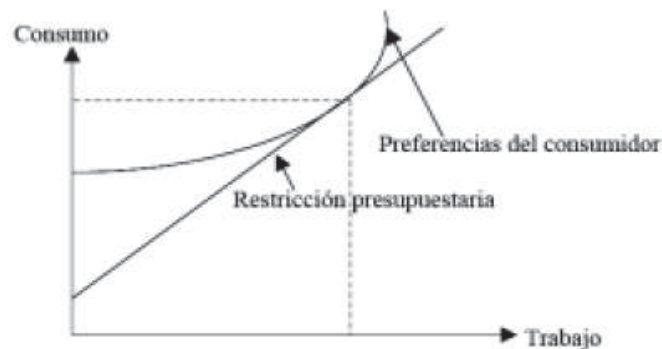
Los parámetros de las funciones de utilidad del viaje se estiman utilizando un modelo de elección discreta basado en la elección del modo de viaje.

---

<sup>51</sup> Los detalles referentes a dichos estudios se pueden ver en el artículo de Hensher (1994).

El modelo postula que cada individuo maximiza la utilidad que él consigue consumiendo o descansando. La figura a continuación muestra este análisis. El consumo de bienes y las actividades de ocio y laborales son restringidas en dos maneras formas:

1. El gasto es limitado por el ingreso, el cual se obtiene dedicando tiempo a trabajar.
2. El trabajo, el ocio y los viajes compiten por un monto de tiempo disponible estrictamente limitado por el número de horas en el día.



Fuente: Estudio de la demanda del transporte, INEGI 2007

Es posible extender las posibilidades de consumo de la persona si ésta ahorra tiempo de viaje, ya sea para trabajar más (costo de oportunidad salarial) y poder consumir más o para descansar más. Este análisis se realiza en el contexto de elegir entre modos o rutas caras y rápidas o alternativas más baratas y lentas. Mediante un análisis de sensibilidad entre elecciones según las variaciones en dinero y tiempo, puede ser identificado el valor implícito del tiempo de los tomadores de decisión. Es importante, entonces, distinguir entre usuarios, según las características socioeconómicas, ya que sus niveles de ingresos y otras características adicionales determinarán qué modo de transporte utilizarán. Así mismo, es importante identificar los tiempos ahorrados con el esquema de un nuevo proyecto dado los trazos de tiempo en el sistema de transporte actual comparado con los trazos nuevos (o un nuevo modo de transporte).

Este esquema conceptual considera importantes aportes en la naturaleza del valor del ahorro del tiempo de viaje. El tiempo de trabajo produce bienes, los cuales incrementan directamente el bienestar, lo cual otorga un valor social al tiempo. También, las preferencias individuales son distintas y hacen que el valor del tiempo varíe conforme a las características sociales y económicas por lo que se requiere considerar perfiles de usuarios basados en dichas características.

El valor del ahorro del tiempo es una razón entre las utilidades marginales de tiempo y de dinero, entonces dependerá de las limitaciones de la restricción presupuestaria (y de los ingresos) y de la restricción del tiempo (y del tipo de persona).

Las preferencias, por lo tanto, determinan la valoración del tiempo. Estas estructuras de preferencias pueden ser identificadas de tres maneras entre los individuos:

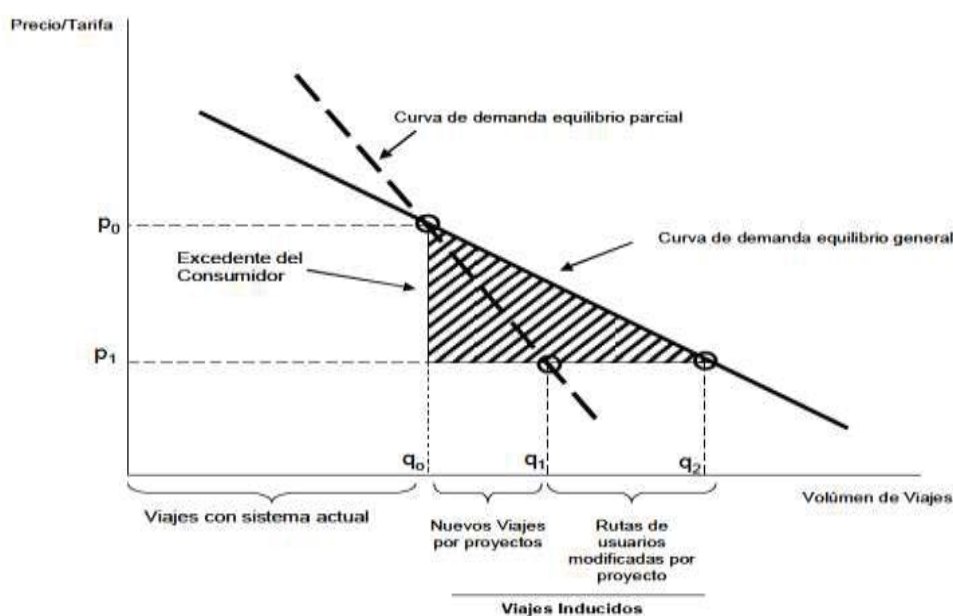
1. **Preferencias reveladas (RP):** se estiman los valores del tiempo que mejor expliquen las elecciones de comportamiento actuales observadas (por ejemplo, la elección entre un modo caro y rápido, y un modo barato y lento). Conceptualmente, este análisis se considera como el más realista.
2. **Preferencias declaradas (SP):** la gente revela sus valoraciones por las elecciones que realiza usando encuestas para preguntarles sobre decisiones hipotéticas.
3. **Costo de oportunidad o alternativo (CO):** este enfoque difiere de los anteriores en que no pretende la estimación de la disposición a pagar o el beneficio de evitar el costo. Se plantea la pregunta de cuánto es el gasto (o costo de oportunidad del salario en el mercado laboral) que sería requerido para compensarlo.

La estructura 3 es la que se utiliza en un estudio cuando no se cuenta con información de RP o SP pero se cuenta con encuestas de origen destino y trazos de líneas y vialidades para calcular el ahorro de tiempo promedio por trayecto bajo distintas alternativas de modo de viaje. Además muchos estudios costo-beneficio de transporte urbano suelen incorporar el costo de oportunidad ya que provee de mediciones más precisas de los beneficios.

Conceptualmente la valoración del tiempo calculada de manera empírica debe considerar los siguientes puntos:

- Valores para modos específicos de transporte.
- Variación de valores para longitud de viajes (urbano e interurbano).
- Relación con él.
- Tiempo de viaje en exceso (caminar, esperar, transferir), cuando sea posible medirlo.

La demanda inducida es un concepto importante para comprender el cálculo de beneficios agregados. La demanda adicional ocasionada por nuevos viajes y elección de rutas y modos con un nuevo proyecto, depende, en el corto plazo, de los tiempos de ahorro experimentados por los usuarios valorados en un costo de oportunidad de mercado. Los cambios de demanda inducida responden a las valoraciones de cambio en los tiempos de traslado por cada usuario. El área bajo la curva del excedente del consumidor debe ser conceptualizada como los ahorros de tiempo agregados valorados en un precio de mercado. El tiempo es conceptualizado como un costo de oportunidad basado en actividades paralelas. Una adecuada valuación considera aspectos endógenos de las personas que determinan dicha valoración. Por eso es fundamental considerar características individuales, modos de transporte utilizados y los salarios diferenciados dependiendo de la actividad económica que realizan los individuos.

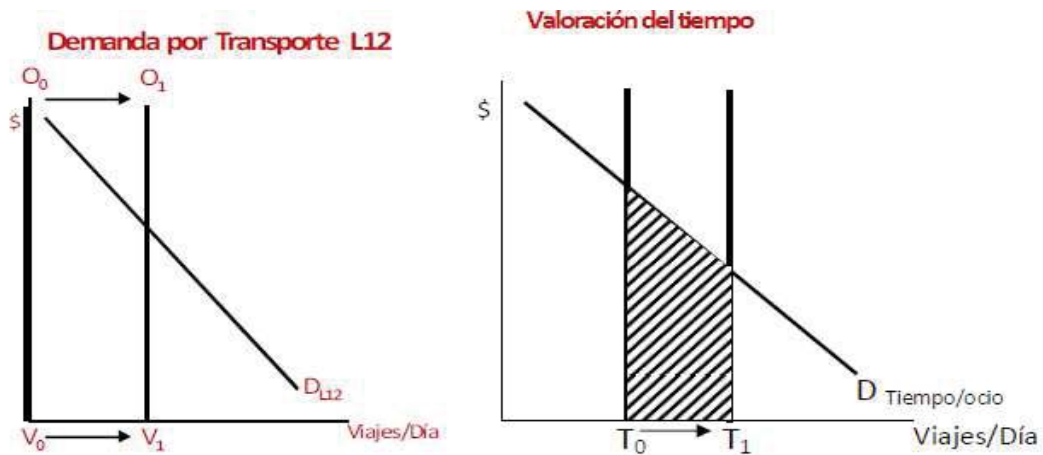


Fuente: Estudio de demanda SCT 2008

Cabe señalar que también es importante considerar el beneficio del valor del tiempo ahorrado para usuarios existentes del transporte público. Este excedente está determinado por el rectángulo a la izquierda del triángulo sombreado de la figura mostrada. Con el aumento del stock de infraestructura a través de la creación de una Línea de Metro los costos de transporte y de viaje medidos con una valoración de mercado también impactan a los usuarios existentes.

## Valoración marginal del tiempo

Este principio parte de la relación entre la valoración del tiempo y la cantidad demandada de tiempo distribuido para ocio, consumo y trabajo (mercado laboral) como lo muestra la gráfica a continuación. La ampliación de la oferta de transporte público con la Línea 12 desplaza la valoración a lo largo de la curva de demanda D-L12. Esto permite liberar tiempo disponible que tiene un valor importante para el consumidor como se muestra en la gráfica del lado derecho. Una vez expuesto esto, es importante aclarar la valoración del tiempo basado en ahorro con distintos modos de viaje. Es decir, el tiempo liberado dependerá de la ampliación de la oferta y la sustitución de otros modos de transporte por la utilización de la Línea 12.



Fuente: Estudio de demanda SCT 2008

En términos prácticos generalmente sólo se utilizan valores relacionados con el ingreso medio de la población para valorar el costo de oportunidad de una unidad de tiempo ahorrada o perdida; ocasionalmente se usa el ingreso de los usuarios del sistema de transporte que se quiere construir o mejorar, salvo cuando existen Encuestas Origen Destino que midan adecuadamente ingresos o gastos.

Podemos inferir sobre la forma de la demanda con la cual imputaremos el costo de oportunidad basado en grupos de población que valoran de distinta manera el tiempo basado en su condición de actividad y algunas características socio-demográficas. Por ello la demanda de tiempo dados los valores marginales del costo de oportunidad es "escalonada" debido a que contamos con distintos grupos que valoran marginalmente el tiempo de manera distinta dada su condición de actividad. Como el costo de oportunidad es el salario percibido en el mercado laboral, ese es nuestro punto de referencia. A partir de ahí diferentes perfiles de



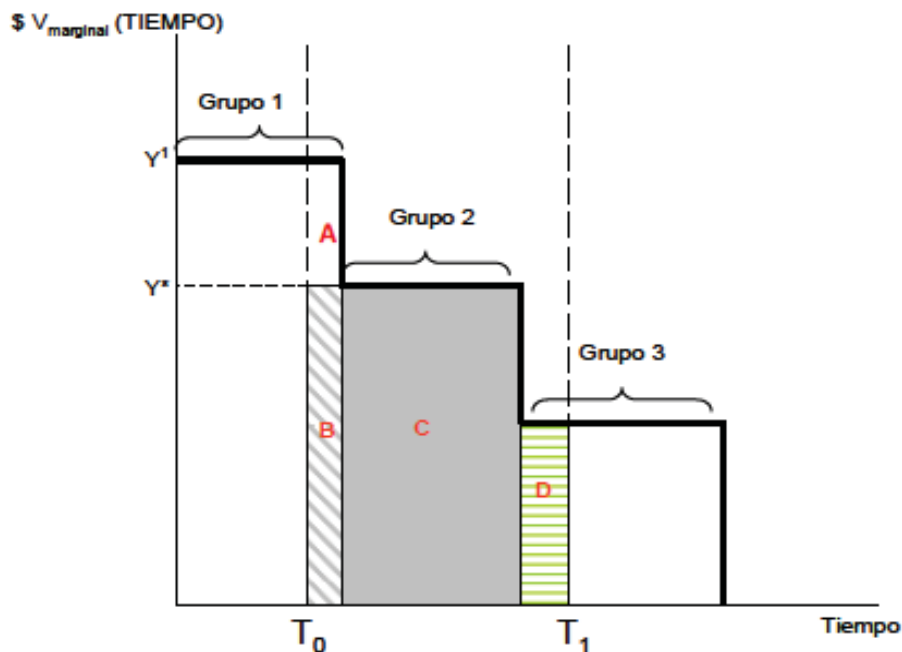
individuos tendrán una distinta valoración. A continuación se describen los tres grupos considerados que valoran el tiempo de manera distinta.

El grupo uno corresponde al segmento de individuos que se caracterizan por tener una valoración marginal del ocio mayor en comparación con los ingresos percibidos en el mercado laboral

1. Si  $V_{mg} > Y^*$  por lo que su valoración marginal del tiempo es mayor al del ingreso percibido en el mercado laboral. Esto justifica el hecho que estos individuos no estén realizando actividad económica. Cabe recalcar que este grupo incluye a aquellos individuos en edad productiva que estudian y a menores de edad que van a la escuela.
2. El segundo grupo de individuos dentro de la demanda escalonada tiene una valoración marginal del tiempo den donde  $V_{mg} = Y^*$  esto implica que estas personas están en el mercado laboral y en edad productiva percibiendo ingresos  $Y^*$  por lo que es sencillo imputar el costo de oportunidad de su valoración del tiempo basado en los ingresos reportados.
3. El tercer grupo consta de personas que, aunque su valoración marginal del tiempo es menor al del ingreso potencialmente percibido en el mercado laboral  $V_{mg} < Y^*$ , no trabajan. El impedimento para que no trabajen depende en parte a sus características demográficas e incluyen a los adultos mayores, personas con discapacidad, etc.

Los grupos 1 y 3 requieren de supuestos para imputar las valoraciones del tiempo que tengan una argumentación económica válida. En el caso del grupo 1 la valoración imputada sólo se calcula a través de B que se demuestra en el gráfico, aunque este cálculo esta subestimado ya que no considera A debido a la limitante de información sobre la valoración del tiempo  $Y1-Y^*$ . Aun así es importante estimar B debido a que se cuenta con la información y muchos estudios omiten este importante componente de los beneficios.

## Demanda Escalonada basada en Grupos Poblacionales con Distinta Valoración del Tiempo



Fuente: Estudio de demanda SCT 2008

Asimismo los grupos 1 y 3 deben considerarse con delicadeza en cuanto a la imputación de ingresos. El ingreso del adulto corresponde al costo de oportunidad asignado al menor de edad. Cuando un adulto acompaña a un menor en un viaje, el adulto tiene una valoración importante de ese tiempo dedicado al viaje con el menor, ya que si el adulto no lo hace el viaje con el menor, éste último no podrá acudir al sitio querido y eso representarían menores retornos en el mercado laboral en el futuro para el menor.

En el caso de los adultos mayores, no pueden trabajar en el mercado laboral por su condición de edad, aunque muchos tienen necesidad de trabajar o simplemente continúan trabajando. Esto genera que conceptualmente su costo de oportunidad del tiempo sea menor respecto al salario percibido. Para este grupo de personas existe una proporción a que corresponde al número de adultos mayores (mayores a 65) que reportan percepción de ingresos. Este ponderador a se multiplica por la media de ingreso reportado por el grupo de adultos mayores para estimar su valoración del tiempo. Para el caso de los ingresos imputables de los 3 grupos se utiliza la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (2008). Esta encuesta reporta

ingresos laborales y pueden identificarse las actividades u ocupaciones así como los grupos de edad. A continuación se detalla la composición de los grupos de edad, y la imputación correspondiente dependiendo al grupo de valoración del tiempo que les corresponde.

### **6.6.1 Relación Funcional entre el ahorro de tiempo y el ahorro en distancia de los usuarios**

Es importante contar con la relación entre el ahorro en tiempo y el ahorro en distancia para poder constatar que el marco conceptual sea coherente y se derive de una lógica adecuada. Para ello es importante conocer la relación funcional que posee el ahorro el tiempo y de distancia entre los usuarios. Esto debido a que el individuo enfrenta la decisión de elegir entre un medio de transporte público ordinario y la Línea 12. Dicha elección dependerá de los tiempos de recorridos y la distancia total recorrida comparada entre ambos modos. Para ello se cuenta con los cálculos de ahorro en tiempo y el ahorro en distancia en Km. de los usuarios.

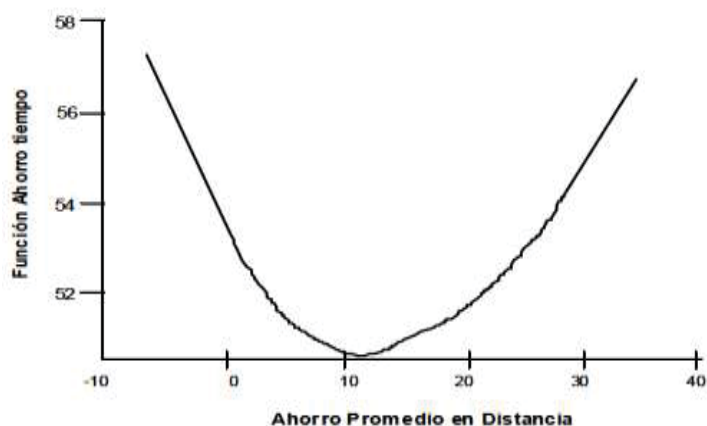
En la siguiente gráfica se puede constatar cómo la gente estaría dispuesta a cambiar su trayecto, incluso con un ahorro negativo con tal de utilizar la Línea 12.

En los cálculos que se realizaron se parte del mismo principio ya que tomamos los casos de viajes que se realizan incluso con ahorros negativos. Esto muestra consistencia con patrones de preferencias de viajes aún cuando se realiza un poco más de tiempo total, pero bajo un sistema mucho más eficiente. Para ilustrar este punto se muestra la relación entre el ahorro promedio en distancia en función del ahorro en tiempo<sup>52</sup>. Para ahorros en distancia muy pequeños o negativos incluso las personas toman el Metro. En la gráfica se muestra cómo conforme el ahorro en distancia progresa y la pendiente es positiva lo cual significa que hay una fuerte asociación entre los ahorros de tiempo y distancia como parte de la elección de la Línea 12 por parte del usuario.

---

<sup>52</sup> La gráfica demuestra el diagrama de dispersión ajustado por suavización de la función ante valores muy altos o muy pequeños. Este método permite ponderar de con medias locales para obtener una forma funcional mucho más precisa ante datos que presentan alta dispersión. Para una explicación más detallada de esta forma funcional y su estimación.

## Relación Funcional con Método No Paramétrico entre el Ahorro en Tiempo y el Ahorro en Distancia



Fuente: Estudio de demanda SCT 2008

### 6.7 Beneficio por disminución de emisiones al Medio Ambiente

El crecimiento desmesurado de la zona urbana de la Ciudad de México y el consecuente incremento sustantivo del parque vehicular, han propiciado el aumento de distancias, desplazamientos de la población, y por consecuencia el aforo de vehículos particulares y públicos.

La circulación cercana a 3.5 millones de vehículos en la Ciudad de México agudizan el severo problema ambiental, explicado casi en su totalidad por el deterioro de la calidad atmosférica.

A pesar que México contribuye relativamente poco a nivel mundial en emisiones de distintos químicos y partículas (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>), México, y en particular el Distrito Federal, han tenido tendencias crecientes en cuanto a la contribución de emisiones en relación con otros países. Las tendencias de crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, México se ubica en el lugar número 15 dentro de un grupo de 70 países considerados. Mientras que entre los años 1950 y 2000, un tercio de las emisiones mexicanas provinieron de la destrucción de bosques y selvas, el incremento en las emisiones ocasionado por los vehículos de motor y la industria ascendió en 13.7% entre 1994- 2006<sup>53</sup>. La calidad atmosférica en México se ha deteriorado debido a la expansión del flujo vehicular y la falta de infraestructura para la movilización masiva de ciudadanos.

<sup>53</sup> Bacon and Bhattacharya. Growth and CO<sub>2</sub> Emissions: How do Different Countries Fare, Noviembre 2007

En términos ambientales, el sector transporte contribuye con el 57% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), superando el crecimiento de vehículos y congestión al crecimiento económico y poblacional, en los últimos años<sup>54</sup>. Las propuestas para poder abatir de manera efectiva las emisiones de CO<sub>2</sub> se centran en dos estrategias fundamentales:

1. Sustitución de flotas de vehículos más eficientes, desde el punto de vista energético
2. Inversión en transporte público sustentable.

El punto 1 es menos efectivo debido a que la tecnología aún no ha avanzado lo suficiente para generar vehículos de forma masiva con un significativo ahorro en consumo de fuentes fósiles.

El mercado de vehículos automotores en México cumple los estándares mínimos de emisiones, sin embargo una gran proporción del aforo vehicular público es antiguo y suelen ser 200 veces más contaminantes (en NO<sub>x</sub>) que los vehículos de modelos más recientes.

El sector transporte constituye la segunda fuente de emisiones a nivel nacional con el 18% del total nacional. Éste se distribuye en un 16.2% del transporte automotor, un 0.99% del aéreo y el 0.73% correspondiente a ferrocarril y navegación<sup>55</sup>.

### **Externalidades Positivas de la mitigación de emisiones**

El transporte genera costos sociales importantes como los que afectan la salud y están asociados a la contaminación del aire e incluso los costos ambientales relacionados directamente con el cambio climático y con la forma y características del desarrollo urbano.

La calidad atmosférica en la ZMVM está fuera de norma casi en la totalidad de los días del año. Esto tiene implicaciones muy profundas en la salud de la población, tanto en la morbilidad como en la mortalidad originadas por enfermedades respiratorias y cardiovasculares. En particular, la mitigación de Partículas Móviles (PMs), es fundamental para alcanzar el objetivo de mejoramiento en la salud ambiental y poblacional. Los vehículos automotores y la industria generan una alta proporción de PMs. Se ha demostrado que las PMs y el NO<sub>x</sub> están asociados con

---

<sup>54</sup> Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010, SETRAVI 2010.

<sup>55</sup> Inventario Nacional de emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002, México, (INE-SEMARNAT 2006)

la incidencia de mortalidad prematura por causas relacionadas con los sistemas circulatorio y respiratorio.

El Instituto Nacional de Ecología ha estimado una pérdida de 2.5 millones de días de trabajo por enfermedades relacionadas con la contaminación. Esto ocasiona pérdidas de aproximadamente \$10 mil millones de dólares anuales a causa del tiempo perdido en tráfico<sup>56</sup>.

## **6.8 Análisis del desempeño. Estudio de demanda.**

La finalidad de este tema es estimar como se comportaría la alternativa propuesta en las condiciones presentes y futuras.

### **6.8.1. Balance de Oferta y Demanda de Transporte en la Situación Actual**

En esta sección se presenta el balance de oferta y demanda actual de transporte público en la zona de influencia. Como se comentaba anteriormente la problemática que se pretende resolver es la de altos tiempos de traslado en la zona de influencia debido a la sobre-oferta de transporte público ineficiente, entre las principales características tenemos:

- Existe una sobre-oferta de más de un millón de plazas al día, concentradas en el transporte concesionado con una sobre-oferta de más de 800,000 plazas
- Aunque la frecuencia de paso de las opciones actuales de transporte público es razonable (promedio de 5.1 minutos), la alta congestión vehicular en la zona convierte las opciones actuales en transporte ineficiente (con velocidades promedio de 13.6 Km/h en las vialidades primarias de la zona de influencia)
- El efecto de la sobre-oferta sólo hace que empeore el problema de congestión vial, ya que se sobre-ofertan aproximadamente 15 unidades de transporte concesionado, 8 unidades de RTPs y 6 unidades de STEs en cada hora durante el período de máxima demanda en el área de influencia

La sobre-oferta de transporte público en la zona de influencia se determinó al realizar el “Estudio de Aforo y Frecuencia de paso del transporte público en el área de influencia. En este estudio se analizó la oferta y la demanda de una muestra representativa de las rutas y derroteros transporte público de la zona de influencia,

---

<sup>56</sup> Viaje promedio hogar-casa-hogar = 2.5 horas.; INE, 2006

incluyendo rutas de transporte concesionado, rutas de RTP y rutas de STE. Cabe mencionar que la demanda total de transporte público que concluye este estudio es un conjunto mayor que la demanda que más adelante se estima para la L-12. Eso nos explica, porque el balance oferta-demanda se realiza con base a las rutas y derroteros que son parte de la zona de influencia de la línea, aunque no se puede particularizar para los viajes que en caso de existir la Línea 12 cambiarían su modo de transporte a esta línea.

En el estudio mencionado, se segmentó la zona de influencia en cinco tramos, con base en tramos representativos del trazo de la Línea 12. Estos tramos se representan en la siguiente figura:

### Tramificación del área de influencia para estimar la Oferta y la Demanda



Fuente: "Estudio de Aforo y Frecuencia de paso del transporte público en el área de influencia"

Para cada uno de los tramos, se estableció un punto de aforo (señalado en la imagen anterior) y se procedió a hacer un conteo de los lugares ofertados y la ocupación del transporte público en los rumbos con paso en ese punto de aforo durante todo un día.

La primera conclusión que arrojan los resultados es que existe una sobre-oferta en cada uno de los tramos, que en suma significan un total de 1, 105,417 plazas diarias sobre-ofertadas para una demanda diaria total en la zona de 994,700

personas; es decir la oferta duplica a la demanda, tal y como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Los resultados que se muestran para HMD es la demanda horaria promedio en períodos de máxima demanda durante el día; es decir, es la demanda que resulta de promediar la demanda de todos los horarios de máxima demanda matutinos y vespertinos. Por tanto, se concluye que para una hora de máxima demanda existen en el área de influencia 105,150 plazas de transporte público sobre-ofertadas.

Balance Oferta-Demanda en el área de estudio								
	Rutas Análisis	Derroteros Analizados	Oferta (Numero de plazas)		Demanda (Número de pasajeros)		Balance Oferta- Demanda	
			Diaria	HMD	Diaria	HMD	Diaria	HMD
<b>TRAMO FELIX CUEVAS</b>	4	19	190,450	18,052	113,907	8,657	76,543	9,395
<b>TRAMO POPOCATEPETL</b>	5	25	263,600	24,986	122,069	12,866	141,531	12,120
<b>TRAMO ERMITA</b>	10	56	587,270	55,665	296,181	25,147	291,089	30,519
<b>TRAMO EJE 3 OTE</b>	5	34	380,620	36,078	172,741	13,128	207,879	22,949
<b>TRAMO TLÁHUAC</b>	12	64	678,176	52,364	289,801	22,197	388,375	30,167
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>198</b>	<b>2,100,116</b>	<b>187,145</b>	<b>994,700</b>	<b>81,995</b>	<b>1,105,417</b>	<b>105,150</b>

Fuente: Estudio de la Demanda de la Línea 12

Si se analiza la sobre-oferta diaria por tipo de transporte público, se concluye que esta sobreoferta se concentra en el transporte concesionado, con 805,149 plazas sobre-ofertadas, tal y como muestra la tabla siguiente:

Sobre-oferta de plazas diarias por tipo de transporte público				
	Concesionado	RTP	STE	Total
<b>TRAMO FELIX CUEVAS</b>	33,533	19,150	23,860	76,543
<b>TRAMO POPOCATEPETL</b>	82,311	27,015	32,205	141,531
<b>TRAMO ERMITA</b>	197,489	64,590	29,010	291,089
<b>TRAMO EJE 3 OTE</b>	92,777	71,577	43,525	207,879
<b>TRAMO TLÁHUAC</b>	399,039	11,897	-22,561	388,375
<b>TOTAL</b>	<b>805,149</b>	<b>194,229</b>	<b>106,039</b>	<b>1,105,417</b>



<b>PORCENTAJE</b>	<b>73%</b>	<b>18%</b>	<b>10%</b>	<b>100%</b>
-------------------	------------	------------	------------	-------------

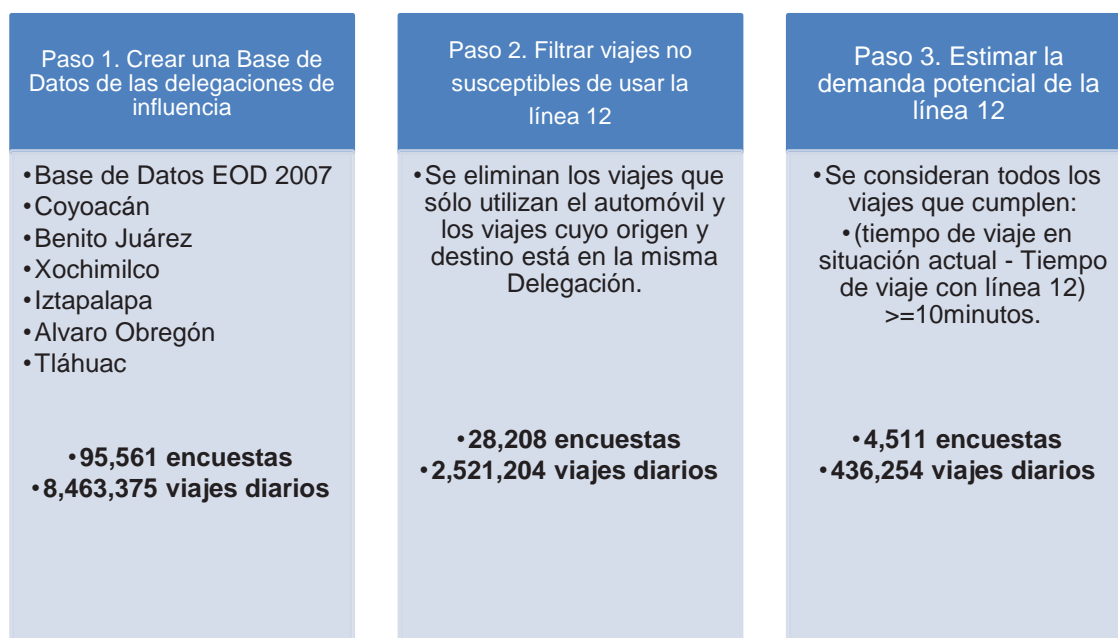
Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio de frecuencia y paso del Transporte Público, STC-Metro, 2008

Adicionalmente, en la tabla anterior se puede apreciar que en todos los tramos y para todos los tipos de transporte existe sobre-oferta, excepto para el trolebús o STE del tramo Tláhuac. En este caso, existe déficit de oferta para las líneas de STE que transportan pasajeros de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

### 6.8.2 Estimación de la demanda potencial de la Línea 12

Para realizar la estimación de la demanda potencial de la Línea 12 del Metro, partimos de los resultados arrojados por la Encuesta Origen Destino 2007 (EOD). Esta encuesta es llevada a cabo por el INEGI y entrevista a hogares e individuos, en días laborables de lunes a viernes, y por su diseño muestral, es representativa a nivel D.F. y a nivel delegación. La EOD 2007 cuenta con información sobre frecuencia, duración, modos de transporte, propósitos de los viajes e incluye información socioeconómica de los individuos.

A continuación se muestra un diagrama que muestra el proceso seguido para determinar la demanda de la Línea 12 del Metro:



Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta Origen Destino 2007

Para estimar la demanda potencial de la L-12 del Metro, se partió de una muestra de la encuesta EOD 2007 que corresponde a todos los viajes que tienen o bien origen o bien destino (o ambos) en alguna de las delegaciones de la zona de influencia de la Línea 12, es decir en alguna de las seis delegaciones por las que transcurriría el trazo de la L-12: Coyoacán, Benito Juárez, Xochimilco, Iztapalapa, Álvaro Obregón y Tláhuac. Esta muestra corresponde a 95,561 encuestas, que utilizando los factores de expansión de la EOD 2007 corresponden a 8, 463,375 viajes. El detalle de estos viajes se expresa en las tablas siguientes.

<b>Número de encuestas, factores de expansión y viajes totales en las delegaciones de la zona de influencia de la Línea 12</b>			
<b>Delegación</b>	<b>Numero de encuestas</b>	<b>Factor de expansión</b>	<b>Numero de viajes</b>
<b>Coyoacán</b>	12,772	91.86	1,173,245
<b>Iztapalapa</b>	23,569	102.45	2,414,696
<b>Álvaro Obregón</b>	15,493	76.08	1,178,683
<b>Tláhuac</b>	27,392	91.86	2,215,586
<b>Xochimilco</b>	5,110	99.92	510,591
<b>Benito Juárez</b>	11,225	86.47	970,574
<b>Total</b>	<b>95,561</b>	<b>91</b>	<b>8,463,375</b>

*Fuente: Encuesta Origen Destino 2007*

Una vez que se obtuvo la muestra de la zona de interés y para el cálculo de la demanda de la L-12 fueron eliminados los siguientes viajes:

- Aquellos viajes que sólo utilizan el automóvil, dado que se considera que un porcentaje nulo o muy bajo de los viajes que se realizan en la actualidad en transporte privado se realizarían en Metro, reduciendo nuestro universo a 64,839 encuestas, que corresponden a 5,191,153 viajes.
- Los viajes en que el origen y el destino son dentro de la misma delegación, ello debido a que estas son pequeñas y para un viaje dentro de ellas no sería posible tomar el Metro ya que en una misma de estas no hay más de una estación de la Línea 12.

Después de eliminar las encuestas que cumplieron esas condiciones, la muestra de la encuesta se redujo a 28,208 observaciones, que de nuevo utilizando los factores de expansión corresponden a 2, 521,204 viajes. Estos viajes, que forman la demanda de transporte público del área de influencia del trazo de la Línea 12,

se distribuyen de la siguiente forma según su delegación origen y su delegación destino.

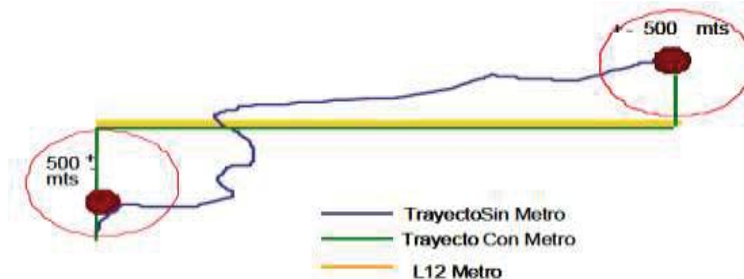
Número de encuestas, factores de expansión y viajes totales en las delegaciones de la zona de influencia de la Línea 12 sin viajes en automóvil ni viajes AGEB-AGEB			
Delegación	Numero de encuestas	Factor de expansión	Numero de viajes
<b>Coyoacán</b>	4,277	91.86	384,390
<b>Iztapalapa</b>	7,665	102.45	778,716
<b>Álvaro Obregón</b>	4,165	76.08	327,150
<b>Tláhuac</b>	6,719	91.86	549,907
<b>Xochimilco</b>	1,797	99.92	174,698
<b>Benito Juárez</b>	3,582	86.47	306,343
<b>Total</b>	<b>28,205</b>	<b>91</b>	<b>2,521,204</b>

Fuente: Encuesta Origen Destino 2007

El siguiente paso consiste en determinar cuáles de los viajes de la zona de influencia cambiarían de modo de transporte en caso de construirse la Línea 12, y por tanto se realizarían usando la L-12 En su totalidad o en parte del viaje. Para ello, se comparó para cada viaje de la muestra el tiempo de recorrido sin proyecto (es decir, el tiempo actual reportado en la EOD 2007) y el tiempo de viaje con proyecto, es decir en caso de que se utilizara la L-12 en la totalidad o parte del viaje.

Para estimar el tiempo de viaje con proyecto, se determinó la estación de la Línea 12 más cercana del origen y destino del viaje para poder obtener las distancias recorridas del origen del viaje a la estación del Metro, la distancia recorrida en Metro y la distancia de la estación del Metro al destino como se muestra en la siguiente figura:

#### Método Cartográfico para la comparación entre Trayectos Con y Sin Metro Línea 12



Fuente: Estudio de Demanda 2007

Nota: Los puntos marrones representan AGEB origen y destino. Los círculos rojos representan el buffer de influencia para determinar los viajes que se originarían con el metro.



la misma metodología que la mencionada para calcular el tiempo de viaje desde el origen del viaje hasta la estación origen de la L-12

Una vez se calculó el tiempo con proyecto para cada viaje, se comparó con el tiempo sin proyecto, y para todos aquellos viajes que el ahorro en tiempo era mayor o igual a diez minutos, se consideró que estos serían viajes susceptibles de formar parte de la demanda potencial de la Línea 12. La razón de considerar 10 minutos fue la de dar cierta holgura al cálculo y evitar la sobreestimación de la demanda.

La demanda estimada diaria que resultó es de 4,511 encuestas, que utilizando los correspondientes factores de expansión resulta de 436,259 viajes al día. A continuación se muestra el detalle del número de viajes y los tiempos en la situación sin proyecto de los viajes que conformarían la demanda de la L-12.

Número de encuestas, factores de expansión y viajes totales de la demanda potencial en las delegaciones de la zona de influencia de la Línea 12			
Delegación	Numero de encuestas	Factor de expansión	N° de viajes
<b>Coyoacán</b>	802	91.86	76,333
<b>Iztapalapa</b>	1,614	102.45	168,763
<b>Álvaro Obregón</b>	253	76.08	23,877
<b>Tláhuac</b>	1,053	91.86	93,158
<b>Xochimilco</b>	252	99.92	23,805
<b>Benito Juárez</b>	537	86.47	50,323
<b>Total</b>	4,511	<b>91</b>	436,259

*Fuente: Encuesta Origen Destino 2007*

La matriz origen-destino de los viajes comprendidos en la estimación de la demanda de la Línea 12 se muestra a continuación para todos los pares posibles de delegación a delegación. Asimismo, se muestran los tiempos promedio de los viajes que se realizan entre esos pares de delegaciones en la situación sin proyecto. Se observa que el tiempo promedio de viaje sin la Línea 12 es de 52.1 minutos

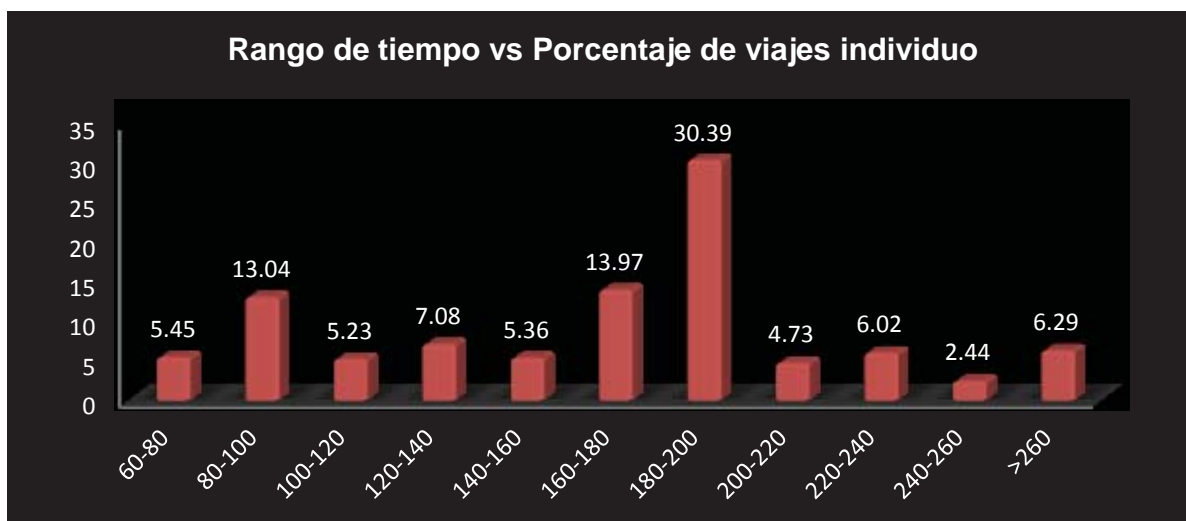
Matriz de Viajes por delegación de la demanda de la L12 del Metro								
Delegación Destino								
Delegación /Origen	Coyoacán	Iztapalapa	Álvaro Obregón	Tláhuac	Xochimilco	Benito Juárez	Resto de delegaciones	TOTAL
<b>Coyoacán</b>	5,967	4,683	1,301	208	286	6,678	14,802	33,925
<b>Iztapalapa</b>	26,049	36,815	4,240	2,063	1,054	17,679	47,129	135,029
<b>Álvaro Obregón</b>	1,929	582	348	96	67	2,118	4,437	9,577
<b>Tláhuac</b>	8,066	6,767	1,122	4,073	994	3,705	32,614	57,341
<b>Xochimilco</b>	4,229	2,070	1,053	84	772	3,279	8,893	20,380
<b>Benito Juárez</b>	1,623	1,317	282	187	483	4,291	4,056	12,239
<b>Resto de delegaciones</b>	42,408	33,734	14,300	35,817	3,425	38,084	0	133,886
<b>TOTAL</b>								<b>436,259</b>

Fuente: *Elaboración propia con información de la EOD 2007*

Finalmente, se muestra la distribución de los tiempos de viaje de todos los viajes que formarían parte de la demanda de la Línea 12 en la situación con proyecto.

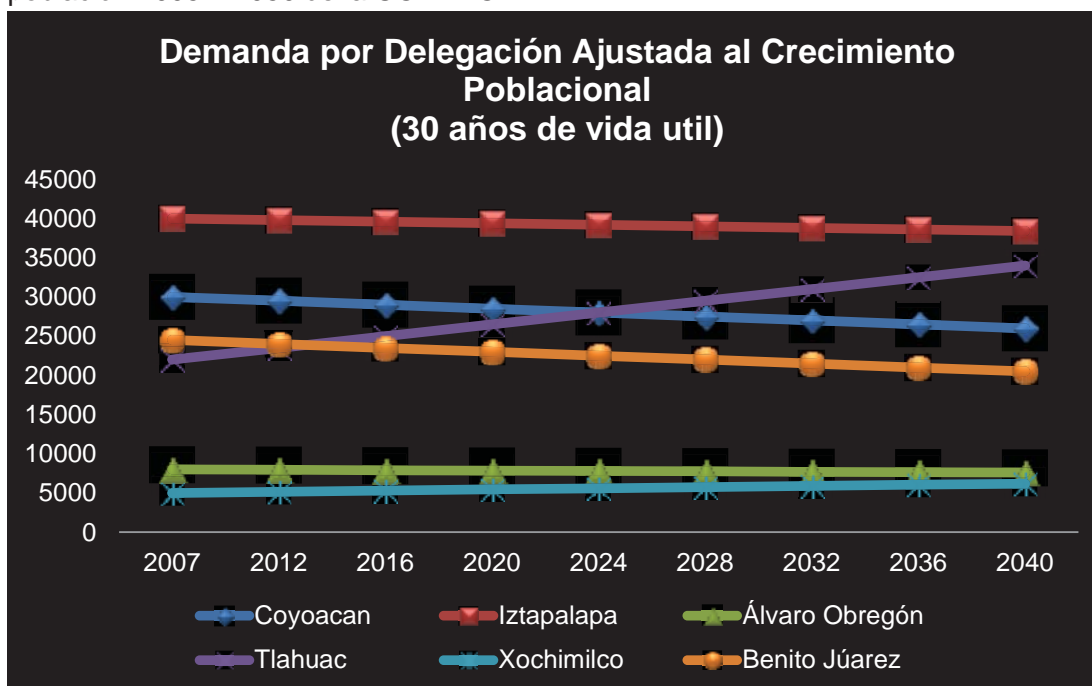
Viajes de la Demanda Potencial por rangos de tiempo		
Rango de tiempo (minutos)	Número de viajes individuo	Porcentaje de viajes individuo
<b>60-80</b>	23,763	5.45
<b>80-100</b>	56,895	13.04
<b>100-120</b>	22,818	5.23
<b>120-140</b>	30,881	7.08
<b>140-160</b>	23,405	5.36
<b>160-180</b>	60,965	13.97
<b>180-200</b>	132,573	30.39
<b>200-220</b>	20,621	4.73
<b>220-240</b>	26,242	6.02
<b>240-260</b>	10,664	2.44
<b>&gt;260</b>	27,427	6.29
<b>Total</b>	436,254	100

Fuente: *Elaboración propia con información de la EOD 2007*



Fuente: Elaboración propia con información de la EOD 2007

La demanda de viajes por año durante todos los años que conforman la vida útil de la L-12 fue estimada para cada delegación de influencia y fue ajustada por el crecimiento poblacional de 2011 a 2041 (30 años de vida útil), de acuerdo a datos de proyección de la población 2005 – 2050 de la CONAPO<sup>58</sup>.



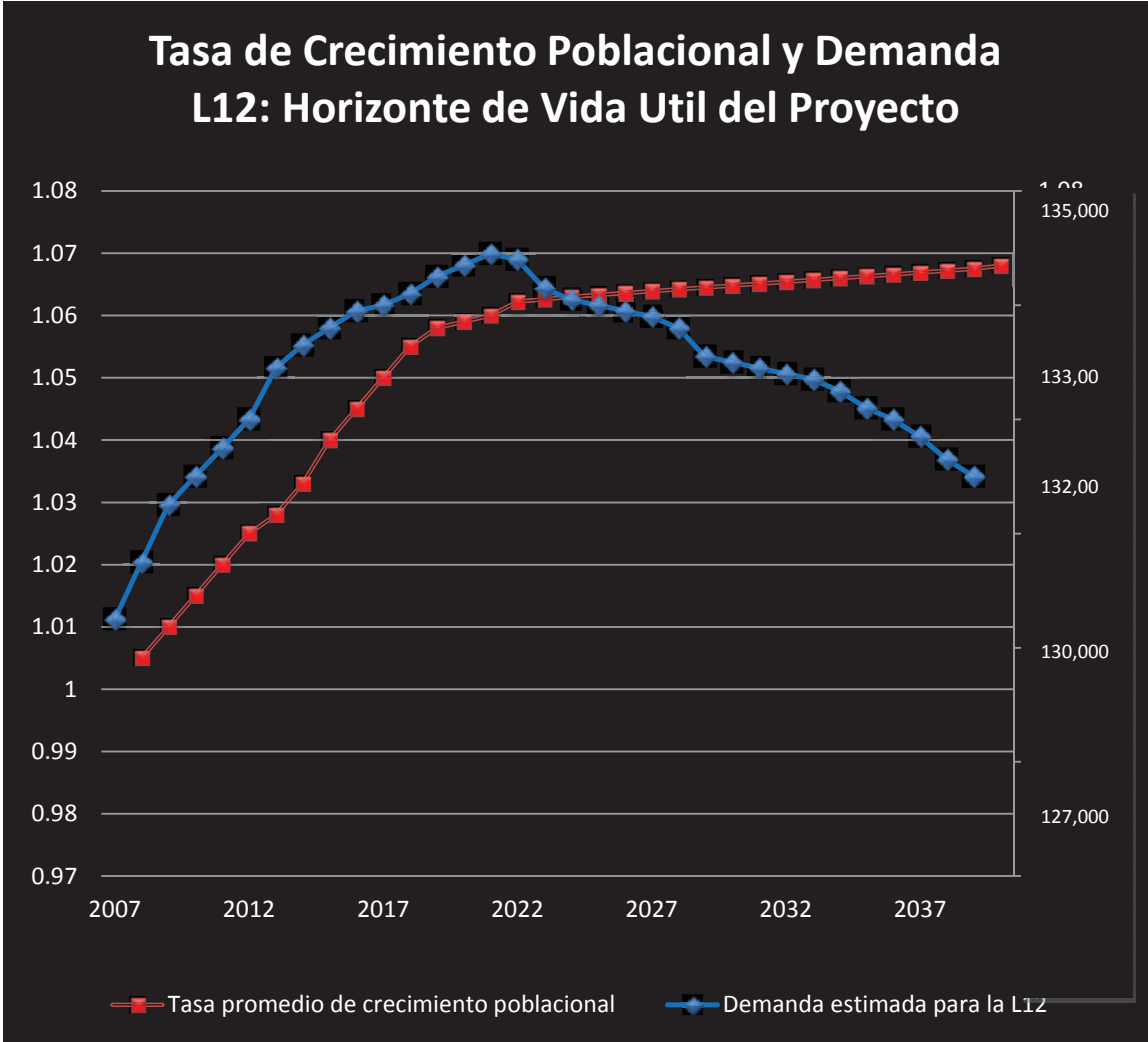
Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta Origen Destino 2007 y en las Proyecciones de Población de CONAPO 2005<sup>59</sup>

<sup>58</sup> Consejo Nacional de Población

<sup>59</sup> El eje vertical contiene miles de viajes anuales y en el eje horizontal se presentan los años a los cuales se tomo el crecimiento poblacional al realizar el proyecto.

La distribución de los viajes en días laborales se presenta en mayor magnitud en las delegaciones Iztapalapa, Benito Juárez y Coyoacán.

A continuación se muestra la una gráfica con la demanda total de la L-12, en la que se observa como la demanda decrece a partir del año 2025 aun cuando el crecimiento poblacional del área de influencia se mantiene constante. Eso se debe principalmente a que delegaciones altamente generadoras y atractoras de viajes como son Coyoacán y Benito Juárez, disminuyen su población a lo largo de la vida útil de la L-12.



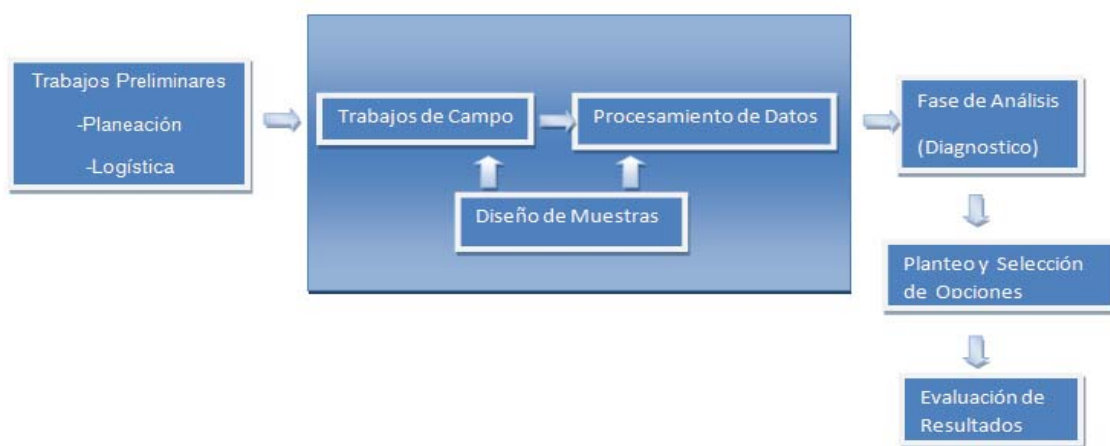
Fuente: Elaboración propia con basados en la EOD, 2007<sup>60</sup>

<sup>60</sup> Nota: en la parte izquierda encontramos la tasa de crecimiento anual de población, en la parte derecha encontramos los miles de viajes anuales, mientras en la parte inferior se presentan los años a los cuales se tomó el crecimiento poblacional al realizar el proyecto.



Para lograr el establecimiento de la demanda de la línea de transporte es necesario definir un conjunto de datos que además de que exprese la demanda cuantitativamente, logre ser compatibles con el esquema de entrada y salida del producto de análisis. En el siguiente diagrama se muestra el proceso para poder lograr lo anterior.

### Establecimiento de la demanda (Diagrama general del proceso).



Fuente: Elaboración Propia

### Ahorro de tiempo de los usuarios

El modelo conceptual de la valoración del tiempo sugiere que ésta depende de las preferencias, de tiempo libre disponible para ocio y las características socioeconómicas de los individuos. Esta valoración del tiempo ha sido expresada en múltiples ocasiones como proporción del ingreso personal o familiar, ya que existe un costo de oportunidad cuando se pierde tiempo, como es el caso del tiempo perdido en los traslados o viajes. Estudios recientes muestran que la valoración del tiempo crece con el nivel del ingreso familiar, aunque no de manera proporcional.

A continuación se presenta la descripción de la demanda estimada de usuarios de la Línea 12 de acuerdo a la Encuesta Origen Destino 2007. Las principales variables socio demográficas son género, edad y nivel de escolaridad. Estos criterios se utilizan para imputar los ingresos esperados dependiendo del salario de reserva que cada grupo tiene en el mercado laboral.

Variables	Proporción
<b>Género</b>	
Hombre	0.55
Mujer	0.45
<b>Edad</b>	
6 - 13 años	0.02
14 - 19 años	0.09
20 - 29 años	0.28
30 - 39 años	0.25
40 - 49 años	0.17
50 - 59 años	0.12
60 años y más	0.08
<b>Nivel de educación</b>	
Sin educación	0.03

Fuente: Encuesta Origen Destino 2007

Primer transporte usado	
<b>Colectivo</b>	0.71
Metro	0.08
Autobús RTP	0.04
Taxi	0.03
Autobús Suburbano	0.12
Otro	0.03
<b>Número modos de transporte por viaje</b>	
Hasta un modo	0.17
2 modos	0.5
3 modos	0.29
Más de 4 modos	0.04

Fuente: Encuesta Origen Destino 2007

Primaria	0.2
Secundaria	0.25
Nivel Medio Superior y mas	0.53
<b>Propósito del viaje</b>	Proporción
Trabajar	0.65
Regresar a casa	0.01
Estudiar	0.13
Compras	0.03
Social, diversión	0.04
Trámite	0.03
Llevar / recoger a alguien	0.03
Otro	0.08

Ahorro promedio en minutos por grupo de edad por viaje al día	
Edad	Ahorro
6 - 13 años	48.01
14 - 19 años	47.49
20 - 29 años	51.46
30 - 39 años	52.86
40 - 49 años	55.25
50 - 59 años	54.04
60 años y más	49.25

Ahorro en minutos por uso de L12 por viaje al día	Proporción
Hasta 30 min.	0.33
30 - 60 min.	0.35
60 - 90 min.	0.18
Más de 90 min.	0.15

Para el cálculo del ingreso laboral esperado según sus características demográficas individuales que utilizarán la Línea 12, se empleó la información laboral provista por la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). La ENOE es realizada por el INEGI y es representativa a nivel nacional y por entidad federativa, incluyendo el D.F. La encuesta cuenta con un extenso cuestionario para el tema laboral y cuenta con información trimestral para cada año hasta el tercer trimestre de 2008.

A continuación se muestran los ingresos laborales promedio por género por hora para los usuarios de la Línea 12 del Metro, teniendo un ingreso promedio laboral de \$35.97 pesos para la demanda total.

<b>Ingreso Laboral Promedio por Hora</b>	
<b>Hombre</b>	36.43
<b>Mujer</b>	35.40
<b>Demanda Total</b>	35.97

Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Datos trimestrales 2008 para el D. F. INEGI

## 6.9 Número y tipología de trenes

El cálculo del número de trenes para la Línea 12 se basa tanto en los datos operativos de la Línea como en la evolución de la demanda, específicamente en las horas de mayor ocupación del sistema, es decir la Hora de Máxima Demanda (que para la L-12 del Sistema Colectivo Metro se considera de 6 de la mañana a 9 de la mañana).

El cálculo del número de trenes para la operación (Flota de Trenes, FT) se basa en los datos operativos de Duración de Vuelta (DV) y de Intervalo de Servicio (ISD), con base en la siguiente fórmula:

$$FT = \frac{DV}{ISD}$$

La duración de vuelta es la duración en minutos de un trayecto de ida y vuelta. Es decir es la duración en tiempo necesario para realizar el trayecto primero en un sentido y luego completarlo en el otro sentido. Tiene en cuenta tanto el tiempo de recorrido como el tiempo necesario para maniobras. Se calcula con base a la Longitud de la Línea (L) y con el dato de velocidad comercial de operación (VC); éste último se obtiene de los tiempos obtenidos de las marchas tipo y representa

la velocidad promedio teniendo en cuenta la velocidad de recorrido y los tiempos de maniobra.

Para el caso de la Línea 12, la Longitud de la Línea (L) ya se comentó anteriormente que es de 24.5 kilómetros y la velocidad comercial de operación (VC) se calcula en 41 kilómetros por hora. De manera que:

$$DV = \frac{2 \times L}{VC} = \frac{2 \times L}{41 \text{ Km/h}} = \frac{2 \times 24.5 \text{ Km/h}}{41 \text{ Km/h}} = 2 \times 0.60 \text{ horas} \times 60 \text{ min/hora} = 2 \times 35.9 \text{ minutos} = 71.7 \text{ minutos}$$

El parámetro operativo de ISD para la Línea 12 se ha fijado en 189 segundos, es decir el intervalo entre trenes será de 3.15 minutos. Por tanto la Flota de Trenes (FT) para operación se determina:

$$FT = \frac{71.7 \text{ min}}{3.15 \text{ min}} = 22.76 \approx 23 \text{ trenes para la operación.}$$

A este número es necesario añadirle trenes de reserva y trenes para cubrir períodos de mantenimiento de los trenes en operación. Para la Línea 12, se determinó necesario tener 2 trenes de reserva y 3 trenes para cubrir los períodos de mantenimiento, de forma que la flota total de trenes es:

Flota total = 23 trenes para operación + 2 trenes para reserva + 3 trenes para mantenimiento = 28 trenes

Por otro lado, es necesario vincular este número de trenes con la oferta para cubrir los períodos de máxima demanda. Para tal efecto, calculamos primero la demanda de la L-12 en todo el período de operación para la franja de HMD, es decir de 6 a 9 de la mañana; y después calculamos la oferta de transporte público asociada a una flota en operación de 23 trenes con los parámetros de operación antes mencionados.

- La demanda en HMD se basa en filtrar la estimación de la demanda potencial de la Línea 12, y sólo considerar aquellos viajes que ocuparían una plaza en la Línea 12 en el período de 6 a 9 de la mañana. Para no sobreestimar esta demanda, se consideraron todos aquellos viajes que tuvieran inicio de viaje entre las 6 y las 9 de la mañana, y que tuvieran fin de viaje también entre las 6 y las 9 de la mañana. De esta manera, se está asegurando que estos viajes, en alguno de sus tramos, utilizan la Línea 12 con una certeza del 100%. Se está subestimando porque hay viajes que usarán la L-12 en alguno de sus trayectos, pero inician su trayecto antes de las 9am y lo finalizan después de las 9am.

El resultado de aplicar este filtro se muestra a continuación para el año 2008

Número de encuestas, factores de expansión y viajes en las delegaciones de la zona de influencia de la Línea 12 en Hora de Máxima Demanda			
Delegación	Numero de encuestas	Factor de expansión	Numero de viajes
<b>Coyoacán</b>	366	95.58	34,982
<b>Iztapalapa</b>	502	102.54	51,475
<b>Álvaro Obregón</b>	84	104.56	8,783
<b>Tláhuac</b>	257	89.86	23,095
<b>Xochimilco</b>	50	104.70	5,235
<b>Benito Juárez</b>	343	96.85	33,218
<b>Total</b>	1602	<b>97.87</b>	156,788

Fuente: Encuesta Origen Destino 2007

La oferta horaria de pasajeros de la Línea 12 se calcula según:

$$\text{Oferta horaria} = \frac{\frac{\text{Número de pasajeros}}{\text{tren}} * 23 \text{ trenes en operación} * (60 \text{ min/hora})}{DV}$$

$$\text{Oferta horaria} = \frac{1,680 \text{ pasajeros/tren} * 23 * 60}{35.9} = 64,663 \text{ viajes/hora}$$

Por lo tanto, la oferta total en HMD es tres veces esta oferta, es decir 193,989 plazas o viajes cada año.

La interacción Oferta-Demanda para todo el período de operación de la Línea 12 en la HMD queda como se ilustra en el cuadro a continuación:

<b>Balance Oferta-Demanda de la Línea 12 para Hora de Máxima Demanda</b>			
<b>Año</b>	<b>Demanda HMD día laborable*</b>	<b>Oferta HMD día laborable**</b>	<b>Balance HMD día laboral</b>
2011	158995	193989	34994
2012	159474	193989	34515
2013	159917	193989	34072
2014	160323	193989	33666
2015	160690	193989	33299
2016	161019	193989	32970
2017	161311	193989	32678
2018	161563	193989	32426
2019	161771	193989	32218
2020	161937	193989	32052
2021	162059	193989	31930
2022	162136	193989	31853
2023	162166	193989	31823
2024	162148	193989	31841
2025	162082	193989	31907
2026	161967	193989	32022
2027	161803	193989	32186
2028	161592	193989	32397
2029	161333	193989	32656
2030	161027	193989	32962
2031	160817	193989	33172
2032	160606	193989	33383
2033	160395	193989	33594
2034	160184	193989	33805
2035	159973	193989	34016
2036	159762	193989	34227
2037	159551	193989	34438
2038	159340	193989	34649
2039	159129	193989	34860
2040	158918	193989	35071
2041	158707	193989	35282

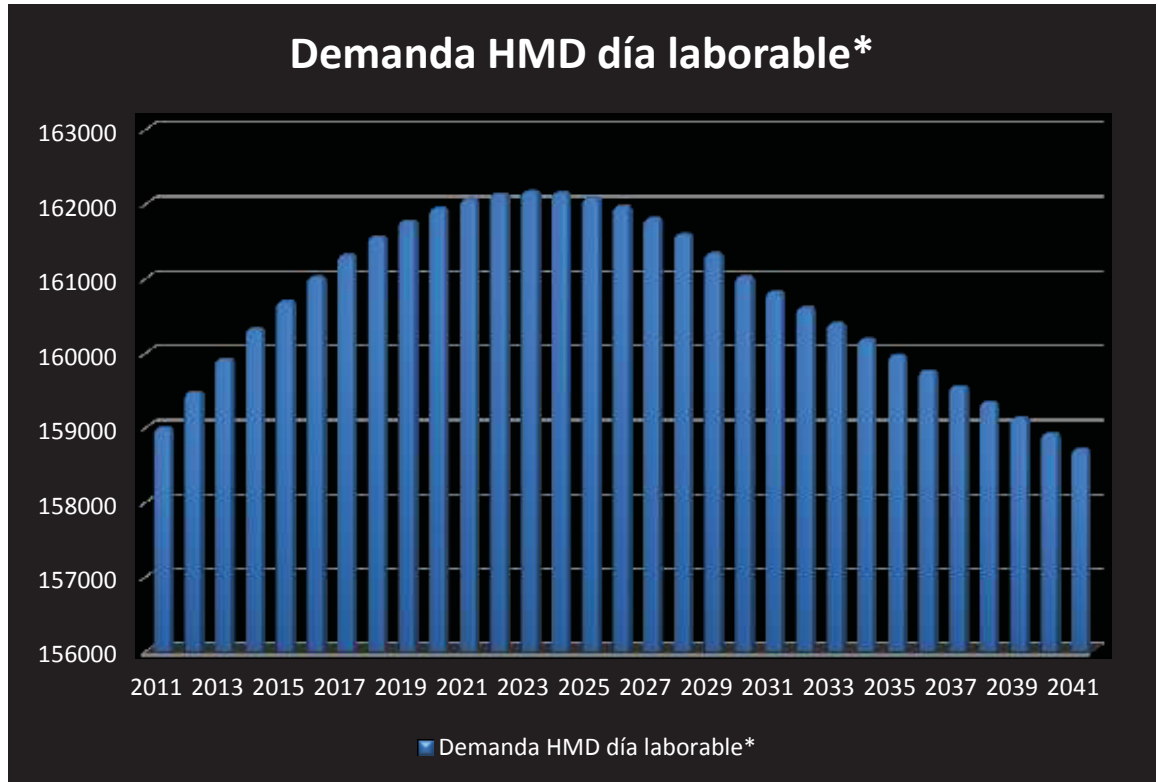
Fuente: Elaboración propia con base:

\* Cálculos con información de la EOD

\*\* Cálculos con información de la DGP-Metro

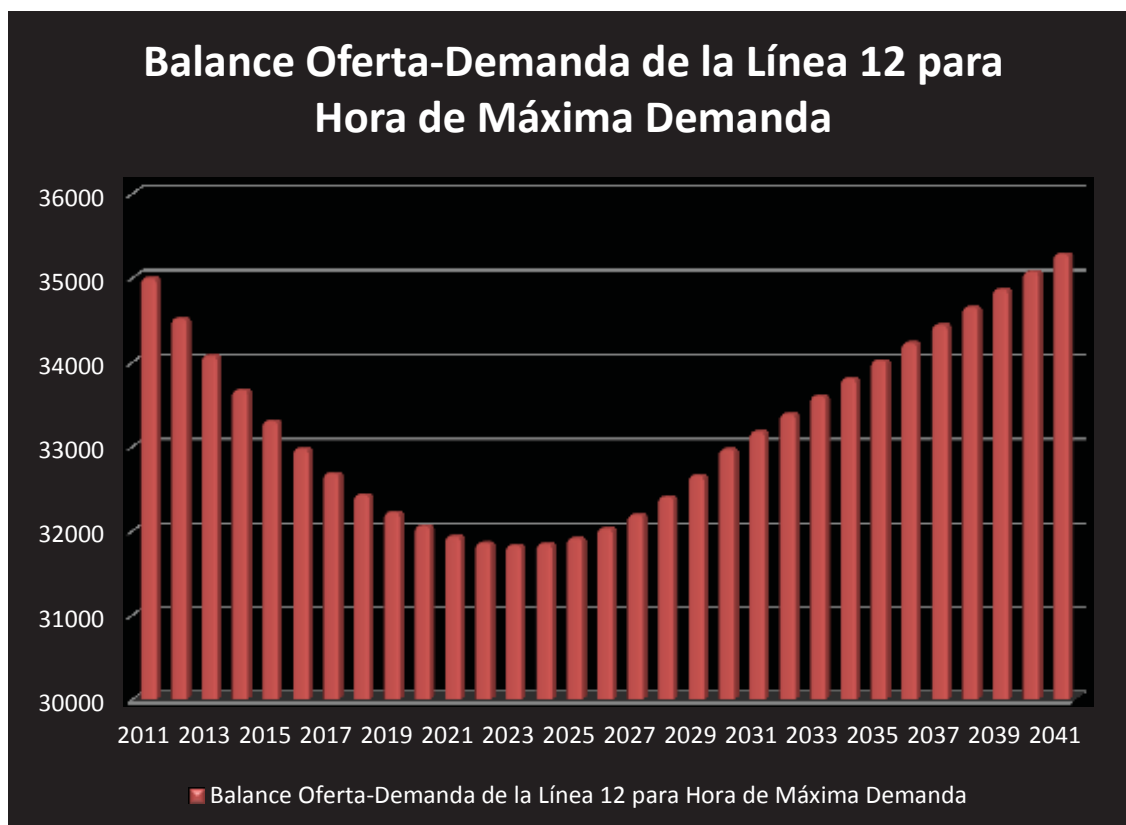
Como podemos observar en la demanda que se presentara a lo largo del periodo de proyección de la línea de metro, esta aumenta con el paso del tiempo para ser

en el año 2023 su punto máximo y de ahí empezar disminuir, por muchos aspectos que se contemplan en su mayoría en las tasas de crecimiento en la zona aledaña a la construcción de la línea.



Fuente: Elaboración propia con base:  
 \* Cálculos con información de la EOD  
 \*\* Cálculos con información de la DGP-Metro

En la siguiente grafica podemos observar el balance que existe entre la oferta y la demanda, en otras palabras en esta figura podemos ver las plazas o viajes disponibles que se prevé va a contar la línea 12, en su periodo de vida útil, tomando en consideración las proyecciones que se realizaron en la tabla anterior. La hora de máxima demanda, la ocupación promedio en los años de operación de la Línea 12 del Metro, oscila entre el 82 y el 84% de su capacidad.



Fuente: Elaboración propia con base:  
 \* Cálculos con información de la EOD  
 \*\* Cálculos con información de la DGP-Metro

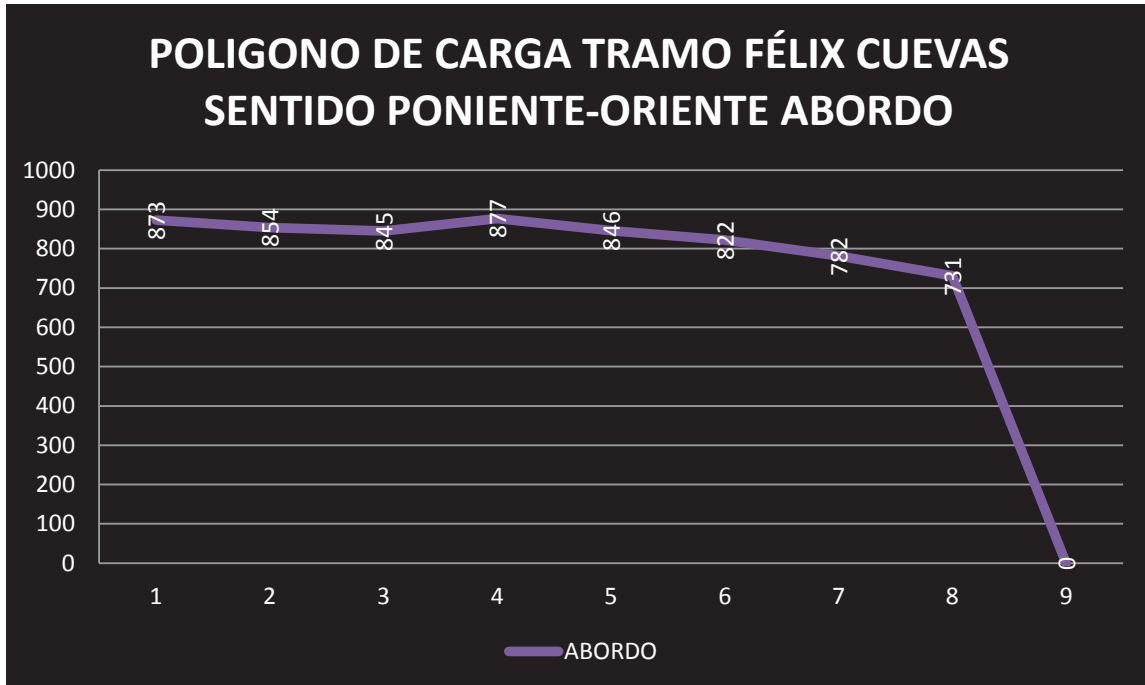
## 6.10 Estimaciones de Ascenso y Descenso de Estaciones

El STC-Metro realizó un ejercicio de estimación de los polígonos de carga con el fin de estimar o aproximar los porcentajes de viajeros que ascienden y descienden en las estaciones potenciales a construirse en el trayecto de la Línea 12. Los polígonos de carga se estimaron en cuatro tramos, cada uno con puntos de aforo intermedios. Los cinco tramos estudiados por el STC-Metro son Félix Cuevas, Eje 3 Oriente, Popocatepetl, Ermita Iztapalapa y Tláhuac. Los cinco tramos aproximan al trayecto y trazo de la Línea 12 en ambos sentidos. Una vez conocidos los polígonos de carga se puede estimar la proporción de ascensos y descensos de cada estación planificada como parte de la Línea 12.

La siguiente gráfica muestra el polígono de carga de los principales puntos de afluencia del Tramo Félix Cuevas, en el sentido de Poniente a Oriente. Se puede interpretar que en la primera parada del tramo (punto de carga) abordan 1,250 pasajeros promedio por hora, siendo el punto con mayor número de personas



abordando, seguida de la Avenida Universidad (punto de descarga), la cual presenta el mayor número de personas que descienden.



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

TRAMO	ABORDAN	DESCIENDEN	ABORDO
<b>1: PRIMERA PARADA TRAMO</b>	1250	-377	873
<b>2: FRAGONARD</b>	29	-47	854
<b>3: AV. DE LOS INSURGENTES</b>	107	-116	845
<b>4: SAN FRANCISCO</b>	107	-75	877
<b>5: MORAS</b>	36	-67	846
<b>6: AV. COYOACAN</b>	63	-87	822
<b>7: AV. GABRIEL MANCERA</b>	53	-93	782
<b>8: NICOLÁS SAN JUAN</b>	25	-76	731
<b>9: AV. UNIVERSIDAD</b>	252	-993	0

Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

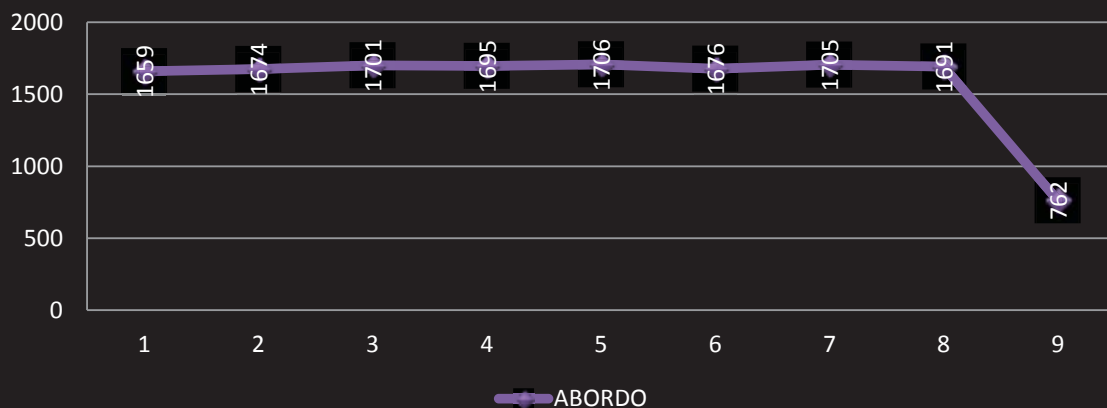
## POLIGONO DE CARGA TRAMO FÉLIX CUEVAS SENTIDO PONIENTE-ORIENTE



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

La siguiente gráfica al igual que la anterior muestra los principales puntos de afluencia del Tramo Félix Cuevas, la diferencia radica en que es de Oriente a Poniente. En el principal punto de carga abordan 1,270 personas por hora, manteniendo durante el trayecto una cifra constante de ascensos y descensos. Asimismo en la última parada del tramo, siendo el mayor punto de descarga, descienden 1,231 personas

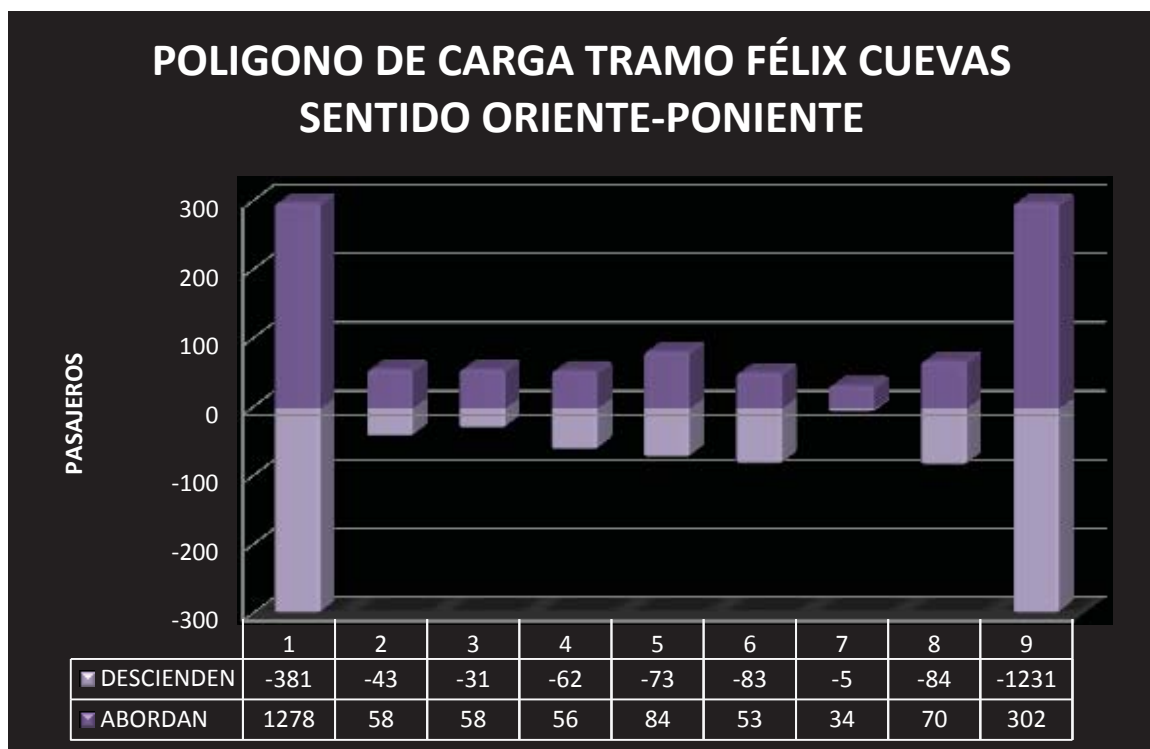
## POLIGONO DE CARGA TRAMO FÉLIX CUEVAS SENTIDO ORIENTE-PONIENTE ABORDO



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

AFORO	ABORDAN	DESCIENDEN	ABORDO
1: PRIMERA PARADA TRAMO	1278	-381	1659
2: A. ORTEGA	58	-43	1674
3: MARTÍN MENDALDE	58	-31	1701
4: MORAS	56	-62	1695
5: FELIZ CUEVAS	84	-73	1706
6: MANZANAS	53	-83	1676
7: MALAGA	34	-5	1705
8: POUSSIN	70	-84	1691
9: ULTIMA PARADA DEL TRAMO	302	-1231	762

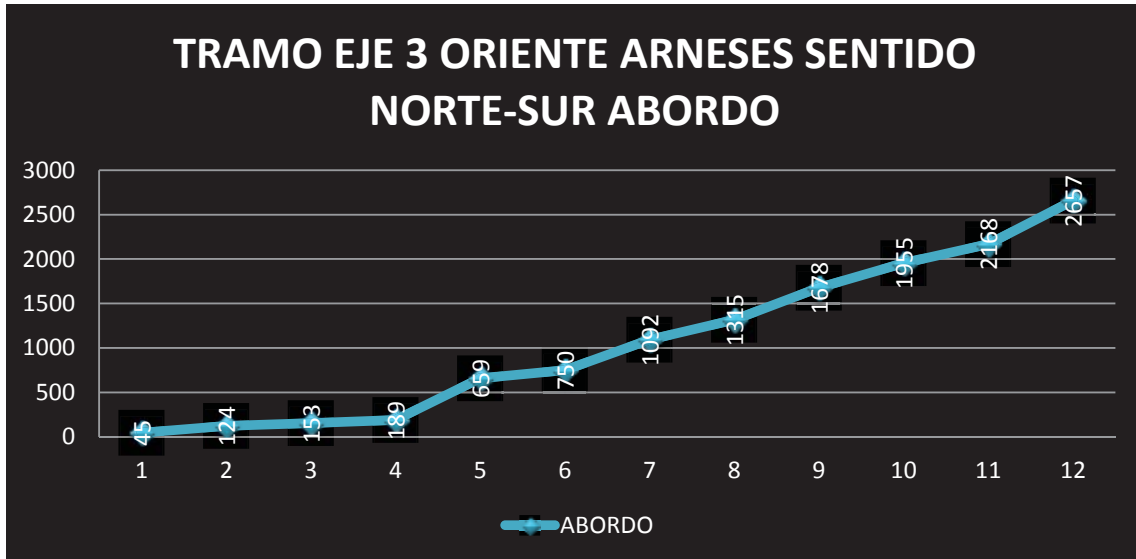
Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

El polígono de carga del Tramo Eje 3 Oriente Arneses en sentido de norte a sur, tal como se muestra en la siguiente gráfica, muestra ascensos y descensos en diferentes puntos de afluencia, siendo la Calzada Ermita Iztapalapa la que mayor número de abordos presenta, a lo largo del tramo existen diversos puntos en

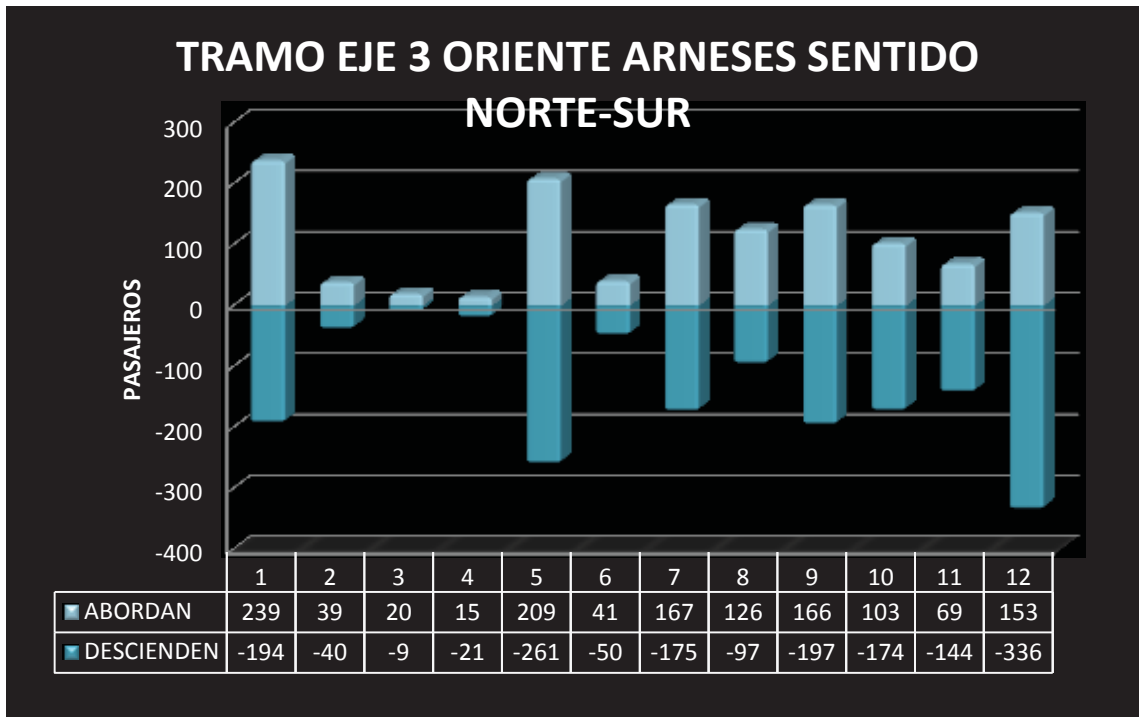
donde se presenta un importante flujo de ascensos y descenso, para terminar en el punto Rosario Castellanos en donde se presenta el mayor número de descensos con 336.



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

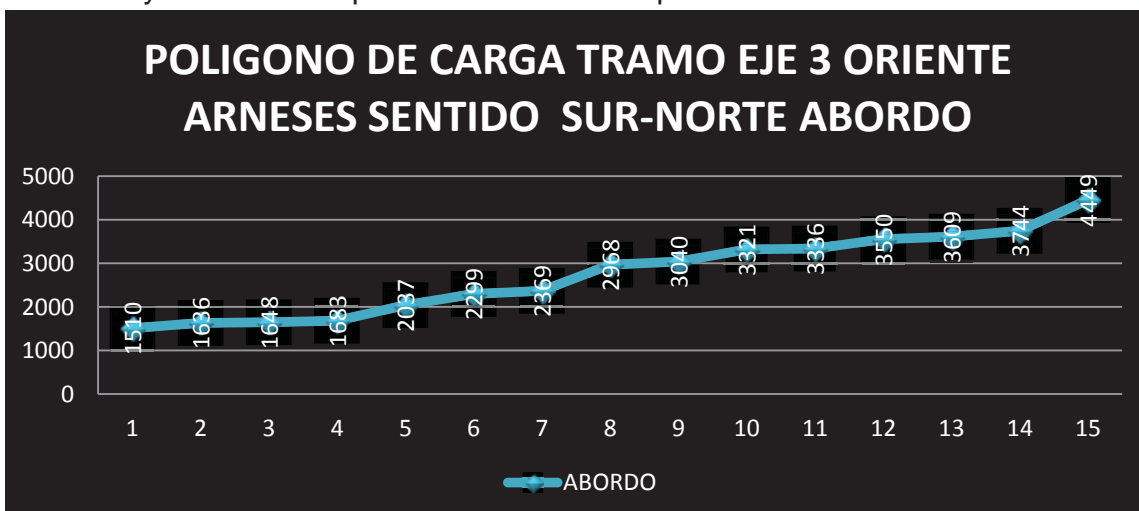
TRAMOS	ABORDAN	DESCIENDEN	ABORDO
<b>1: ERMITA IZTAPALAPA</b>	239	-194	45
<b>2: GANADEROS</b>	39	-40	124
<b>3: COLORINES</b>	20	-9	153
<b>4: CUAUTEMOC</b>	15	-21	189
<b>5: TAXQUEÑA</b>	209	-261	659
<b>6: APACHES</b>	41	-50	750
<b>7: SANTA ANA</b>	167	-175	1092
<b>8: MARIQUITA SANCHEZ</b>	126	-97	1315
<b>9: MANUELA SAENZ</b>	166	-197	1678
<b>10: LA VIRGEN</b>	103	-174	1955
<b>11: DOLORES GUERRERO</b>	69	-144	2168
<b>12: LAS BOMBAS</b>	153	-336	2657

Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

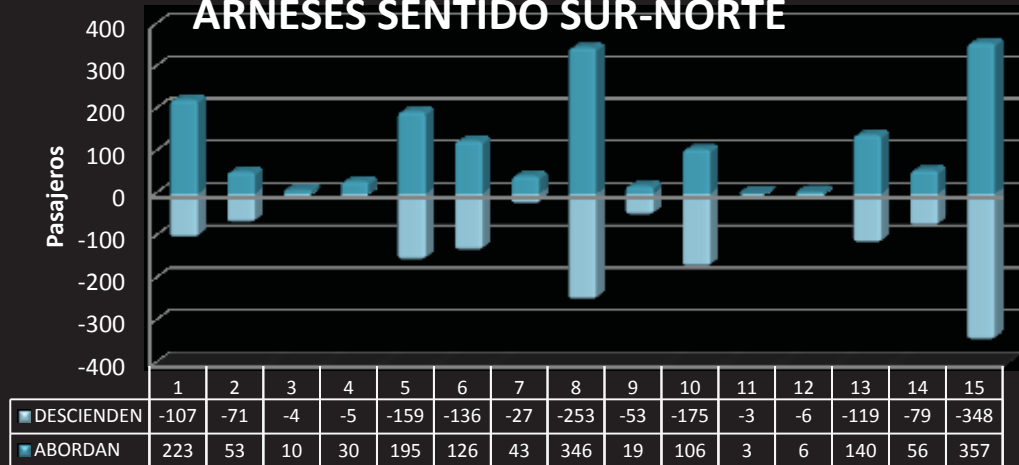
La siguiente gráfica muestra el mismo tramo en sentido contrario, es decir de Sur a Norte. El punto de ascenso se encuentra ubicado en Rosario Castellanos, donde ascienden 223 personas, sin embargo el punto Santa Ana tiene un mayor número de descensos y ascensos, 346 y 253 respectivamente. Al finalizar el tramo (en la Calzada Ermita Iztapalapa) descienden 348 personas por hora, siendo el tramo donde mayor número de personas descienden por hora.



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

## POLIGONO DE CARGA TRAMO EJE 3 ORIENTE

### ARNESES SENTIDO SUR-NORTE

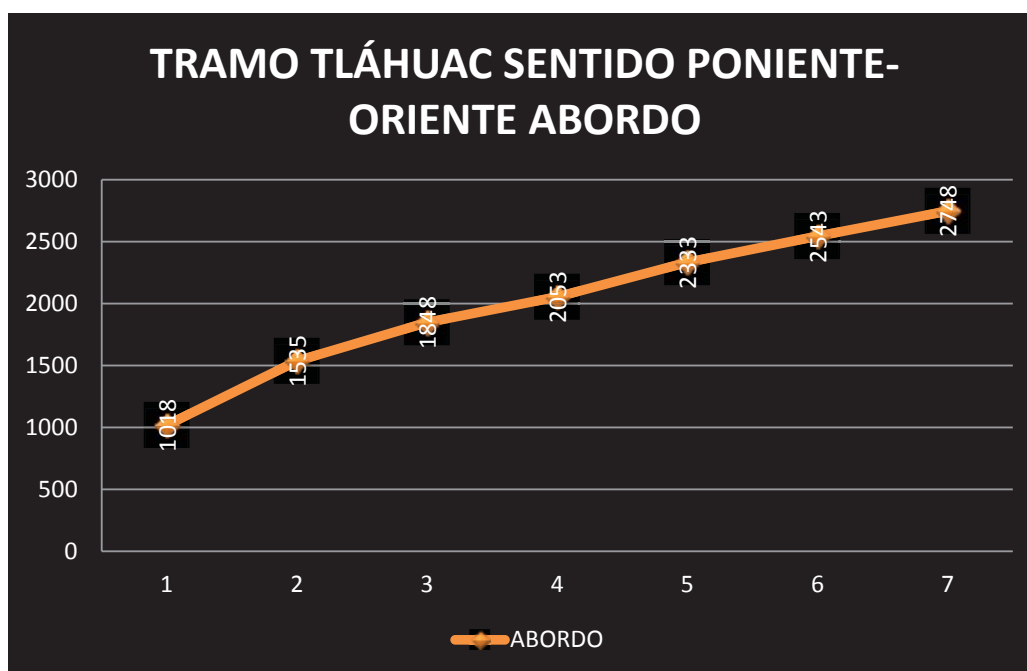


Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

TRAMOS	ABORDAN	DESCIENDEN	ABORDO
1: LAS BOMBAS	223	-107	1510
2: MANUEL MEDINA	53	-71	1636
3: ELVIRA VARGAS	10	-4	1648
4: DOLORES GUERRERO	30	-5	1683
5: LA VIRGEN	195	-159	2037
6: MANUELA SAENZ	126	-136	2299
7: MARIQUITA SANCHEZ	43	-27	2369
8: SANTA ANA	346	-253	2968
9: APACHES	19	-53	3040
10: TAXQUEÑA	106	-175	3321
11: CUAUHTEMOC	3	-3	3336
12: ARNESES	6	-6	3550
13: GANADEROS	140	-119	3609
14: CAMPESINOS	56	-79	3744
15: ERMITA IZTAPALAPA	357	-348	4449

Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008

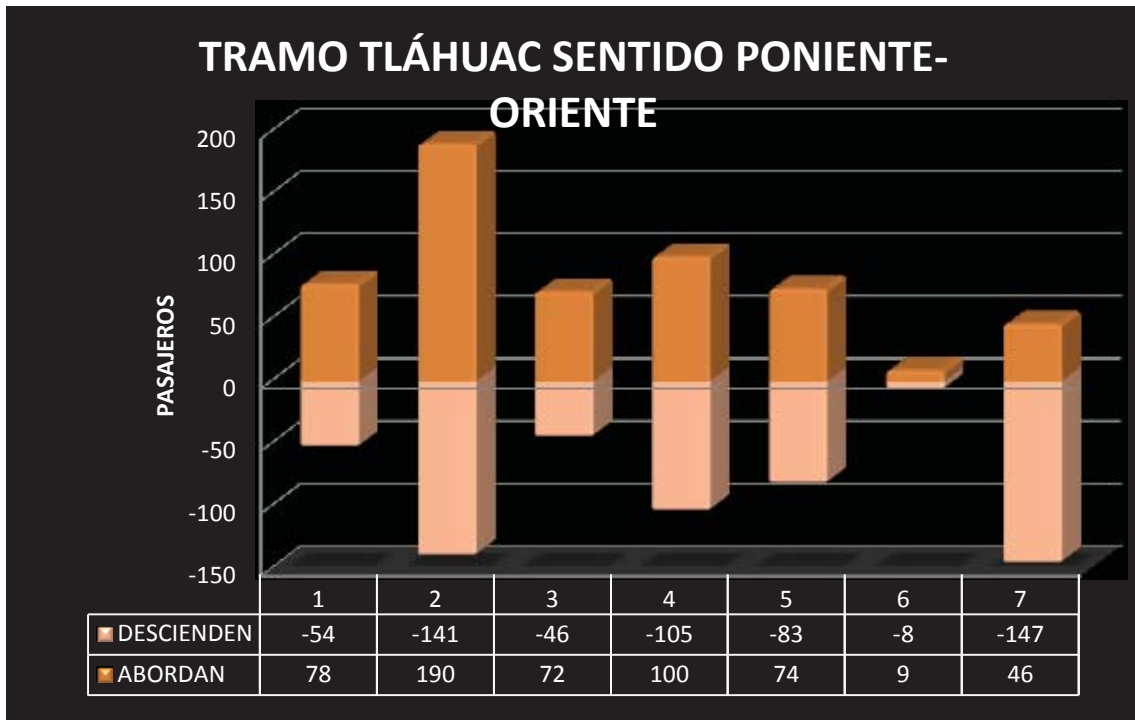
La siguiente gráfica muestra el Polígono de carga del Tramo Av. Tláhuac, en sentido Poniente a Oriente. El punto situado en Anillo Periférico suele tener 190 ascensos, siendo el punto con mayor número de abordos en el tramo. El punto con mayor número de descensos es Mar Tranquilidad, al descender 147 personas en promedio por hora.



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

TRAMOS	ABORDAN	DESCIENDEN	ABORDO
AV 11	78	-54	1018
ANILLO PERIFERICO	190	-141	1535
ALDAMA	72	-46	1848
OLIVOS	100	-105	2053
MORELOS	74	-83	2333
EJIDO	9	-8	2543
MAR TRANQUILIDAD	46	-147	2748

Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

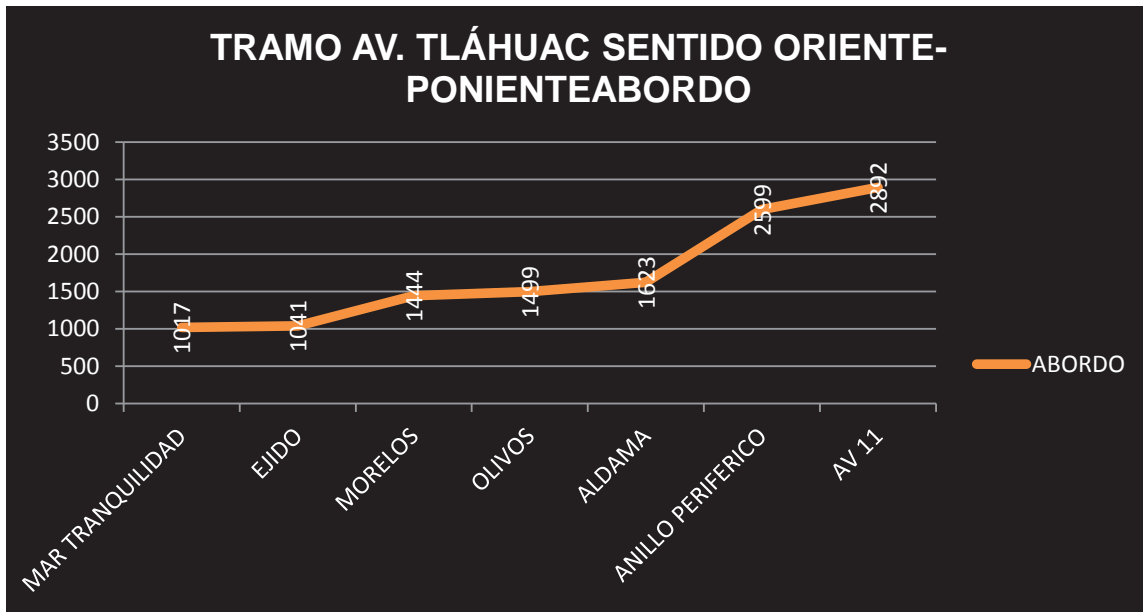


Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008

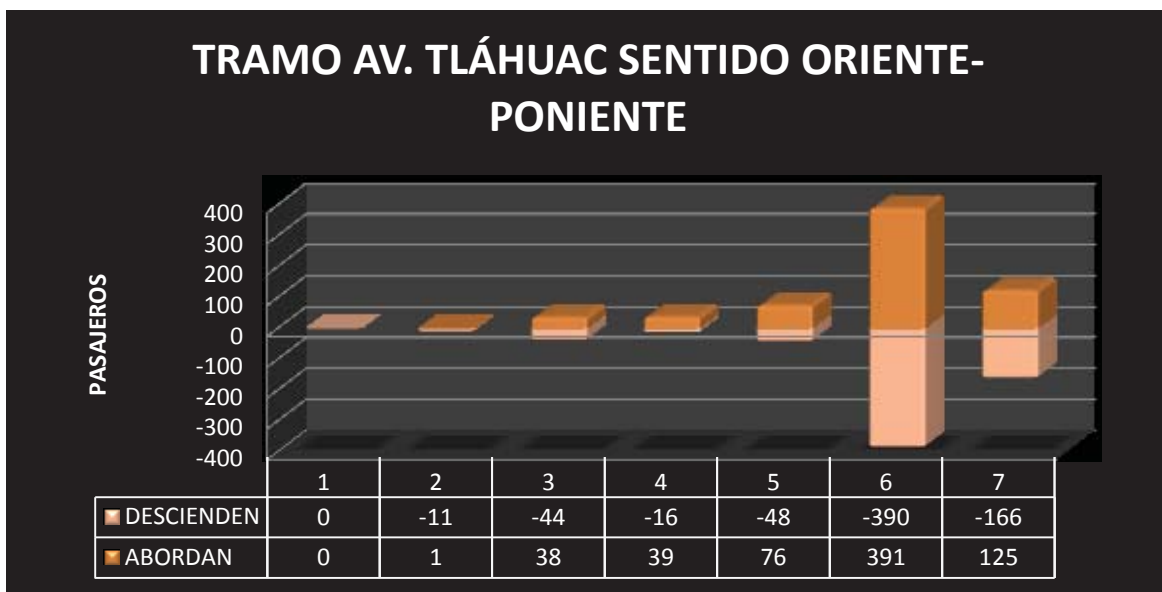
A continuación se muestra la gráfica anterior en sentido Oriente a Poniente, el punto con mayor carga y descarga es el Anillo Periférico, en promedio por hora ascienden 390 personas y descenden 391. El siguiente punto en afluencia es el Eje 10, muy por debajo del situado en Anillo Periférico, registrando 126 ascensos y 166 descensos.

TRAMOS	ABORDAN	DESCIENDEN	ABORDO
MAR TRANQUILIDAD	0	0	1017
EJIDO	1	-11	1041
MORELOS	38	-44	1444
OLIVOS	39	-16	1499
ALDAMA	76	-48	1623
ANILLO PERIFERICO	391	-390	2599
AV 11	125	-166	2892





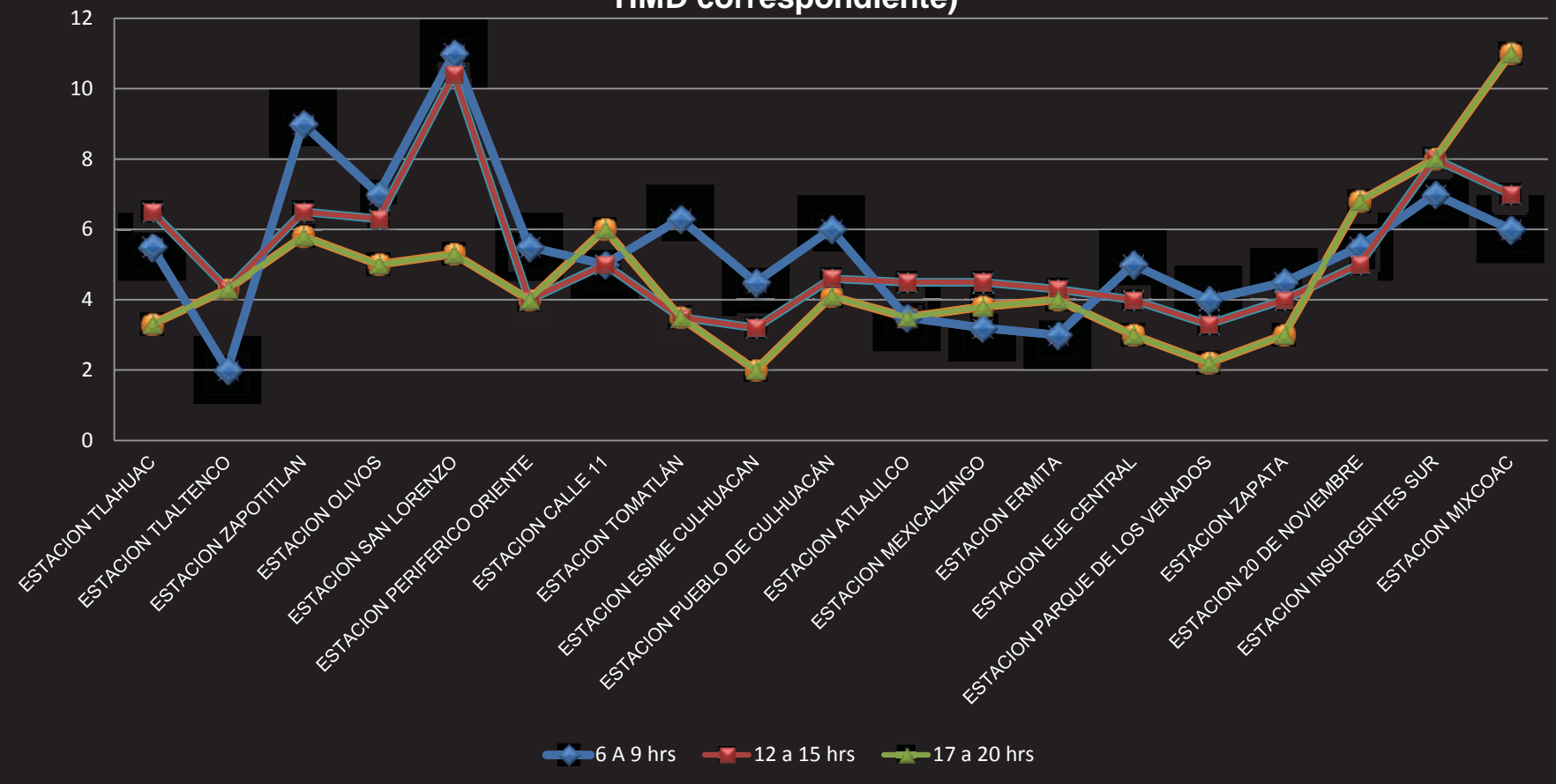
Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008

Con base en los datos presentados anteriormente, el STC-Metro estimó la afluencia relativa entre las potenciales estaciones. Los tramos y subtramos en donde se presenta mayor carga y descarga de pasajeros sirven para poder asignar la afluencia relativa que una estación de la Línea 12 tendría con relación a las demás estaciones de todo el trayecto de la Línea 12. Con base en ello la gráfica a continuación muestra la afluencia relativa entre estaciones de la Línea 12 para los tres periodos de máxima demanda (HMD).

**Afluencia Relativa en HMD para las 20 Estaciones de la Línea 12 del Metro  
(Porcentaje de cada estación con respecto a afluencia total de estaciones en HMD correspondiente)**



Fuente: Cálculos propios con base en información de STC-Metro. Actualización del Estudio de la Demanda para la Línea 12 del Tláhuac-Mixcoac. CIECAS-IPN, 2008.

### **6.10.1 Distribución de viajes en cada estación.**

Para poder estimar el número de viajes generados dentro de la línea 12, se partió de la hipótesis de que los viajes generados en la Línea son proporcionales a los generados en el D.F. <sup>(13)</sup> utilizándose para ello datos provenientes de la Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal

Partiendo de que el número de viajes por día, generados en la zona, es el que cuantifica la magnitud del problema de transporte, y siendo este, el problema a resolver, se ha considerado necesario, partir de ciertas hipótesis, basadas en datos estadísticos. <sup>(16)</sup>

La 1ª hipótesis se basa en el índice de viajes generados por habitantes en el área metropolitana de la Ciudad de México.

La 2ª hipótesis se basa en los datos que en se obtuviera del Sistema de Transporte Colectivo, respecto a la determinación del número de pasajeros transportados por kilómetro en el Servicio de Transportes Eléctricos del D.F., pero tomando en cuenta solamente el kilometraje de la red existente dentro del área de estudio.

La 3ª hipótesis se sustenta en los registros de personas transportadas por el Metro, mismos que se contabilizan diariamente por medio de los torniquetes de cada estación.

Este análisis está apoyado en los estudios de demanda que se realizaron, en algunos puntos estratégicos que se ubicaron dentro del área de estudio.

Conociendo la velocidad de operación y la longitud de la Línea se obtuvo el tiempo de recorrido por vuelta, mismo al ser dividido entre el tiempo diario de operación del sistema, da el número de vueltas que se darán al día.

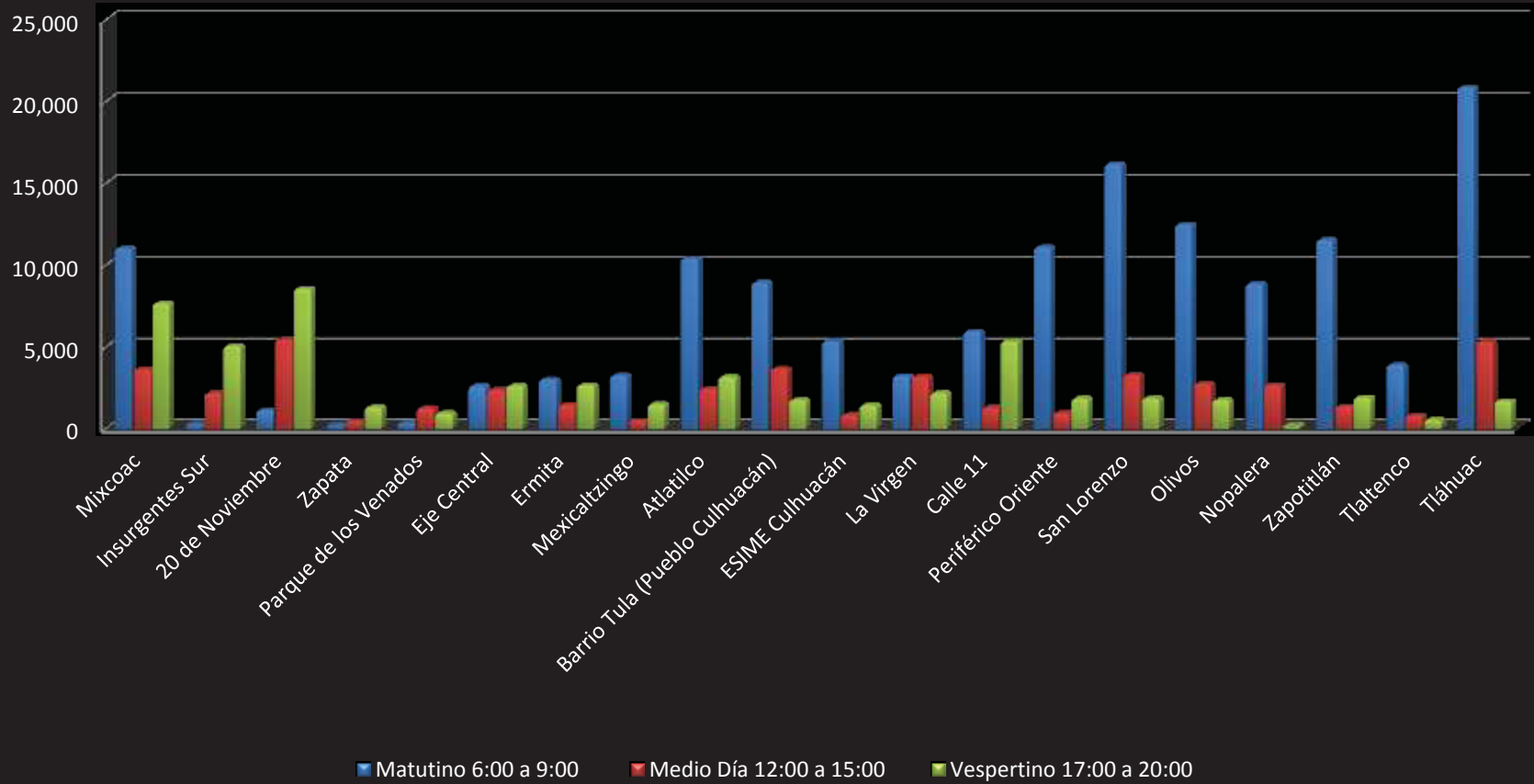
Y por último se aplica el método de distribución de viajes a cada HMD, para poder conocer las afluencias que se pretenden tener por estación en el proyecto.

A continuación se muestra una tabla con los aforos estimados por estación en distintas franjas horarias del día. Cabe mencionar que estos aforos no incluyen datos sobre las correspondencias con otras líneas.

<b>Afluencia de Usuarios por Estación con Reordenamiento de Transporte, Línea 12, Tláhuac- Mixcoac</b>			
<b>Estación</b>	<b>Aforo por Estación</b>		
	<b>Matutino 6:00 a 9:00</b>	<b>Medio Día 12:00 a 15:00</b>	<b>Vespertino 17:00 a 20:00</b>
<b>Mixcoac</b>	11,038	3,642	7,671
<b>Insurgentes Sur</b>	261	2,186	5,063
<b>20 de Noviembre</b>	1,136	5,448	8,572
<b>Zapata</b>	210	472	1,324
<b>Parque de los Venados</b>	326	1,275	958
<b>Eje Central</b>	2,616	2,379	2,628
<b>Ermita</b>	3,019	1,455	2,684
<b>Mexicaltzingo</b>	3,249	497	1,504
<b>Atlalilco</b>	10,412	2,454	3,168
<b>Barrio Tula (Pueblo Culhuacán)</b>	8,938	3,678	1,765
<b>ESIME Culhuacán</b>	5,351	853	1,437
<b>La Virgen</b>	3,230	3,186	2,180
<b>Calle 11</b>	5,941	1,305	5,348
<b>Periférico Oriente</b>	11,099	964	1,848
<b>San Lorenzo</b>	16,182	3,293	1,863
<b>Olivos</b>	12,485	2,764	1,769
<b>Nopalera</b>	8,862	2,682	154
<b>Zapotitlán</b>	11,545	1,366	1,918
<b>Tlaltenco</b>	3,901	813	554
<b>Tláhuac</b>	20,871	5,313	1,700

Fuente: Elaboración Propia con base en el Estudio de Demanda de la Línea 12

## Afluencia de Usuarios con Reordenamiento de Transporte, Línea 12, Tlahuac-Mixcoac



Fuente: Elaboración Propia con base en el Estudio de Demanda de la Línea 12

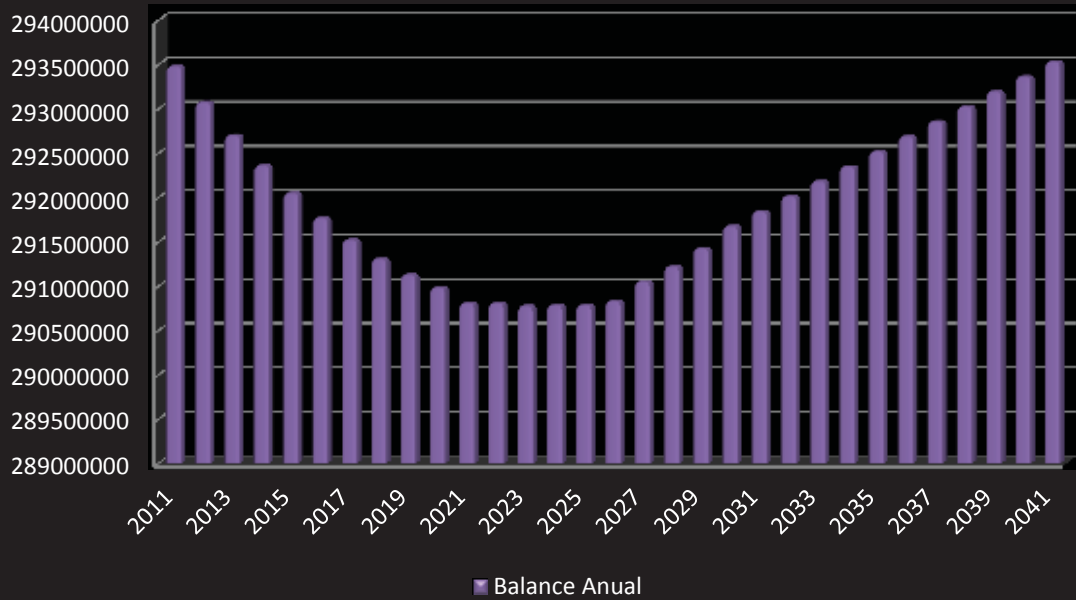
### 6.11 Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación

La vida útil de la Línea del Metro para el cálculo del VANS (valor actual neto entre los beneficios y costos sociales) es de 34 años, mismo que se va a utilizar como horizonte de evaluación.

Año	Demanda diaria día laborable	Demanda diaria fin de semana	Demanda total anual	Balance Anual
2011	442400	314099	131357139	293477832
2012	443733	315197	131760740	293074231
2013	444967	316223	132134930	292700041
2014	446095	317171	132477716	292357255
2015	447117	318041	132788493	292046478
2016	448033	318833	133067836	291767135
2017	448845	319548	133316836	291518135
2018	449545	320181	133531073	291303898
2019	450125	320727	133710318	291124653
2020	450125	320727	133853701	290981270
2021	450925	321830	134031371	290803600
2022	451139	321830	134031371	290803600
2023	451223	322011	134062601	290772370
2024	451174	322094	134054240	290780731
2025	450990	322079	134054240	290780731
2026	450670	321079	134005485	290829486
2027	450215	321750	133787008	291047963
2028	449628	321439	133618050	291216921
2029	448908	321030	133409660	291425311
2030	448055	320524	133161649	291673322
2031	447468	320213	132992882	291842089
2032	446882	319902	132824115	292010856
2033	446295	319591	132655347	292179624
2034	445708	319280	132486580	292348391
2035	445121	318969	132317813	292517158
2036	444534	318658	132149046	292685925
2037	443947	318348	131980279	292854692
2038	443360	318037	131811511	293023460
2039	442773	317726	131642744	293192227
2040	442186	317415	131473977	293360994
2041	441599	317104	131305210	293529761
<b>Oferta diaria laborable **= 1228594</b> <b>Oferta diaria fin de semana =131600</b> <b>Oferta total anual = 424834971</b>				

Fuente: Elaboración propia con base información de la EOD, Cálculos con información de la DGP-Metro

## Balance Oferta-Demanda de la Línea 12 Anual



Fuente: Elaboración propia con base:

\* Cálculos con información de la EOD

\*\* Cálculos con información de la DGP-Metro

## Demanda total anual



Fuente: Elaboración propia con base:

\* Cálculos con información de la EOD

\*\* Cálculos con información de la DGP-Metro

### **6.11.1 Aforos en las Vialidades de la Zona de Influencia**

Los resultados de la distribución de la demanda en vialidades se basan en los flujos obtenidos en la zona de Influencia de la Línea 12 dentro del Estudio de Impacto Urbano realizado por el Instituto Politécnico Nacional (CIECAS) en el segundo semestre de 2008. Los porcentajes se ajustaron a la demanda estimada de la Encuesta Origen Destino 2007. Con ello, se obtienen cifras de los flujos relativos por uso-horario y por modo de transporte.

La sección transversal vial por donde se ubicará la Línea 12 del Metro, se caracteriza en su mayoría por un desarrollo amplio o con derecho de vía variable. El trazo de la línea del metro tiene una continuidad aceptable desplazándose por vialidades con sección variable.

Las vialidades de la trayectoria de la línea del metro, actualmente están consideradas como vías primarias debido a su sección transversal y a su continuidad. Asimismo, el trazo de la Línea 12 tiene intersecciones con vialidades primarias importantes. En específico son 20 los cruces de mayor circulación y los más importantes son Avenida Tláhuac/Anillo Periférico, Av. Tláhuac/Calzada Taxqueña, Eje 8 Sur Ermita Iztapalapa/Eje 3 Oriente, Eje 8 Sur/Eje 2 Oriente Calzada de la Viga, Eje 8 Sur/Río Churubusco, Eje 8 Sur/Calzada de Tlalpan, Eje 8 Sur/ Eje Central, Municipio Libre/Avenida Universidad, Eje 7 Sur/Insurgentes Sur y por último Eje 7 Sur/ Avenida Revolución. El 53% de los flujos vehiculares provienen del sentido Oriente-Poniente y el resto fluyen en sentido Poniente-Oriente. El horario de máxima demanda (HMD) en todo el trayecto se presenta en el horario matutino con 41.2% de los aforos, después en el horario vespertino se concentran 33.2% de los vehículos que fluyen en el trayecto de la Línea 12 y por último en el horario nocturno con 25.6% del aforo total de vehículos.

Dado que la línea 12 del Metro abarca distintas zonas, a continuación se presenta el área de estudio dividida en tres segmentos viales junto con un análisis más detallado de lo anterior. Los tres segmentos son:

- tramo oriente, Tláhuac–Tezonco.
- tramo centro, Tezonco-Atlalilco.
- tramo poniente, Atlalilco-Mixcoac.

#### **Tramo Oriente Tláhuac–Tezonco**

En el tramo Oriente Tláhuac-Tezonco se localizan las estaciones de Tláhuac, Tlaltenco, Zapotitlán, Nopalera, Olivos y Tezonco. El tramo se caracteriza por los



problemas de congestionamiento vial los cuales se deben principalmente a que en la mayoría de sus intersecciones los semáforos tienen una mala operación, sumado a la continua parada del transporte público y el comercio informal.

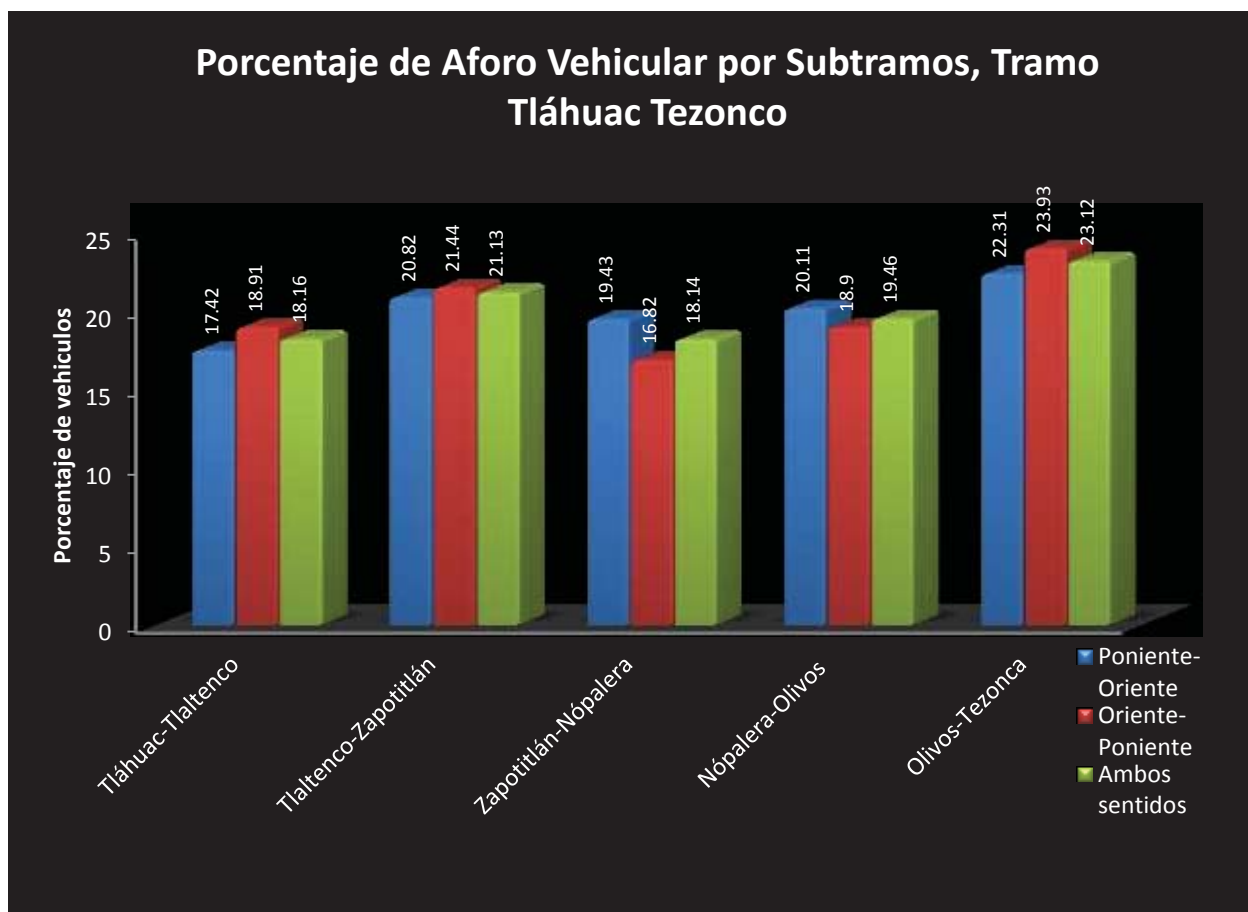
A continuación se presenta un cuadro que detalla las mayores afluencias por hora y sentido de circulación.

<b>Horarios de Máxima Demanda en el tramo Tláhuac-Tezonco (Zona Oriente), 2008. Porcentajes de Horarios Respecto al Total de Aforo Vehicular por Sentido</b>			
<b>HMD</b>	<b>Poniente-Oriente</b>	<b>Oriente-Poniente</b>	<b>Ambos sentidos</b>
<b>7:15 a 8:15</b>	39.7	39.8	39.8
<b>13:45 a 14:45</b>	32.2	32.4	32.3
<b>18:15 a 19:45</b>	28.1	27.8	27.9
<b>Total</b>	100	100	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la EOD 2007 y el Estudio de Impacto Urbano de la Línea 12 del Metro. Programa de Estudios Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM. 2008.

En ambos sentidos, la mayor aglomeración se presenta en el subtramo Olivos-Tezonco con el 23.12% de vehículos lo cual representa casi una cuarta parte del total del aforo vehicular del tramo, seguido por el segmento Tlaltenco-Zapotitlán con poco más de 1 de cada 5 vehículos circulando en este tramo. Esto se puede apreciar en la gráfica a continuación.

## Porcentaje de Aforo Vehicular por Subtramos, Tramo Tláhuac Tezonco



Fuente: Estudio de Impacto Urbano de la Línea 12 del Metro. Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM. 2008.

### Tramo Zona Centro Tezonco – Atlalilco

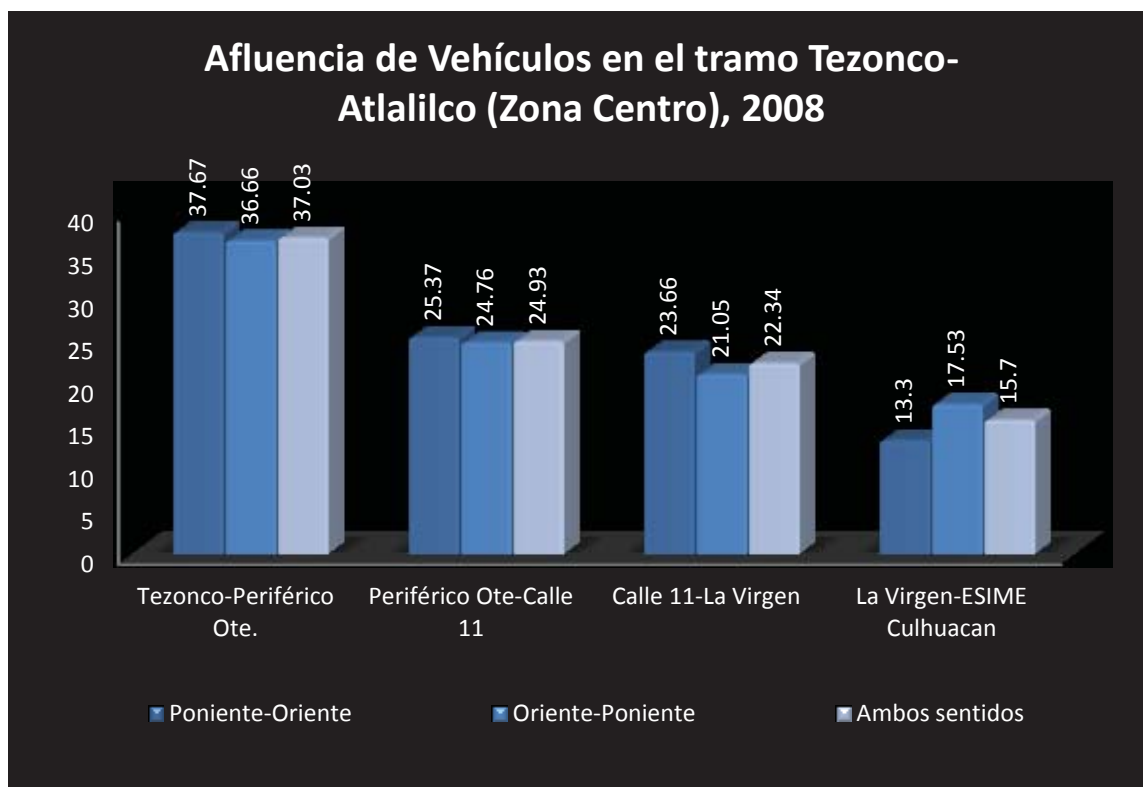
El tramo Centro Tezonco-Atlalilco abarca las estaciones de Tezonco, Periférico Oriente, Calle 11, Lomas Estrella, Tomatlán y Culhuacán. Los principales problemas que enfrenta se refieren a las intersecciones con las avenidas principales, estacionamiento en la vía pública y comercio ambulante.

En general el tramo Centro Tezonco – Atlalilco posee un volumen vehicular en el cual el 44.3% circula en el HMD matutino en el sentido Poniente-Oriente y 41.3% del flujo en el mismo horario se da en el sentido Oriente-Poniente. En términos generales, el flujo dominante se da de Oriente a Poniente con 54.2% del total de vehículos.

<b>Horarios de Máxima Demanda en el tramo Tezonco-Periférico Oriente (Zona Centro), 2008 Porcentajes de Horarios Respecto al Total de Aforo Vehicular por Sentido</b>			
<b>HMD</b>	<b>Poniente-Oriente</b>	<b>Oriente-Poniente</b>	<b>Ambos sentidos</b>
<b>7:15 a 8:15</b>	44.3	41.3	42.6
<b>13:45 a 14:45</b>	29.4	30.9	30.2
<b>18:15 a 19:45</b>	26.3	27.8	27.2
<b>Total</b>	100	100	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la EOD 2007 y el Estudio de Impacto Urbano de la Línea 12 del Metro. Programa de Estudios Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM. 2008.

Como se puede ver en la siguiente gráfica el subtramo Tezonco - Periférico Oriente presenta mayor afluencia vehicular en ambos sentidos concentrando con ello el 37.67% de la carga vehicular de total del tramo, mismo que es considerado el de mayor concentración vehicular.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la EOD 2007 y el Estudio de Impacto Urbano de la Línea 12 del Metro. Programa de Estudios Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM. 2008.

### Tramo Zona Poniente Atlalilco–Mixcoac

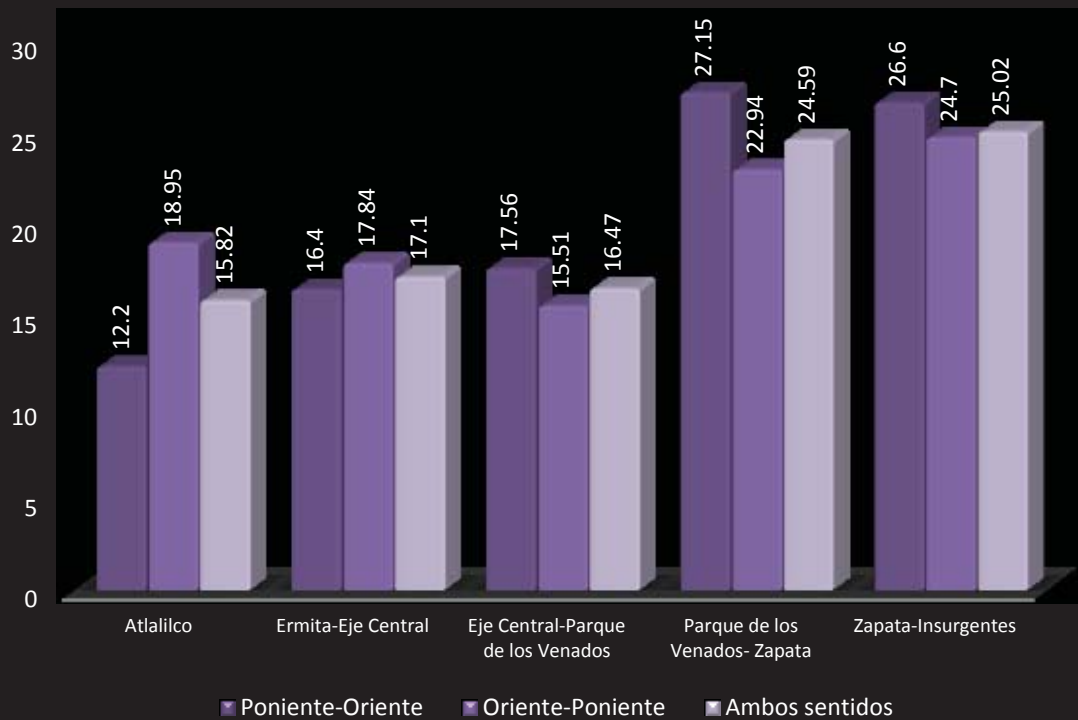
Esta última zona la integran las estaciones de Atlalilco, Mexicaltzingo, Ermita, Eje Central, Parque de los Venados, Zapata, 20 de Noviembre, Insurgentes Sur y Mixcoac. Cabe señalar que esta sección del trazo de la Línea 12 se construirá bajo la modalidad subterránea en las estaciones que la integran. El sentido Oriente-Poniente representa el 53% del aforo vehicular en este tramo. La hora de máxima demanda de este tramo se presenta en el periodo matutino en sentido Oriente- Poniente con 41.72% del aforo respecto a los 3 horarios de máxima demanda. Mientras que por el tramo Poniente-Oriente, que representa 47% del total del aforo en este tramo, el HMD matutino representa el 40.22% del total de vehículos que circulan en los tres periodos de HMD.

<b>Horarios de Máxima Demanda en el tramo Atlalilco - Mixcoac (Zona Poniente), 2008</b>			
<b>Porcentajes de Horarios Respecto al Total de Aforo Vehicular por Sentido</b>			
<b>HMD</b>	<b>Poniente-Oriente</b>	<b>Oriente-Poniente</b>	<b>Ambos sentidos</b>
<b>7:15 a 8:15</b>	40.2	41.7	41
<b>13:45 a 14:45</b>	37.1	37.5	37.3
<b>18:15 a 19:45</b>	22.7	28.8	21.7
<b>Total</b>	100	100	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la EOD 2007 y el Estudio de Impacto Urbano de la Línea 12 del Metro. Programa de Estudios Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM. 2008.

Por otro lado, el subtramo Parque de Los Venados-Zapata presenta la mayor afluencia vehicular con 27.15% de vehículos en circulación en sentido Poniente-Oriente. El subtramo de Zapata a Mixcoac contribuye con el porcentaje amplio de participación vehicular con un 25.62% del total del tramo

## Afluencia de Vehículos en el tramo Atlalilco - Mixcoac (Zona Oriente), 2008



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la EOD 2007 y el Estudio de Impacto Urbano de la Línea 12 del Metro. Programa de Estudios Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM. 2008.

Para finalizar cabe recalcar que existen 28 rutas que cubren en forma parcial el recorrido de la Línea 12. El 50% de las rutas están cubiertas por el transporte concesionado mientras que el otro 50% se encuentra cubierto por Red de Transporte Público (RTP) y el Sistema de Transporte Eléctrico (Trolebús). De acuerdo a los tramos establecidos en la sección anterior, se observa una alta concentración de rutas de transporte público en el segmento denominado Centro (que va de Tezonco - Atlalilco) con un total de 23 rutas integradas por transporte concesionado (13), Red de Transporte Público (RTP con 10 rutas) y el Sistema de Transporte Eléctrico (Trolebús con dos). En lo que respecta a los tramos Oriente (Tláhuac – Tezonco) y Poniente (Atlalilco–Mixcoac) poseen cada uno de 8 rutas. El tramo Oriente cuenta con cinco rutas de transporte concesionado y tres de RTP, mientras que el tramo poniente tiene dos rutas de transporte concesionado, cuatro de transporte eléctrico y dos de RTP.

## 6.12 Programa de Reordenamiento del Transporte Público

En esta sección presentamos aspectos relevantes del programa de reordenamiento del transporte público reportados en el “Estudio de Reordenamiento de Transporte Público de Pasajeros para la Línea 12 Tláhuac-Mixcoac”, que fue realizado por el Instituto Politécnico Nacional, en colaboración con el Sistema de Transporte Colectivo.

El reordenamiento del transporte público de pasajeros está orientado al transporte que confluye en los corredores viales por donde se prevé la construcción de la Línea 12. Sus objetivos principales son los de optimizar la oferta de transporte y organizar la articulación de los recorridos entre modos existentes tales como: metro, trolebús, autobús y microbuses. El reordenamiento tiene consecuencias para la eficiencia del transporte y permite explotar aún más las mejoras de movilidad y flujo de tránsito ante la construcción de la Línea 12.

Existen criterios que definen la introducción de un esquema de reordenamiento para el caso de la Línea 12. El reordenamiento contempla, en primer lugar, la unificación y/supresión de recorridos de aquellas rutas que se empalman a la Línea 12, y que en la actualidad están saturando las vialidades y generando sobreoferta de transporte público de pasajeros. El reordenamiento también abarca el traslape que se da en rutas menores a 5 kilómetros y que tienen cobertura local, sin que esto represente una competencia al servicio de la Línea 12 sino una complementariedad.

Asimismo, el reordenamiento establece nuevos criterios de operación de los servicios de transporte del GDF y concesionado que se localizan en la zona de influencia de la Línea 12.

El reordenamiento considera la creación CETRAMs<sup>61</sup> en estaciones de carga y descarga, y correspondencia con otros modos de transporte público. Los CETRAMs agilizan el flujo de correspondencias y organizan el tráfico inducido por el transporte público de pasajeros ya que constituyen centros especializados de carga y descarga que no afectan el tráfico en las vialidades.

El reordenamiento permite mejorar a su vez la relación oferta y demanda de transporte en horarios de máxima demanda y en horas valle, a través de la reorientación los trayectos de las rutas competidoras existentes en trayectos de las rutas alimentadoras de la Línea 12.

---

<sup>61</sup> Centros de Transferencia Modal

En primer lugar, el reordenamiento propiciará la creación de polos de intercambio modal o Centros de Transferencia Modal (CETRAMs). Los principales CETRAMs de la Línea 12 son:

1. Mixcoac (Estación Terminal)—Remodelación del paradero terminal con el fin de lograr mayor capacidad de espacios para las rutas y conexión con la estación existente.
2. Periférico Oriente (estación de paso)—Creación de un paradero a efecto de reubicar rutas involucradas en el reordenamiento.
3. Canal de Garay (estación de paso) —Fortalecimiento del funcionamiento a fin de que contribuya en apoyar la operación del CETRAM Periférico Oriente.
4. Tláhuac (Estación Terminal) —Creación de un paradero a fin de reubicar aquellas rutas que alimentarán y articularán la Línea 12 de la misma delegación y de municipios contiguos del Estado de México.

### **6.13. Beneficios del Proyecto Línea 12**

Entre los factores que se piensa justificarían un proyecto como lo es la Línea 12 del metro en la Ciudad de México se encuentran las mejoras del flujo y de la seguridad del tránsito, el ahorro en el consumo de combustibles, de tiempo de viaje, el crecimiento económico y una mayor accesibilidad.

El proyecto a nivel de rentabilidad social justifica su inversión ya que con esto se logrará aplicar una alta inversión pública a la solución de problemas de transporte existentes en el sur de la Ciudad, en los recorridos de oriente a poniente, de aproximadamente trece mil doscientos millones de pesos.

Se disminuirá el tiempo excesivo de transportes por falta de infraestructura y congestión vial (al sur-oriente opera a nivel "F" o saturación a mayor parte del día); hasta en 2 horas y media por día.

Se logrará generar un importante ahorro, por el alto gasto de transporte cotidiano de las familias de bajos ingresos (\$13.50 diarios por persona). Con la entrada en operación de la Línea 12, este gasto disminuirá hasta en \$9.50 diarios por persona en viajes al centro de la Ciudad.

Se disminuirá la contaminación del ambiente por emisiones de gases y ruido que desprenden los vehículos de combustión.

La propuesta enfocada a un beneficio social y económico nos muestra que se pretende ofrecer un servicio de transporte rápido, eficiente, ambientalmente limpio, económico y seguro. Por lo tanto se mejorará la calidad de vida de la población, sobre todo de la región sur-oriente de la Ciudad de México. Se aumentará la productividad de la Ciudad al reducir el tiempo de transporte hasta en una hora quince minutos desde la terminal sur-oriente al centro del D.F. por persona. Se ofrecerán diversas opciones de conexión del sur-oriente con las principales zonas de servicios, empleo, educación y recreación de la Ciudad de México.

El transporte subsidiado como es el caso de esta Línea tendrá un impacto urbano positivo, ya que transformara el entorno vial, detonando con esto inversiones y proyectos públicos, haciendo con esto una generación directa e indirecta de empleos en la capital del país.

Asimismo, los principales beneficios asociados a la construcción de la Línea 12 del Metro serán de tres tipos:

- **Beneficio por ahorro de tiempo de los futuros usuarios de la Línea 12:** Es el beneficio derivado de la valoración marginal del ahorro en tiempo por usar una opción de transporte más rápido. La valoración del tiempo se asigna por medio del costo de oportunidad del tiempo representado por el salario por hora del mercado laboral. Dado el perfil de viajes, la congestión vehicular y los tiempos de traslado en la zona sur oriente-poniente de la ZMVM, es indiscutible que la inclusión de una Línea del sistema de transporte colectivo Metro en el oriente de la ciudad significará una reducción considerable del tiempo de traslado. La reducción del tiempo de traslado significa una liberación del tiempo disponible de los individuos para realizar actividades económicas ya sean laborales o no laborales. Con ello la valoración del tiempo de ahorro constituye el beneficio más considerable desde el punto de vista social ya que es un costo de oportunidad.
- **Beneficio por liberación de recursos de la economía:** Gracias a la introducción de la Línea 12 del Metro, el sistema de transporte público en su conjunto se volverá más eficiente. Ello porque la demanda de transporte público más ineficiente (colectivo, RTP, Taxi, Suburbano) se reducirá, y de esa manera se conseguirán reducir los costos de operación vehicular que hoy costea la sociedad en su conjunto. la capacidad de movilización de viajes-persona-día de una Línea de Metro es tal que, dada la afluencia de la



zona, se puede dar un efecto importante de sustitución de modos de transporte.

- **Beneficio por mitigación de emisiones.** La disminución de la demanda de transporte público como colectivo y RTP traerá consigo beneficios por reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera. Debido a que una Línea de Metro no contamina, se obtienen reducciones considerables de emisiones, particularmente de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes. Esto se deriva de la sustitución de medio de transporte público más contaminante por una mejoría en la congestión de las vialidades. Esto a su vez repercute en la calidad atmosférica y en la salud de la población.

El programa de trabajo de construcción de la línea no se limita al establecimiento de los parámetros técnicos. El planteamiento de la ruta definitiva de la Línea 12 se nutre, de varios análisis acerca de previsiones de demandas, de un examen riguroso acerca de la rentabilidad social de la inversión y desde luego de los beneficios, sobre todo de carácter económico que pueda traer a la población.

Las regiones urbanas que unirá la Línea 12, según lo han determinado estudios de pre factibilidad y otras fuentes de información del Sistema de Transporte Colectivo, producirá una demanda de por lo menos 367,000 pasajeros diarios en día laborable: ello significaría, que la Línea 12 ocuparía el cuarto lugar en movimiento de pasajeros de la red de Metro. A juzgar por los resultados de la encuesta origen-destino realizada en el 2007, la demanda de usuarios actualizada podría situarse en 475,000 pasajeros por día.

La importancia de la Línea 12 del Metro también se expresa en la influencia que seguramente ejercerá sobre la organización urbana de la zona. Con su puesta en servicio será necesario incorporar nuevas vialidades, puentes vehiculares y pasos peatonales, que faciliten las operaciones de los otros sistemas de transporte alimentadores, así como proyectar y disponer ciclo vías y estacionamientos.

El recorrido Inicia en Tláhuac y avanza por la avenida del mismo nombre hasta Calzada Ermita, donde el trazo se prolonga sobre Eje 8 Sur hasta salir a División del Norte; dará vuelta hacia el Norte hasta el Parque de los Venados, para continuar hacia el poniente en Eje 7 Sur y finalizar en Mixcoac.



Fuente: <http://www.metro.df.gob.mx/sabias>

Uno de los puntos que destacan en la construcción de la Línea 12 es que los terrenos sobre los que serán levantados los talleres de Tláhuac son cultivables e inundables y no tienen historia previa de cargas, de manera que su resistencia se halla debajo de lo permisible, para esto se a previsto considerar un sistema de precarga y construir las terracerías hasta alcanzar el nivel de seguridad del que partirán las estructuras del proyecto.

Para la selección de este proyecto de construcción de Metro se determinaron los siguientes principios fundamentales.

1. Tender a cubrir las zonas de mayor densidad demográfica y servir a los estratos de bajos ingresos principalmente
2. Permitir a los usuarios un ahorro de tiempo por medio de una ruta con intersecciones múltiples mediante el conocimiento de las líneas de deseo.
3. Intercomunicar los principales centros de actividades entre Tláhuac y Mixcoac
4. Ayudar a descongestionar las arterias de la ciudad; induciendo el usuario del automóvil a utilizar el sistema de transporte colectivo
5. El trazo de la Línea no debe perjudicar o anular la vialidad existente.
6. El trazo de la Línea debe dar servicio en los lugares donde la demanda sea mayor a de 10,000 pasajeros a la hora.

## **Respeto al medio**

En la construcción de la Línea 12 se tendrá una oportunidad para consolidar áreas que merecen ser recuperadas para lograr el equilibrio del ambiente.

Muchas de las estaciones de la Línea 12 serán construidas en espacios urbanos a los que ya distinguen sus relaciones con el medio natural y con los arreglos de parques y jardines. Las obras que requerirá el Metro han sido planeadas para conservar y acrecentar las buenas relaciones de uso entre las infraestructuras que demanda el transporte y las áreas verdes que son tan importantes para la ciudad. Así ocurrirá en las estaciones Ganaderos, Ermita, Tláhuac y Parque de los Venados entre otras varias.

El aprecio y el respeto al medio natural y a las áreas urbanas características de la ciudad son sustento básico de los conceptos de planeación y diseño de los túneles y de las estaciones que forman la Línea 12 del Metro.

Con la puesta en funcionamiento de esta Línea se disminuirán las emisiones que se emiten al ambiente, ya que se está incrementando la oferta de transporte masivo no contaminante, y como en la planeación están contemplados estacionamientos para las bicicletas se incitara más a la gente a usar más este tipo de vehículo.

La propuesta de la Línea 12 es un proyecto IPC (Ingeniería, Procuración, Construcción y Puesta en Servicio) basado en un esquema "llave en mano", ello significa sobre todo, que este formidable proyecto de transporte colectivo incluye todo lo necesario hasta poner en marcha un tren

# *Capítulo 7*

*Evaluación y  
Selección de la  
Red de trazo  
propuesta para la  
Línea 12 del metro*

## Evaluación y Selección de la Red de trazo propuesta para la Línea 12 del metro

### 7.1 Alternativas a la construcción de la Línea 12 del Metro

A priori, y con objeto de dar una solución a la problemática de movilidad en la ZMVM las posibles opciones a evaluar son las siguientes:

- Autobús
- Metrobús
- Trolebús
- Tranvía
- Tren ligero
- Metro

Para resolver la problemática de transporte público ineficiente que nos ocupa, quedaría descartado el autobús, ya que es precisamente el medio de transporte que por no tener un carril exclusivo experimenta todos los problemas relacionados con la congestión vial.

De cara a escoger entre otro tipo de medios de transporte público masivo, es necesario compararlos en términos de capacidad.

La tabla a continuación muestra la comparativa de la capacidad de los distintos medios de transporte con la estimación de la demanda potencial en el corredor que transcurre por el trazo propuesto para la Línea 12. Para ello se utilizó la demanda estimada de la Línea 12 del Metro<sup>62</sup>.

<b>Comparativo de Alternativas de Transporte Masivo, Aforo y Capacidad</b>					
Alternativa	Plaza/hora (miles)	Capacidad de Oferta viaje/día (miles)	Aforo L12 Viajes/día (miles)	Balance viajes/día (miles)	Índice de capacidad/demanda (>1 viable)
Metro	45.9	872.1	436.3	435.8	2.00
Tren Ligero	20.4	387.6	436.3	-48.7	0.89
<b>Tranvía</b>	8	152	436.3	-248.3	0.35
<b>Trolebús</b>	6	114	436.3	-322.3	0.26
<b>Metrobús</b>	6	114	436.3	-322.3	0.26
<b>Autobús</b>	2.4	45.6	436.3	-390.7	0.10

Fuente: Cálculos SPECTRON DESARROLLO S.C. basados en EOD (2007) y datos de STC-METRO (2008) y SETRAVI (2007)

La tabla muestra cómo ante una demanda de viajes diaria de la Línea 12 de 436 mil (demanda para el año 2008), sólo el metro tiene la capacidad de cubrir dicha demanda con creces. Otros medios de transporte público tendrían déficits

<sup>62</sup> El cálculo de demanda para el trayecto de la Línea 12 se estimó en 436,259 viajes por día trayecto usando la Encuesta de Origen Destino 2007 con las 6 delegaciones de influencia del Proyecto.

considerables de oferta, medido a través del índice de capacidad-demanda en la última columna.

La tabla a continuación presenta indicadores técnicos entre los distintos modos de transporte. Adicionalmente a que el Metro proporciona capacidades máximas superiores a los demás modos de transporte, también existen otros indicadores en los que el Metro supera a los demás modos presentados.

### Indicadores Técnicos de Desempeño Comparables de Distintos Modos de Transporte

Modo de transporte	Suburbano	Metro	Tren ligero	Autobuses	Microbuses	Automóvil
Área por pasajero (m <sup>2</sup> )	.54	.33	.33	.33	.33	.45
Núm. Asientos por vehículo	110	60	42	40	25	5
Capacidad máxima del vehículo	134	233	175	85	40	5
Velocidad máxima	90	80	80	70	60	80
Tiempo de parada en estación	.30	.15	.10	.10	.10	.10
Disminución de Velocidad por Cruces	0	0	34	57.5	41.5	49

Fuente: STC-Metro, 2008.

El Metro presenta capacidades teóricas y prácticas<sup>63</sup> superiores a los demás modos; también presenta tiempos de aceleración y distancia entre las estaciones muy aceptables en comparación con otros medios, incluso similares a la de los trenes ligeros, tranvías y autobuses. La velocidad de operación (41 km/hrs) es el doble del promedio actual de velocidad que existe en el Distrito Federal que es de alrededor de 15 km/hrs, y obviamente superior a la velocidad que presenta el automóvil particular, los microbuses, autobuses, tranvías e incluso trenes ligeros. La desaceleración por cruces es siempre cero ya que cuenta con paradas y carriles exclusivos. Esto permite que el Metro tenga una ventaja comparativa con otros medios de transporte en donde la saturación de las vialidades afecta su ritmo de flujo.

Así mismo, un sistema que contiene una carga importante de usuarios y que no contamina contribuye en mayor magnitud a la reducción de contaminantes en relación con otros proyectos alternativos similares. Esto debido a que con el

<sup>63</sup> Las capacidades teóricas se refieren a los límites de ocupación por modo. Los límites de capacidad práctica se refieren a los límites de ocupación de cada modo y el flujo de pasajeros que realiza en un periodo de una hora.

mismo consumo eléctrico y de insumos escasos en la economía se puede movilizar a un número considerablemente mayor de individuos. Adicionalmente, un sistema de transporte público masivo contribuye enormemente a la reorganización de rutas y permite a los usuarios sustituir entre distintos modos de transporte de manera más eficiente. Los usuarios siempre elegirán los modos de transporte que representen mayor eficiencia para ellos en cuanto a distancia, trayecto y origen-destino. Por ello, un proyecto de Línea 12 amplía la oferta de transporte y genera una sustitución hacia medios más eficientes, desahogando los ya saturados modos, con lo cual se incrementa también la eficiencia de los mismos.

En conclusión, el Metro es el medio de transporte público que cuenta con las características de capacidad, velocidad máxima permitida y emisión de contaminantes necesarias para dar solución al problema actual de la insuficiencia de la calidad y cantidad de transporte público en el oriente y poniente de la Ciudad de México.

#### **7.1.1. Alternativas de trazo evaluadas para la Línea 12 con respecto a otras posibles líneas de metro**

En 1977, año en que se reanuda la construcción del Sistema de Transporte Colectivo “Metro” de la Ciudad de México el Departamento del Distrito Federal contempló la integración de una red del Metro y en ella la construcción de una línea en el sentido oriente– poniente al sur del Distrito Federal siguiendo el trazo de los ejes 7 y 8 Sur (Santa Lucía, Extremadura, Félix Cuevas, Zapata, Popocatépetl, Ermita Iztapalapa). De esta manera, en el primer Plan Maestro del Metro de 1978 y posteriormente en el Plan Maestro de 1982 se proyectaron la Línea 12 y la Línea 8 en sus trazos hacia el oriente y hacia el sur respectivamente<sup>64</sup>.

En 1985 se estableció el Programa Maestro del Metro que contemplaba una red de 15 líneas y una longitud total de 315 kilómetros. En este Programa la Línea 12 se contemplaba desde la zona de Santa Lucía hasta la zona de Canal de Garay por el trazo que actualmente se está proyectando en la Línea 12 en tanto que la Línea 8 se proyectaba hacia el sur y se contemplaba la Línea 11 por Tulyehualco que corresponde al Trazo actual de la Línea 12.<sup>65</sup>

---

<sup>64</sup> Casado, F., Romani, J., y Ernesto Negrete. Plan Maestro del Metro. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México; 1982

<sup>65</sup> Departamento del Distrito Federal, Secretaría de Programación y Presupuesto, Estado de México. Programa Maestro del Metro. 1996.

En 1995-1996 continuando con la planeación del Metro las autoridades del Distrito Federal actualizaron el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros del Área Metropolitana de la Ciudad de México y en el año de 1997 se integró el Estudio denominado Plan Maestro del Transporte Eléctrico del Área Metropolitana de la Ciudad de México 1997 donde se ratifica la presencia y necesidad de la Línea 12 del Metro.

Posteriormente, en base en los estudios de planeación que se realizaron durante 1998-1999 se llevó a cabo el estudio “Prioridad de Construcción de las Líneas 7 Sur, 8 Sur y 12 Poniente” por parte del Sistema de Transporte Colectivo; resultando de dicho análisis que la opción era la etapa integrada por la ampliación de la Línea 7 Sur de Barranca del Muerto a San Jerónimo; la Línea 8 Sur de Escuadrón 201 a Acoxta, y construcción de la Línea 12 Poniente que fuera de Mixcoac a Atlalilco. En esta opción, sin embargo, las ampliaciones de las Líneas 8 y 12 presentaron un 32 y 28% más de beneficios respectivamente que la Línea 7, mientras que los costos de las ampliaciones de las Líneas 12 hacia el poniente y 8 hacia el sur son mayores en 23% y 9% respectivamente que la de la Línea 7; por lo que se tomó la decisión prioritaria de ampliar la Línea 8 y la Línea 12.

El mismo estudio concluyó que la construcción diferida o simultánea de las Líneas 8 y 12 generarían problemas de operación a la Línea 8 que va de Garibaldi – Constitución de 1917 y que por tanto resultaba conveniente modificar el trazo de la Línea 12 hacia el sur, de manera que su trayecto fuera: Mixcoac, Francisco del Paso, Acoxta, y dejar la Línea 8 con su misma configuración.

Finalmente, en el 2007 apoyándose en la planeación del Metro que se vino realizando desde 1978 hasta desembocar en el Programa de Transporte Eléctrico de 1997, y de acuerdo con el crecimiento del área metropolitana y la actualización del Plan de Desarrollo Urbano del D.F., y el desarrollo de su Sistema de Transporte Urbano; el Gobierno del Distrito Federal consideró conveniente llevar a cabo un estudio específico para determinar el mejor trazo Origen-Destino de la Línea 12, analizando las alternativas:

Después de analizar lo correspondiente a aspectos demográficos, la movilidad de la Zona Metropolitana y la demanda y operación y, se concluyó que la alternativa Tláhuac-Francisco del Paso, presentaba mayores ventajas respecto a la alternativa con destino en Acoxta.



Adicionalmente en 2008 se llevaron a cabo los estudios de simulación del nuevo trazo (Mixcoac-Tláhuac) propuesto para la línea 12 con los que se determinó la afluencia de pasajeros a cada una de sus estaciones<sup>66</sup>.

Finalmente, una vez concluido el análisis técnico y determinado el Origen-Destino final de la Línea 12 como Tláhuac – Mixcoac, con el objeto de conocer la opinión de la población beneficiaria se realizó el 29 de julio de 2007 una encuesta denominada Consulta Verde, cuyos resultados fueron coincidentes con los estudios técnicos.

Del proceso licitatorio que se llevó a cabo para ejecutar el Proyecto Integral de la Línea 12 se seleccionó la oferta de menor costo; sin embargo, aún se trataba de un monto elevado con respecto a la estimación de costos realizada por STC-Metro. Por lo tanto, hubo necesidad de racionalizar la propuesta para reducir el costo.

## **7.2 Selección del tipo de trenes con los que contara la Línea 12**

Los trenes de la Línea 12 van a utilizar tecnología férrea, al igual que los trenes de la Línea A. Para tomar esta decisión, se creó una comisión interna dentro de STC-Metro, para elaborar el “Dictamen técnico de la comisión interna encargada de evaluar la tecnología del material rodante más adecuada para operar la Línea 12,

### **Dictamen técnico de la comisión interna encargada de evaluar la tecnología del material rodante más adecuada para operar la Línea 12, Septiembre de 2007**

A efecto de definir los aspectos más relevantes (ventajas y desventajas) en las aplicaciones de las tecnologías férrea y neumática del material rodante para la explotación de la Línea 12 fueron consideradas las experiencias de las áreas de transportación y de mantenimiento al material rodante, a las instalaciones fijas y a la obra civil

Durante las discusiones y los análisis se evitó desvirtuar los inconvenientes o bondades de las dos tecnologías consideradas y, más bien, éstos se enfocaron a determinar las consecuencias de sus naturalezas técnicas y de sus respectivos desarrollos más recientes respecto a portabilidad, eficiencia, seguridad,

---

<sup>66</sup> SCT-METRO. Dictamen Técnico para la Determinación del Origen-Destino y Trazo de la Línea 12 del Metro al Sur-Oriente de la Ciudad de México. 2007.

mantenibilidad y fiabilidad para alcanzar en cada caso los más altos niveles de calidad en el servicio.

Los siguientes razonamientos resumen los resultados de las conclusiones del dictamen:

- **Capacidad de transporte.**- Considerando un mismo número de trenes en línea y mismas dimensiones y condiciones de operación, al presentar la rueda neumática mayor fricción con la pista que la rueda de acero con el riel, se posibilita que el tren neumático alcance aceleraciones más fuertes y desaceleraciones mayores, permitiéndole obtener velocidades medias más altas.
- **Velocidad comercial.**- Justamente, las mayores aceleraciones y desaceleraciones del material neumático siempre conllevaran velocidades comerciales más altas para este. El equipo neumático alcanzaría 36 km/h y el equipo férreo 33 Km/h.
- **Rendimiento energético.**- No obstante que las mayores aceleraciones y desaceleraciones para marchas tipo con interestaciones menores a 1 Km demandan mayor consumo neto de energía eléctrica para el neumático (10% más), al relacionar este con la mayor capacidad de transporte para el neumático (11% más). Se tiene un rendimiento energético 1% más alto para la tecnología neumática.
- **Potencial de innovación y desarrollo tecnológico en el país.**- Dado que las estructuras metálicas, el mobiliario y los accesorios de las carrocerías de los trenes, son básicamente los mismos para los dos tipos de tecnologías, y debido a que ambas han sido desarrolladas bajo las normas internacionales de fabricación de equipo ferroviario, puede asegurarse que las posibilidades de innovación y desarrollo tecnológico para estos componentes, a nivel operativo, de fabricación y de proveedores, son similares en ambas tecnologías.
- **Facilidades de abastecimiento de refacciones para trenes.**- Igual que en el punto anterior, a nivel de las estructuras metálicas, mobiliario y accesorios de carrocerías, de las puertas con sus equipos y mecanismos, son las mismas para ambas tecnologías. Esta diferencia impacta positivamente al equipo férreo, debido a que sus elementos son de fabricación común para un gran número de sistemas de Metro y

ferroviarios. Por lo que los trenes férreos tendrían un mayor potencial de abastecimiento de refacciones en alrededor de 10% del costo total de los trenes.

- **Facilidades de mantenimiento para trenes.-** En este caso, también las facilidades de mantenimiento son similares en ambas.
- **Facilidades de abastecimiento de refacciones para vías.-** Las facilidades de abastecimiento de refacciones para vías de trenes con rodada de acero presentan ciertas ventajas respecto al abasto de refacciones para vías de trenes con rodada neumática.
- **Facilidades de mantenimiento de vías.-** El mantenimiento de vías para trenes con rodada neumática presenta ventajas respecto a lo que corresponde a vías para trenes con rodada férrea, por las siguientes razones:
- **Conservación de vía.** Incluye básicamente la realineación y la renivelación de la vía. En el caso de la vía neumática, ésta admite deformaciones que no ponen en riesgo al material rodante ya que se tienen tolerancias amplias de alineación, nivelación y alabeo, permitiendo que los neumáticos se adapten con facilidad a especificaciones más bajas que las establecidas para vías férreas.
- **Riel y pista.-** En el caso de los trenes neumáticos el desgaste de la pista de rodamiento es casi nulo dado que el neumático es menos abrasivo a la misma. Para la rueda de acero, aunque la fricción entre ésta y el riel es menor, la mayor abrasión provoca desgastes importantes que conllevan el cambio de tramos de riel completos en tiempos más cortos que para la rodada neumática.
- **Equipos mecánicos.-** Los equipos mecánicos de las instalaciones fijas, que son necesarios en la operación y el control de los trenes, son similares para ambas tecnologías, por lo que en los dos casos se tiene la misma facilidad de mantenimiento, excepto en lo que concierne, en trenes con rueda de acero, al mantenimiento y conservación de los lubricadores automáticos de pestañas y de vías que, como antes se dijo, no se tienen en trenes y vías de rodada neumática.

- **Equipos eléctricos.-** Siendo similares los equipos eléctricos de las instalaciones fijas para la operación y control de los dos tipos de trenes, tanto neumáticos como férreos, en este caso no existen ventajas de unos respecto a los otros y las facilidades de mantenimiento son iguales para ambas tecnologías.
- **Equipos electrónicos.-** También en este caso, los equipos electrónicos de las instalaciones fijas para operación y control son similares.
- **Guiado de tren.-** El sistema de guiado de trenes con rodada neumática en vías principales elimina la posibilidad de descarrilamientos, dado que los conjuntos de ruedas guía de los bogies se apoyan a ambos lados sobre barras guía altas y robustas; por el contrario, el guiado en la vía para rodada férrea depende del contacto de las cejas de las ruedas de acero.
- **Tolerancia a sismos.-** Ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, no obstante que ambos tipos de vía estarían expuestas a deformaciones, las correspondientes al tren de rodada férrea son más vulnerables debido a su constitución más elástica y a las tolerancias más estrictas requeridas para proporcionar la seguridad en la operación. Después de un evento de este tipo, las vías para tren de rodada férrea requieren de una inspección más minuciosa y constante antes de reiniciar el servicio.
- **Tolerancia a hundimientos diferenciales.-** Aun cuando la construcción subterránea con Muros Milán a Cielo Abierto de la Línea 12 reducirá importantemente el efecto de estos fenómenos, dado que su trazo pasará en su mayor parte por terrenos inestables con asentamientos diferenciales de suelo, en el caso del sistema de vías para trenes férreos será obligado el continuo mantenimiento de vías bajo estrictos programas de alineación y nivelación, a diferencia de lo requerido para trenes con rodada neumática.

Por lo anterior, no obstante que por el procedimiento constructivo de la Línea 12 se prevé una baja probabilidad de eventos catastróficos provocados por sismos o movimientos del subsuelo, la sensibilidad de ambas tecnologías frente a estos podrá ser similar siempre que se toman en cuenta las medidas estrictas de diseño y construcción y, en todo caso, se dé fiel cumplimiento y se tenga estricto control de los programas y procedimientos de mantenimiento como base de la seguridad en la operación y el control de los trenes.

- **Disponibilidad de trenes.-** Si para Línea 12 se consideraran trenes con rodada neumática, la operación del primer tramo podría contar con un parque de 20 trenes neumáticos NC- 82, retirados de Línea 2 al entrar en servicio los nuevos trenes NM-02. Esta ventaja no existirá en el caso de trenes con rodada de acero, ya que los trenes existentes no podrían operar en Línea 12
- **Facilidad de traslado de trenes para mantenimiento mayor.-** En tanto los talleres Ticomán y Zaragoza permiten dar mantenimiento mayor a trenes neumáticos; el de La Paz para los trenes férreos de Línea "A" no cuenta con instalaciones adecuadas, por lo que la realización ahí de tales operaciones sería con serios inconvenientes y, si fuese necesario llevar los trenes al Taller Zaragoza, también sería con grandes dificultades. En su caso, los trenes férreos de Línea 12 tendrían problemas para ser llevados a cualquiera de los talleres actuales por las líneas existentes, ya que tendría que modificarse su sistema de captación de corriente y, aun así, su traslado sólo podría realizarse de noche, a baja velocidad y sin pilotaje automático por no ser compatible. Por ello, sería indispensable considerar la construcción de instalaciones de mantenimiento mayor en el Taller Tláhuac.

Dada la compatibilidad de la rodada neumática con gran parte de la red, en su caso, su traslado a los talleres de mantenimiento de Ticomán o Zaragoza se facilitaría.

Por su parte, el mantenimiento de ruedas de acero de los trenes férreos de la Línea 12 sólo podría realizarse en los talleres La Paz, donde existe el torno rodero, lo que complicaría su traslado, ya que la Línea "A" cuenta con catenaria para la alimentación de corriente de tracción, por lo que los trenes de Línea 12 tendrían que dotarse de pantógrafos

La mejor solución, en caso de que los trenes de Línea 12 fueran de ruedas de acero, sería dotar al taller Tláhuac con instalaciones adecuadas para efectuar trabajos de mantenimiento mayor, incluyendo el torna rodero para perfilado de ruedas de acero.

- **Señalización.-** Ya que la señalización para operar ambos tipos de trenes es la misma, las facilidades para control de circulación de trenes serían similares.

- **Pilotaje automático.**- También en este caso, los equipos de pilotaje automático en ambos tipos de trenes pueden ser los mismos, por lo que las facilidades para llevar a cabo el control de la marcha de los trenes serían similares.

## Impacto Ambiental

- **Desechos de ruedas.**- Mientras que el STC desecha al año alrededor de 10,000 ruedas neumáticas portadoras y 5.000 ruedas neumáticas de guiado, que son de difícil reciclaje, las ruedas de acero de sus trenes férreos son totalmente reciclables al final de su vida útil, por lo que se puede decir que la tecnología de trenes con ruedas neumáticas provoca un mucho mayor impacto ambiental.
- **Aceites y lubricantes.**- El volumen de aceites y lubricantes requerido por los elementos mecánicos de los trenes de rodada neumática es un poco mayor que el requerido por trenes con rodada de acero, lo que significa que los trenes con rodada neumática tienen un ligero mayor impacto ambiental que los últimos.
- **Ruido.**- La tecnología para disminuir el ruido en trenes con ruedas de acero actualmente ha avanzado, de manera tal que se considera que su baja intensidad es comparable a la generada por trenes con rodada neumática.

Habiéndose tomado en cuenta las características generales de la futura Línea 12 y discutido ampliamente por los participantes cada concepto característico de las dos tecnologías, arroja prácticamente la misma calificación para ambos casos, puede asegurarse que tanto la tecnología de trenes con ruedas neumáticas como la de trenes con ruedas de acero son técnicamente solventes para ser consideradas en la explotación de la Línea 12, con altos niveles de seguridad, fiabilidad, mantenibilidad y operatividad, Sin embargo, considerando los análisis financieros efectuados al respecto, que indican:

1. Una inversión en obra civil, obra electromecánica y material rodante, superior en 0.7% para el caso de la tecnología neumática;
2. Y un costo anual de mantenimiento de trenes y vías, de operación y de consumo de energía eléctrica, superior en 7% para el caso de la tecnología neumática;

Se concluye que la aplicación de la tecnología férrea resulta, desde el inicio, del orden de 7% al año más conveniente económicamente para operar la nueva línea 12.

### 7.3 Selección del proyecto.

Genéricamente la solución del metro y particularmente de sus estaciones puede ser túnel profundo, cajón subterráneo, superficial y puente elevado; los factores que inciden en la determinación de la solución son múltiples: Podemos relacionar algunos de ellos aunque no son reglas generales:

- **Costo del Metro:** Desde el punto de vista de costos la solución más económica es el Metro superficial seguido de la solución elevada, y en ese mismo orden el cajón subterráneo y finalmente el túnel profundo.
- **Contexto Urbano:** El contexto urbano puede ser determinante. Existen casos en que no es posible aplicar la superficial o elevada por las características de la traza y el valor de las edificaciones y necesariamente la solución debe ser subterránea en cajón o túnel profundo
- **Características del Subsuelo.** Poco incluye pero en algunos casos puede ser determinante cuando se trata de suelos rocosos, o suelos con cambios abruptos en cuyo caso requiere de análisis particular para determinar qué solución es factible y la más conveniente.
- **Afectación durante el proceso constructivo.-** La solución que provoca menos problemas a la comunidad es el túnel profundo y en ese orden el puente elevado, y según el caso el cajón subterráneo y la solución superficial.
- **Afectación a las Instalaciones Municipales.-** Genéricamente la solución que menos afecta las estaciones municipales es el túnel profundo y en ese orden el elevado y el superficial y la que afecta más las instalaciones municipales es el cajón subterráneo
- **Procedimientos Constructivos.** Genéricamente la solución más fácil es la superficial, después se puede considerar la solución elevada. Las soluciones de cajón subterráneo y túnel profundo presentan serios problemas en sus procesos constructivos.

En el caso particular de la Línea 12 los factores que incidieron para determinar cómo solucionar la Línea del Metro en general y en particular de sus estaciones fueron:

A) **Tramo Tláhuac – Tlaltenco.** Se resolvió en solución superficial por:

- El Metro Superficial es el de menor costo.
- La traza urbana lo permitía, ya que no se separaban asentamientos ya establecidos.

B) **Tramo Zapotitlán – Pueblo Culhuacán.** Para resolverlo superficialmente era necesario ampliar en su mayor parte el ancho de la Avenida Tláhuac, (afectando una cantidad importante de predios particulares), para poder alojar la Línea del Metro incluyendo sus estaciones; y para resolver la vialidad además de ampliar la Avenida Tláhuac se requería construir una serie de puentes vehiculares para conectar su vialidad transversal que también hubiesen requerido afectar predios particulares, por otra parte, el cajón de la estructura del Metro incluyendo sus estaciones establecerá una barrera que separaría los asentamientos que existen a cada uno de los lados de la Avenida Tláhuac.

C) **Tramo intermedio de Pueblo Culhuacán a Mexicaltzingo.** Se consideró que la única solución factible en términos prácticos es subterráneo somero porque:

La solución superficial y elevada no son aplicables porque en ambos casos habría que rehacer el distribuidor de tránsito Ermita. La solución en Túnel profundo con escudo no es factible porque existen suelos rocosos que requieren otro tipo de escudo pero sobre todo porque interfiere con el drenaje semiprofundo y se correría el riesgo de afectar los cimientos del distribuidor Ermita Iztapalapa

D) **Tramo Mexicaltzingo – Mixcoac.** Todas estas vialidades están consolidadas desde el punto de vista urbano, tiene su propia identidad e importante volumen de circulación vehicular. Se decidió por la solución en túnel profundo sobre la de cajón subterráneo porque:

- El costo de cajón subterráneo y el del túnel profundo era el mismo.
- Se afecta menos el tránsito a lo largo de la vialidad y sobre todo de las avenidas transversales.
- Se afectan menos las Instalaciones municipales.



# Capítulo 8

*Especificaciones de  
la Red de trazo  
evaluada para la  
Línea 12 del metro*

# **Especificaciones de la Red de trazo evaluada para la Línea 12 del metro**

## **8.1 Proyecto Línea 12, Línea Bicentenario.**

Los efectos del crecimiento y del desarrollo la ZMVM, lo mismo que su creciente calidad de metrópoli así como el rápido aumento del parque vehicular, hicieron impostergable la tarea de construir los espacios y las adecuaciones para el funcionamiento de una nueva Línea de trenes rápidos y seguros.

En concreto, la zona sur-oriente de la Ciudad, que comprende las delegaciones de Tláhuac, Iztapalapa, Xochimilco, Coyoacán, Benito Juárez y Álvaro Obregón, presenta un alto porcentaje de viajes. Dentro de estas delegaciones se generan 7.9 millones de viajes diarios o tienen como destino esta zona, lo que representa el 57% de los viajes diarios que se originan o se producen en el Distrito Federal (Encuesta Origen-Destino EOD, 2007).

En la actualidad, no existe una alternativa de transporte público eficiente para realizar viajes entre distintos puntos de la zona sur-oriente, tal y como se demuestra con el hecho que en promedio los viajes en transporte público entre las seis delegaciones mencionadas se demoran un promedio de 84 minutos (EOD, 2007).

Adicionalmente, aunque parezca contra-intuitivo, las alternativas de transporte público actual presentan altos niveles de sobre-oferta, lo que hace que compliquen el problema de congestión vehicular, sean una opción poco costo-eficiente y agraven el problema de la contaminación a causa de las emisiones contaminantes

Para dar una respuesta a estas problemáticas surge el anteproyecto de la construcción de la Línea 12 del Metro, con un recorrido de 24.5 kilómetros con una dirección de oriente a poniente, desde el pueblo de Tláhuac hasta la colonia Mixcoac. La construcción de esta Línea se desplaza en el territorio de seis delegaciones: Tláhuac, Iztapalapa, Coyoacán, Benito Juárez, Xochimilco (desde Tulyehualco) y Álvaro Obregón.

Cabe mencionar que de todas las alternativas posibles para dar una solución a la problemática de la zona, la alternativa de construcción de una línea de metro es la única que puede dar cabida a la demanda estimada de transporte eficiente en la zona: 437,000 viajes, según las estimaciones de demanda.

Adicionalmente, la opción del Metro otorga movilidad de largo alcance más allá de la zona directa de influencia, tanto por cubrir distancias entre estaciones más amplias como por ofrecer opciones de conectividad con otras líneas del metro.

## Proyecto Línea 12, conocida también como Línea Bicentenario



Fuente: <http://www.transparencialinea12.df.gob.mx>

En resumen, mediante la construcción de la Línea 12 de Metro se pretende dar una solución de transporte público eficiente en la zona sur-oriente de la Ciudad de México, con el objetivo de dar una respuesta a la siguiente problemática:

- Altos tiempos de recorrido para los usuarios de transporte público y privado que se transportan actualmente en la zona de influencia
- Alta congestión vehicular en las vialidades de la zona de influencia
- Ineficiencia en costos y servicio de la red de transporte público actual
- Alto nivel de emisiones contaminantes de gas y el efecto invernadero

Esta nueva ruta del Metro de la Ciudad de México forma parte de los programas del sistema de transporte colectivo desde 1980, cuando se formuló el primer Plan Maestro del Metro, el instrumento de planeación que permitió prefigurar y ordenar varias etapas de construcción, así como incluso visualizar el futuro a largo plazo de este medio de transporte ahora fundamental en la ZMVM.

El documento rector, que además hizo posible realizar con anticipación los estudios que sustentaron y enriquecieron los procesos de viabilidad y proyecto, dio lugar al trazo final de la Línea 12.

Los objetivos específicos de la construcción de la Línea 12 son los siguientes:

- **Reducción en el tiempo de transporte cotidiano.-** Permitirá un considerable ahorro en el tiempo necesario de transporte de los habitantes del sur-oriente (Delegaciones Tláhuac, Iztapalapa, Coyoacán, Benito Juárez) y aquellos que contarán ahora con posibilidades de transbordos cercanos (Xochimilco-Vía Tulyehualco, Álvaro Obregón y Milpa Alta). Un viaje de Tláhuac al Centro Histórico del Distrito Federal podrá realizarse en 45 minutos, cuando hoy requiere de 2 horas en el tiempo de máxima demanda (STC-Metro, 2008).
- **Mejora de la conectividad de la red del STC.-** La ciudadanía en general se beneficiará de una red del Metro mejor integrada, especialmente en el Sur de la Ciudad, al permitirse la conectividad, hoy inexistente, en la dirección oriente-poniente de las Líneas 2,3,7 y 8.
- **Transporte sustentable, amigable con la naturaleza y la vida social.-** En la actualidad hay más de 400 mil viajes diarios que hoy se realizan a través de medios de transporte de mediana y pequeña capacidad, con motores de

combustión, operando en la insuficiente vialidad disponible, saturándola en horas de máxima demanda. Esos viajes se transformarán; ya que se utilizará en cambio transporte subterráneo, confinado, de tracción eléctrica, de gran capacidad, calidad y seguridad.

- **Equidad.**- Al llevarse el servicio a una zona del Distrito Federal que hoy carece del mismo, mejora la equidad en la distribución de la infraestructura y servicios disponibles atendiendo zonas habitadas con personas de escasos recursos y carencias urbanas.
- **Reducción de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera del Distrito Federal.**-Incluido el bióxido de carbono, de efecto invernadero, y el cambio en el aprovechamiento del espacio público, favoreciendo la construcción de nuevas zonas verdes, proyectos ecológicos, ciclo vías y espacios de convivencia social.

El trazo de la Línea 12 del Metro considera su recorrido de oriente a poniente, desde el pueblo de Tláhuac hasta la colonia Mixcoac, con las principales características siguientes:

- Longitud total de 24.5 kilómetros
- 20 estaciones, las cuales tienen por nombre yendo de oriente a poniente: Tláhuac, Tlaltenco, Zapotitlán, Nopalera, Olivos, Tezonco-San Lorenzo, Periférico Oriente, Calle 11, Tomatlán (La Virgen), ESIME-Culhuacán (Instituto Politécnico Nacional), Pueblo Culhuacán, Atlalilco, Mexicaltzingo, Ermita, Eje Central, Parque de los Venados, Zapata, 20 de Noviembre, Insurgentes Sur y Mixcoac. Estas estaciones se encuentran a una distancia media entre sí de 1,060 metros, con distancia mínima de 617 metros y distancia máxima de 1,741 metros
- Intersecciones con las líneas 7 (estación Mixcoac), 3 (estación Zapata), 2 (estación Ermita) y 8 (estación Atlalilco)
- Longitud de los andenes de 150 metros (en formación de 9 coches)
- Flota de 28 trenes de rodadura férrea, con 23 trenes para operación, 3 trenes en mantenimiento y 2 trenes de reserva

- Tiempo promedio por vuelta de 35.9 minutos, con velocidad promedio de recorrido de 41Km/h (ya incluyendo los tiempos de parada en las estaciones)
- Ampliar los movimientos de origen – destino respecto a la oferta de movilidad de la propia Red. Actualmente el Metro cuenta con 175 estaciones, equivalentes a 10,296 movimientos. Con la presencia de de Línea 12 en operación y teniendo 196 estaciones, serán 11, 531 movimientos.
- Atender al inicio de su operación a 450, 000 viajes diarios con un alto índice de transbordo que hoy se realizan en diversos modos de transporte de mediana y pequeña capacidad con motores a combustión interna a base de gasolina los cuales operan en una infraestructura incipiente. Lo anterior ocasiona dos efectos: vialidad saturada y alto índice de contaminación ambiental.
- Aumentar la productividad de la Ciudad al reducir los tiempos de recorrido cotidiano que permitirá un considerable ahorro de horas- hombre.
- Disminuir el tránsito vehicular en la zona de influencia de la Línea. Esto se logrará al reducir los niveles de ocupación de la vía pública por el transporte público de superficie.
- Beneficiar a la zona de influencia de la Línea mediante la reducción de emisiones contaminantes de gas y el efecto invernadero.
- Capacidad de transportar hasta 30,936 pasajeros/hora/sentido, con Intervalos de Servicio de 189 segundos
- Demanda estimada para el primer año de operación de 437,000 viajes por día
- También tendrá conexiones con: Tren Ligero, Metrobús Insurgentes, Terminal de Autobuses del Sur y Metrobús Xola.
- Mínima distancia en transbordos.
- Alternativas del integración comercio formal e informal en terminales, estaciones y aledaños.

- Posibilidad de desarrollo inmobiliario en terminales y estaciones.
- Reordenamiento del transporte en el corredor y puntos de transferencia.
- Infraestructura planeada considerando necesidades de operación y mantenimiento de la Línea.
- Programa de desvíos de tránsito por la construcción de obras.
- Áreas de estacionamiento para bicicletas en terminal Tláhuac y estaciones.
- Diseño de ciclo vías a lo largo de la ruta

La ubicación de las estaciones sigue una lógica que se expone a continuación. Si bien no existen reglas para definir la ubicación de las estaciones, la experiencia indica que con criterio se puede considerar:

- La Estación debe establecerse donde está la demanda de transporte.
- Cuando la zona de demanda es continua es de recomendarse que la separación entre estaciones no provoque que los usuarios recorran más de 500 metros. para tomar el metro o llegar a su destino. Esto se logra con una distancia interestaciones del orden de 700 metros. Cuando la demanda de transporte no es continua a lo largo de la línea, las estaciones no requieren ubicarse a cada 700 metros.
- Las Estaciones son un componente importante del costo de una Línea de Metro por tanto su número deber ser el que resuelva económicamente la demanda,
- En la medida que se incremente el número de estaciones, se van haciendo más complejos los Sistemas Operativos, se va complicando la operación. Lo complejo de la operación de una línea depende de su número de estaciones no de su longitud.
- Entre más estaciones se tenga se tendrán más paradas, mas tramos de aceleración y frenado y consecuentemente la velocidad comercial disminuye.

- La ubicación precisa de la estación, una vez definida su ubicación general en función de la zona de demanda, se sujeta a las características de la vialidad, del uso de las edificaciones que forman su entorno, de la conexión con otros sistemas de transporte, de la disponibilidad de terrenos para las estaciones y sus accesos, se requiere analizar caso por caso.

En el caso específico de la Línea 12 es importante resaltar que desde el punto de vista urbano, su recorrido es muy heterogéneo; inicia en Tláhuac en una zona prácticamente de uso agrícola, se desplaza por Av. Tláhuac que es una vialidad irregular donde en forma colineal sobre sus aceras se mezcla uso de suelo comercial, habitacional y semindustrial, sin integrar un continuo de alta demanda de transporte; esto también ocurre a lo largo del Eje 8 Sur (Ermita Iztapalapa – Popocatepetl). Después toma la Av. División del Norte donde se presenta el mismo fenómeno con la diferencia que el comercio es de mayor nivel económico y finalmente se desplaza por el Eje 7 Sur (Zapata, Félix Cuevas – Extremadura) donde presenta el uso de suelo, mezclado habitacional y comercial y de servicios a lo largo de la Avenida.

Consecuentemente la Línea 12 se integra por un tramo que propiamente es una lanzadera hacia Tláhuac, Xochimilco y Chalco, un tramo de suburbano y otro tramo de metro clásico.

De acuerdo a todo lo anteriormente establecido la ubicación de las Estaciones de la Línea 12 se determinó por las siguientes razones:

- **Estación Tláhuac.**- Estación terminal cuyo objetivo es recibir en un centro de intercambio transporte terrestre, el pasaje proveniente de la zona de Chalco, Tláhuac y Xochimilco; alimentando en punta la Línea 12.
- **Estación Tlaltenco.**- Se ubicó obedeciendo a los planes de Desarrollo Urbano contemplados por el Distrito Federal como detonador de dicho desarrollo.
- **Estación Zapotitlán, Nopalera, Olivos y San Lorenzo.**- Estas Estaciones se ubicaron en las zonas donde se detectó una demanda de transporte que justificaba la estación, en algunos casos se establecerá la conexión con medios de transporte terrestre que alimentarán transversalmente a la Línea 12.
- **Estación Periférico.**- Se ubicó en una zona de alta actividad comercial, donde existe de hecho un Centro de Intercambio Modal de Transporte y además se prevé su conexión con la red de Metrobús.



- **Las Estaciones Calle 11, Santa María Tomatlán, Sn. Andrés Tomatlán y Pueblo Culhuacán,-** Se ubicaron con el mismo criterio que las estaciones del Tramo Zapotitlán – San. Lorenzo ya descritas anteriormente.
- **La Estación Atlalilco.-**Su ubicación es obligada para establecer la correspondencia con la Línea 8, amén de que también se espera captación local por ubicarse en una zona de uso habitacional popular y también de uso comercial.
- **La Estación Mexicaltzingo.-** Se sembró en una zona de uso habitacional, comercial y de servicios, actividad que genera demanda de transporte.
- **La Estación Ermita.-** Es obligada por la correspondencia con la Línea 2 del Metro, que es la línea de mayor captación del Sistema y acomete al Centro Histórico que sigue siendo el Centro de Mayor Atracción de Viajes del AMCM. Además captará el pasaje local por ubicarse en zona habitacional y con cierto uso comercial y la captación presente de Líneas de transporte superficial que en esa zona cierran circuito.
- **La Estación Eje Central.-** Se ubica en una zona de uso habitacional con bajo cantidad de comercios. Pero también obedece a el intercambio de medios de transporte que se desplaza a lo largo del Eje Central. (Programa de Transporte Emisión Cero Contaminantes).
- **La Estación Parque de los Venados.-** Se ubicó en una zona de servicios b (Delegación, IMSS, Parque de los Venados), con comercios y habitacional.
- **La Estación Zapata.-** Su ubicación es obligada para hacer transbordo con la Línea 3. Zapata, zona de vivienda de clase media de alta densidad, zona comercial (Plaza Universidad, etc.)
- **Estación 20 de Noviembre.-** Se ubicó en el cruce con Av. Coyoacán en zona habitacional, comercial, de servicios, se ubica inmediata al Centro Hospitalario 20 de Noviembre de ISSSTE.
- **Estación Insurgentes.-** Se localizó a la altura de la Avenida Insurgentes, donde hace correspondencia con la Línea 1 del Metrobús, siendo uno de los corredores más importantes, está previsto a futuro una línea del Metro, como lo indica el Programa Maestro, para lo cual deberá dejarse prevista una preparación
- **Estación Mixcoac.-** Su ubicación es obligada por ser correspondencia con la Línea 7, que tiene comunicación en el Norte con varios Municipios del Estado de México, la estación se ubica entre las Avenidas Revolución y Patriotismo, en una zona habitacional con baja densidad comercial.

## Tamaño de las estaciones

Las estaciones de la Línea 12 tienen tamaños de entre 4,827 y 14,045 metros cuadrados. Asimismo, la distancia entre estaciones mínima es de 600 metros, mientras que la máxima es de 2,311 metros. A continuación se muestran los datos particulares para cada estación, ya que con estas y otras características técnicas básicas ya definidas, se han realizado los estudios y proyectos que sustentaran la construcción y luego la operación de la Línea 12.

ESTACION	TRAMO	TIPO	SUPERFICIE POR ESTACION (m <sup>2</sup> )	LONGITUDES ENTRE EJES DE ESTACION (ml)
ESTACION TLAHUAC	TLAHUAC - TLALTENCO	SUPERFICIAL	7,805.70	1,482.54
ESTACION TLALTENCO	TLALTENCO - ZAPOTITLAN	SUPERFICIAL	4,827.68	1,135.40
ESTACION ZAPOTITLAN	ZAPOTITLAN - NOPALERA	ELEVADO	6,205.69	1,539.55
ESTACION NOPALERA	NOPALERA - OLIVOS	ELEVADO	6,794.83	1,445.71
ESTACION OLIVOS	OLIVOS - SAN LORENZO	ELEVADO	6,719.06	725.878
ESTACION SAN LORENZO	SAN LORENZO - PERIFERICO ORIENTE	ELEVADO	6,576.49	1,679.22
ESTACION PERIFERICO ORIENTE	PERIFERICO ORIENTE - CALLE 11	ELEVADO	6,576.49	1,219.13
ESTACION CALLE 11	CALLE 11 - LA VIRGEN	ELEVADO	6,433.92	1,072.73
ESTACION LA VIRGEN	LA VIRGEN - ESIME CULHUACAN	ELEVADO	7,017.68	1,167.33
ESTACION ESIME CULHUACAN	ESIME CULHUACAN - BARRIO TULA	ELEVADO	6,096.59	1,182.44
ESTACION BARRIO TULA	BARRIO TULA - ATLALILCO	ELEVADO	6,186.96	2,312.00
ESTACION ATLALILCO	ATLALILCO - MEXICALTZINGO	SUBTERRANEO	9,084.80	1,579.98
ESTACION MEXICALZINGO	MEXICALTZINGO - ERMITA	TUNEL	6,641.48	1,954.69
ESTACION ERMITA	ERMITA - EJE CENTRAL	TUNEL	13,271.17	1,044.79
ESTACION EJE CENTRAL	EJE CENTRAL - PARQUE DE LOS VENADOS	TUNEL	7,803.96	1,430.04
ESTACION PARQUE DE LOS VENADOS	PARQUE DE LOS VENADOS - ZAPATA	TUNEL	7,761.47	712.506
ESTACION ZAPATA	ZAPATA - 20 DE NOVIEMBRE	TUNEL	11,122.34	600.15
ESTACION 20 DE NOVIEMBRE	20 DE NOVIEMBRE - INSURGENTES SUR	TUNEL	7,276.78	874.976
ESTACION INSURGENTES SUR	INSURGENTES SUR - MIXCOAC	TUNEL	7,774.25	811.338
ESTACION MIXCOAC		TUNEL	14,045.39	

Fuente: Subdirección de Arquitectura y Urbanismo, Proyecto Metro

Nota: La distancia total del proyecto en línea de uso por los usuarios es de **23,970.40**



Fuente: [www.metro.com.mx](http://www.metro.com.mx)

## 8.2 Adecuaciones menores al Trazo Final de la Línea 12

Dicha racionalización contempló cambios en el procedimiento constructivo en el tramo comprendido entre la estación Calle 11 y la estación Mexicaltzingo que originalmente conectaba Calle 11 y Ermita Iztapalapa, en la modalidad de cajón subterráneo, que pasaría a la modalidad de tramo elevado. Al implantar la solución elevada sobre el trazo original que se desplazaba sobre la Av. Tláhuac hasta la estación La Virgen, la cual atraviesa por Av. Cafetaleros, ESIME IPN Culhuacán, y Eje 3 Oriente, se presentaron los siguientes problemas que resultaron en su modificación:

1. El tramo subterráneo presentaba afectaciones en el Pueblo de Santa María Tomatlán, tanto en vivienda como en imagen urbana.
2. La estación elevada La Virgen al atravesar la Av. Taxqueña, cuando el trazo se desarrollaba por el Eje Troncal Metropolitano, quedaba a 18 metros de altura sobre las baquetas, lo cual de acuerdo a la experiencia de operación del Metro, desalienta mucho su uso bajando la demanda.
3. En el Tramo de Eje 3 Oriente (Arneses) entre las calles Cafetales y Campesinos la vialidad no tenía el ancho suficiente para sembrar las columnas en su camellón central y afectaba importantes instalaciones municipales, por lo que había necesidad de construir marcos con columnas dentro de las banquetas, reduciéndolas a 1.5 metros de ancho en cada marco cuya separación sería de entre 30 y 35 metros.
4. El tramo elevado con trayecto original (Tláhuac – la Virgen) afectaba el Deportivo Francisco Javier Mújica quedando el metro elevado dentro de sus terrenos. El trazo elevado Tláhuac-Ermita Iztapalapa no presentó este problema.
5. En el distribuidor Taxqueña – Eje 3 Oriente (Arneses) la vialidad se reduciría considerablemente para poder funcionar como un distribuidor vial de la Línea 12 hacia la estación Barrio Tula.
6. En el trazo modificado se obtienen obras inducidas que incluyen: el Acueducto Tláhuac, mismo que se afecta desde Zapotitlán; un Colector; y 3 Líneas de Alta Tensión. Estas tres obras inducidas de infraestructura básica son de menor escala y afectación que las contempladas en el trazo original.

7. Afectación al Eje Troncal Metropolitano. El trazo original contempla un tramo sobre este eje vial afectando temporalmente la circulación durante la construcción de la Línea 12 y permanentemente la estructura del metro reduciendo su capacidad. Esto conllevaría a adquirir más predios para ampliar el ancho vial e indemnizar externalidades negativas a la población derivadas de la expropiación. Esto no ocurre con el trazo modificado que sólo afecta al construir el cajón subterráneo en el cruce de Eje Troncal Metropolitano con la Av. Ermita Iztapalapa.
8. Geotecnia del Suelo. El trazo original se ubica en la transición entre el Cerro de la Estrella y la Zona del Lago, la cual presenta una gran inestabilidad del suelo ya que en tramos muy cortos (de aproximadamente 20 metros), los suelos cambian de deformados a firmes y viceversa. Lo anterior complica la estructura pudiendo presenciarse hundimientos diferenciales a largo plazo que implica un mantenimiento intenso y el incremento en el riesgo de descarrilamiento de trenes. El nuevo trazo se ubica en suelos más estables con nulos deformes.
9. La determinación de establecer la estación Atlalilco (nuevo trazo) en lugar de Axomulco (trazo original) se dio debido a que la estación Axomulco requería una intervención mayor en infraestructura para permitir la correspondencia con la Línea 8.

Asimismo, la problemática generada en el tramo Calle 11-Mexicaltzingo se aligera si el trazo de la Línea 12 se desplaza saliendo de Calle 11 por la Av. Taxqueña hasta llegar a Av. Ermita Iztapalapa en donde cambia de dirección hacia el poniente, como se muestra en la siguiente figura que corresponde a la configuración actual de la línea 12 en dicho tramo.



Fuente: STC-Metro Dirección General de Proyecto Metro (DGPM)  
 Nota: La línea punteada del lado izquierdo representa el trazo anterior

### 8.3 Principales Vialidades por las que se construye el Proyecto Línea 12 del metro

A modo descriptivo, se incluye una breve explicación de las vialidades primarias de la zona de influencia de la L-12. Esta información es relevante para efectos de este estudio, con el fin de mostrar las carencias de las ejes o avenidas actuales para transportar de manera eficiente la demanda de pasajeros de transporte público.

El área en estudio que se ha considerado para fines del estudio está delimitada por la trayectoria propuesta de la Línea 12 del Metro, siguiendo el recorrido que a continuación se describe: inicia por la parte poniente en el Metro Mixcoac y Av. Revolución sobre la Av. Extremadura (Eje 7 Sur) hasta la Av. División del Norte, continuando por esta vialidad hasta el Eje 8 Sur, continuar por éste hasta hacia el





Fuente: Imagen tomada desde el edificio del STC en el Metro Zapata

### **Eje 7 Sur Municipio Libre**

Tramo Av. Universidad – Av. División del norte, longitud 8.90 Km. Continuación de la Av. Félix Cuevas, donde la sección transversal cambia, teniendo un ancho de calzada de 12.90 m que permite la operación de 4 carriles y comunica importantes puntos de la ciudad. Esta vía opera en sentido único de circulación, teniendo como vía alterna el Eje 7ª Sur (Emiliano Zapata). Se tiene prohibido el estacionamiento en este. Además conduce un número importante de vehículos y sus intersecciones importantes son controladas por semáforos.



Fuente: Imagen tomada desde en Municipio Libre a la altura de la Delegación Benito Juárez



### **Av. División del Norte**

Tramo Eje 7 Sur Municipio Libre a Eje 8 Sur Popocatépetl, longitud 1.0 Km. La Av. División del Norte se constituye como una importante vialidad, opera en doble sentido de circulación en su tramo y presenta una sección transversal promedio de 32.70 metros que le permite operar con dos calzadas de 10.50 m cada una de ellas para operar con tres carriles de circulación por sentido, separados por un camellón central de 5.20 m. A lo largo de esta vialidad las intersecciones más importantes operan con semáforos y a pesar de que está prohibido el estacionamiento en la vía pública se encuentran vehículos estacionados, disminuyendo con esto la capacidad de la vía.



Fuente: Imagen tomada desde Churubusco

### **Eje 8 Sur Popocatépetl**

Tramo de la Av. División del Norte a Calzada de la Viga, longitud 3.43 Km. Se constituye como una de las principales vialidades primarias de la ciudad, cuenta con una sección transversal promedio de 20.0 m de calzada que le permite alojar 5 carriles en operación en sentido poniente- oriente y uno en contra flujo exclusivo para el transporte público. Esta vialidad permite una buena comunicación entre los viajes de poniente al oriente de la ciudad. El estacionamiento sobre la vía pública no es permitido, pero se observa que en algunos tramos realizan esta maniobra. Las principales intersecciones con esta vía están controladas con semáforos.



Fuente: Imagen tomada en la Av. División del Norte esquina eje 8

### **Eje 8 Sur Av. Ermita Iztapalapa**

Tramo Eje 2 Oriente Calzada de la Viga a Eje 3 Oriente Arneses, longitud 1.15 Km. El Eje 8 Sur Av. Ermita Iztapalapa se constituye como una importante vialidad primaria, opera en doble sentido de circulación en este tramo y presenta una sección transversal promedio de 27.00 metros que le permite operar con dos calzadas de 12.00 m cada una de ellas para operar con cuatro carriles de circulación por sentido, separados por un pequeño camellón central de 0.70 m de ancho. A lo largo de esta vialidad las intersecciones más importantes operan con semáforos y a pesar de que está prohibido el estacionamiento en la vía pública se encuentran vehículos estacionados esporádicamente, disminuyendo con esto la capacidad de la vía.



Fuente: Imagen tomada en el eje 8 esquina con Av. Tláhuac

### **Eje 3 Oriente Arneses**

Tramo Eje 8 Sur Av. Ermita Iztapalapa a Calle Cafetaleros, longitud 2.56 Km. Este tramo del Eje 3 Oriente opera en doble sentido de circulación y presenta una sección transversal promedio de 28.00 metros que le permite operar con dos calzadas de 13.00 m cada una de ellas para operar con tres carriles de circulación por sentido, separados por un pequeño camellón central de 2.00 m de ancho. A lo largo de esta vialidad las intersecciones más importantes operan con semáforos o pasos a desnivel y a pesar de que está prohibido el estacionamiento en la vía pública se encuentran vehículos estacionados esporádicamente, disminuyendo con esto la capacidad de la vía.



Fuente: Imagen tomada sobre el eje 3

### **Av. Tláhuac**

Tramo1. Circuito Bahamas a Anillo Periférico Oriente, longitud 2.41 Km. Este tramo de la Av. Tláhuac se constituye como una importante vialidad primaria, opera en doble sentido de circulación y presenta una sección transversal promedio de 22.00 metros que le permite operar con dos calzadas entre 9.50 y 12.00 m cada una de ellas para operar con tres carriles de circulación por sentido, separados por un pequeño camellón central de 2.00 m de ancho. A lo largo de esta vialidad las intersecciones más importantes operan con semáforos y algunas de ellas presentan problemas en su operación, a pesar de que está prohibido el estacionamiento en la vía pública se encuentran vehículos estacionados, disminuyendo con esto la capacidad de la vialidad.



Fuente: Imagen tomada en la Av. Tláhuac

### **Av. Tláhuac**

Tramo 2. Anillo Periférico Oriente a Juan de Dios Peza, longitud 4.51 Km. Este tramo de Av. Tláhuac opera en doble sentido de circulación y presenta una sección transversal variable entre 30.0 m y 35.00 metros que le permite operar con dos calzadas entre 12.00 y 14.00 m cada una de ellas para operar con tres y cuatro carriles de circulación por sentido, separados por un camellón central de ancho variable. A lo largo de este tramo las intersecciones más importantes operan con semáforos, a pesar de que está prohibido el estacionamiento en la vía pública se encuentran vehículos estacionados, disminuyendo con esto la capacidad de la vialidad. También se observó en este tramo un exceso de puestos comerciales informales (Ambulantes) sobre la el primer carril de circulación y en algunos casos por mercancía de los propios comercios establecidos (muebles, cajones de madera para apartar lugares de estacionamiento, etc.)



Fuente: Imagen tomada en la Av. Tláhuac

### **Av. Tláhuac**

Tramo 3. Juan de Dios Peza a Av. Acueducto, longitud 1.80 Km. Este último tramo de Av. Tláhuac opera en doble sentido de circulación y presenta una sección transversal variable entre 16.50 m y 19.90 metros que le permite operar con dos calzadas entre 6.20 y 9.70 m cada una de ellas para operar con dos y tres carriles de circulación por sentido, separados por un pequeño camellón central de 1.20 m de ancho. A lo largo de este tramo las intersecciones más importantes operan con semáforos y algunas de ellas presentan problemas en su operación, a pesar de que está prohibido el estacionamiento en la vía pública se encuentran vehículos estacionados, disminuyendo con esto la capacidad de la vialidad.



Fuente: Imagen tomada en la Av. Tláhuac

## *Conclusiones*

## Conclusiones

Esta metodología de administración y planeación de transporte que se presenta en esta tesis, se puede aplicar a cualquier sistema de transporte urbano. Se han presentado varios métodos para obtener una solución al problema de transporte, calculando la demanda, para después poder realizar con bases, el diseño y la implantación de un nuevo sistema de transporte. Una consideración muy importante que hay que tener en cuenta con cualquier método que se utilice, es que el problema de transporte no siempre puede aislarse y resolverse dentro de sus propios límites. El transporte es tan sólo una parte de todo el sistema de distribución de la distribución de viajes. Es muy difícil resolver el mejoramiento del programa de transporte en términos de servicio y bajo costo. Esa área del proyecto, requiere de una constante atención para incorporar los cambios que constituyan las necesidades de la población.

En el proceso de planeación, lo más importante es la capacidad de entender los problemas, disponer de información y tener la capacidad de ofrecer respuesta rápida a la solicitud de análisis de nuevos problemas. Esto es en esencia un proceso de construcción del conocimiento del proceso de urbanización, de cómo interpretarlo, cómo analizarlo y cómo buscar soluciones. Nunca se debe olvidar que la planeación es una tarea de producir información para apoyar la toma de decisiones.

En esta tesis se realizó un análisis a la metodología empleada en la planeación del Sistema de Transporte Colectivo metro en específico al proyecto de línea 12 o línea Bicentenario, muchos puntos mencionados en esta se pueden corroborar mediante visitas técnicas a todo el sistema de transporte público de pasajeros existente en la ZMVM y no solo en el caso de alguna línea del metro. No hay duda de que en el pasado hubo algunos sistemas que fueron eficientes; sin embargo, el crecimiento de la población, las dimensiones del área, los adelantos tecnológicos y otros factores, han rebasado los alcances previstos, sin que a la fecha se hayan emprendido acciones efectivas que resuelvan con éxito este desafío. Por la tanto es necesario aprender el concepto de planeación de un sistema de transporte y aplicarlo a nuestra ciudad, para así poder con base en esto diseñar y hacer modificaciones a los transportes urbano, con los cual contamos. Se puede observar que las instituciones encargadas del transporte en la ciudad necesitan debido a su complejidad de operaciones, recursos y manejo, un tipo de administración un poco más enfocada a metas específicas. La administración de proyectos es una respuesta a esta necesidad.

En esta forma se podrían encontrar soluciones efectivas y funcionales al cada día mayor problema del transporte público de personas, que en nuestro medio se agudiza con la declinación acelerada de las unidades por descuido en su mantenimiento y cuyas consecuencias colaterales son: contaminación, pérdida de vidas humanas, baja productividad laboral, desperdicio de energéticos, infraestructura vial insuficiente para satisfacer con eficiencia el problema, etcétera. Además cabe señalar que cuando se tenga la infraestructura para facilitar los desplazamientos por medio de un adecuado sistema de transporte público de personas en el área urbana, será posible emprender con mayores posibilidades de éxito acciones enérgicas que desalienten el uso del automóvil particular y por consiguiente su uso se reduzca, ya que el servicio que se les brinde satisfaga sus demandas y cubra sus necesidades en forma razonable.

Ante este escenario, es necesario ampliar la red del sistema de transporte colectivo metro, cambiar los vehículos pequeños del transporte público de pasajeros por unos de mayor capacidad.

Independientemente de la probada viabilidad técnica de esta Línea 12, es crucial conocer su rentabilidad social partiendo de las bases del proyecto. Con ello, se obtienen estándares objetivos y metodológicamente sólidos para poder inferir la rentabilidad social del proyecto.

La presente tesis analiza el estudio de demanda que se usó como base para la construcción de la Línea 12 del Metro y se puede concluir que la construcción de la Línea 12 del Metro logrará una gran mejoría en las vialidades de la zona de influencia, las cuales están altamente cargadas, presentando diversos problemas de congestión a lo largo del día, por lo que la Línea 12 contribuye a la reducción en tiempos de viaje tanto para las personas que se desplazan en transporte público como para las personas que se desplazan en transporte privado.

El metro al ser la obra civil y arquitectónica más grande y compleja de la Ciudad de México, es importante que siempre este en un proceso permanente de transformación y crecimiento, para que logre incorporar nuevas tecnologías que brinden mayor seguridad y confort a los usuarios y se logre la ampliación de la red según lo previsto en los planes de desarrollo existentes.

Se pudo observar la importancia del Metro, sobre todo en cuanto a su eficiencia, ya que comparado con otros vehículos, se encuentra muy por encima de ellos, en cuanto a capacidad y tiempo de traslado, pero en Ciudades como la nuestra, en donde diariamente el metro es usado por 4'600,000 usuarios, el servicio durante



las horas pico es insuficiente, por lo tanto debe existir mayor planeación y distribución de los carros con los que cuenta la red.

Por esta razón se debe seguir con el Plan Maestro actual, ya que se notaría una reducción considerable de conflictos viales en el DF, sin embargo el gobierno actual ha preferido dar soluciones parciales de alto costo, sin ver por la continuidad del Plan Maestro, sacrificando la movilidad y accesibilidad que podrían tener más líneas de metro en la ZMVM y así generar mayor eficiencia, calidad y menores impactos ambientales.

Como mencionó esta tesis, en la perspectiva de largo plazo, insiste en promover una mejor articulación de las alternativas de transporte público con participación gubernamental, dándole prioridad a la función troncal de la red del STC-Metro. Buscando que en el futuro se posibilite en el conjunto de la red del Metro, el equilibrio de la carga de usuarios, impulsando que las futuras expansiones del sistema promuevan la eficiencia de las líneas con baja afluencia actual, mediante ampliaciones de las líneas existentes para interconectar con otros modos de transporte de elevada capacidad que incrementen la captación de pasajeros.

En el proceso de planeación, lo más importante es la capacidad de entender los problemas, disponer de información y tener la capacidad de ofrecer respuesta rápida a la solicitud de análisis de nuevos problemas. Esto es en esencia un proceso de construcción del conocimiento del proceso de urbanización, de cómo interpretarlo, cómo analizarlo y cómo buscar soluciones. Nunca se debe olvidar que la planeación es una tarea de producir información para apoyar la toma de decisiones.

Para poder lograr todos los objetivos que nuestro país necesita en cuestión de transporte es fundamental contar con todo un proceso de planeación, fundamentada en procesos y estudios periódicos, siendo el objetivo de esta tesis, conjuntar la información de una metodología de planeación y aplicarla a un sistema de transporte urbano, para poder analizarlo a fondo.

En esta tesis se plantea que, si las nuevas obras que se realicen respecto a transporte urbano, se sigue esta metodología se podrá estar detectando las necesidades de la ciudadanía y de este modo darles un análisis, una evaluación, un mantenimiento y una implementación a nuevas ideas y soluciones, logrando una mejor calidad de vida para todos los ciudadanos.

## Bibliografía:

1. Bacon and Bhattacharya, 2007, *Growth and CO2 Emissions: How do Different Countries Fare*, USA.
2. CAM, 2002. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010*. México.
3. Casado, F., Romani, J., y Ernesto Negrete. 1982. *Plan Maestro del Metro. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México*, México
4. Centro Mario Molina, 2006. *Proyecto Elaboración de Políticas y Estrategias para la Comunicación Orientadas al Mejoramiento de la Calidad del Aire en la ZMVM. (Segundo informe parcial)*, México.
5. Centro Mario Molina, 2006, *Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010*, México.
6. Centro Mario Molina, 2007 *Estudios Estratégicos de Energía y Medio Ambiente y otras Instituciones. "Estrategias De Acción Para La Zona Metropolitana Del Valle De México"*. México.
7. Clara Zamorano, Joan M. Bigas y Julián Sastre, 2006, *Manual de tranvías, metros ligeros y sistemas de plataforma reservada*, Madrid España
8. Consejo Nacional de Población, 1998. *Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1990-2010*. México.
9. Escuela Interamericana de Administración Pública Fundación Getulio Vargas, 1986, *Proyectos de desarrollo Planificación implementación y control*, México.
10. INE-SEMARNAT, 2006, *Inventario Nacional de emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002*, México.
11. INEGI, 1994. *Encuesta de Origen-Destino de los viajes de los residentes de la ZMCM*, México.
12. INEGI, 1995. *Conteo de Población y Vivienda*, México.
13. INEGI, 2007, *Estudio de la demanda del transporte*, México.

14. INEGI, 2008. *Encuesta Origen-Destino 2007, de la Zona Metropolitana del Valle de México*, México.
15. Jorge Legorreta, Carlos González Lobo, 2008 *La Ciudad de México a debate*, México
16. Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel, 2005, *Ingeniería de Tránsito y de Carreteras*, Tercera Edición, México.
17. Romero Héctor Manuel, 1987, *Historia del transporte en la Ciudad de México: de la trajinera al metro*. Ediciones Gubernamentales, México, D.F.
18. Salvador Herrera, 2010, *Panorama de Movilidad en México Centro de Transporte Sustentable de México*, México
19. SETRAVI, 1996, *Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996*, México.
20. SETRAVI, 2007, Gaceta oficial del Distrito Federal “*Programa Integral de transporte y vialidad 2007*”, México.
21. SETRAVI, 2007, Gaceta oficial del Distrito Federal “*Informe del Metrobús 2010*”, México

**Referencias:**

<http://www.metro.df.gob.mx/>

<http://www.setravi.df.gob.mx/index.jsp>

<http://www.ctsmexico.org>

[http://www.setravi.df.gob.mx/wb/stv/programa\\_integral\\_de\\_transportes\\_y\\_vialidad](http://www.setravi.df.gob.mx/wb/stv/programa_integral_de_transportes_y_vialidad)

<http://www.metrobus.df.gob.mx/>