

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)..

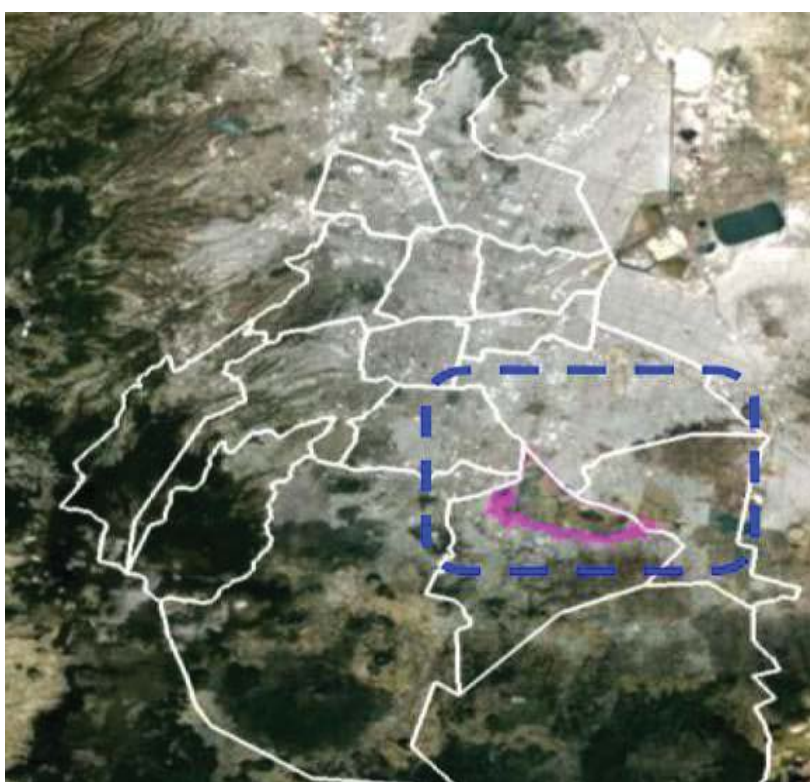


Imagen obtenida en internet.

Estas últimas constituyen la unidad fundamental del Marco Geoestadístico⁴⁹, el cual se ajusta, en lo posible, a los límites municipales y estatales de la división

⁴⁹El 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"> • Aforos de Ascenso y Descenso. • Aforos Cordón • Aforos de líneas pantallas • Encuesta origen destino en transporte de superficie 	<ul style="list-style-type: none"> • 34 líneas adoradas de 6a 10 hs. • Aforos exhaustivos sobre 18n puntos del cordón de 6 a 10 hs. • Aforos exhaustivos sobre 3 líneas pantalla de 6 a 22 hs. • Entrevistas a bordo de vehículos en los ejes 	<ul style="list-style-type: none"> • Cargas horarias de las líneas de transporte de superficie paralelas a la línea 12. Polígono de cargas de la línea • Volúmenes de pasajeros que entran y salen del cordón. • Captación horaria de las líneas de transporte de superficie. Perfil de la utilización durante el día de transporte de superficie. • Origen destino de los usuarios. Duración de los viajes. Motivo de desplazamiento. Salario mensual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibración del modelo. Información para el dimensionamiento del sistema • Captación de la hora de demanda máxima. Corrección de la matriz demanda • Captación de la hora de máxima demanda. Cálculo del porcentaje de captación en la hora de máxima demanda. • Creación de una matriz detallada para la zona corregida por los aforos. Calibración de tiempo. Validación de la muestra

Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio de la demanda del transporte, INEGI 2007

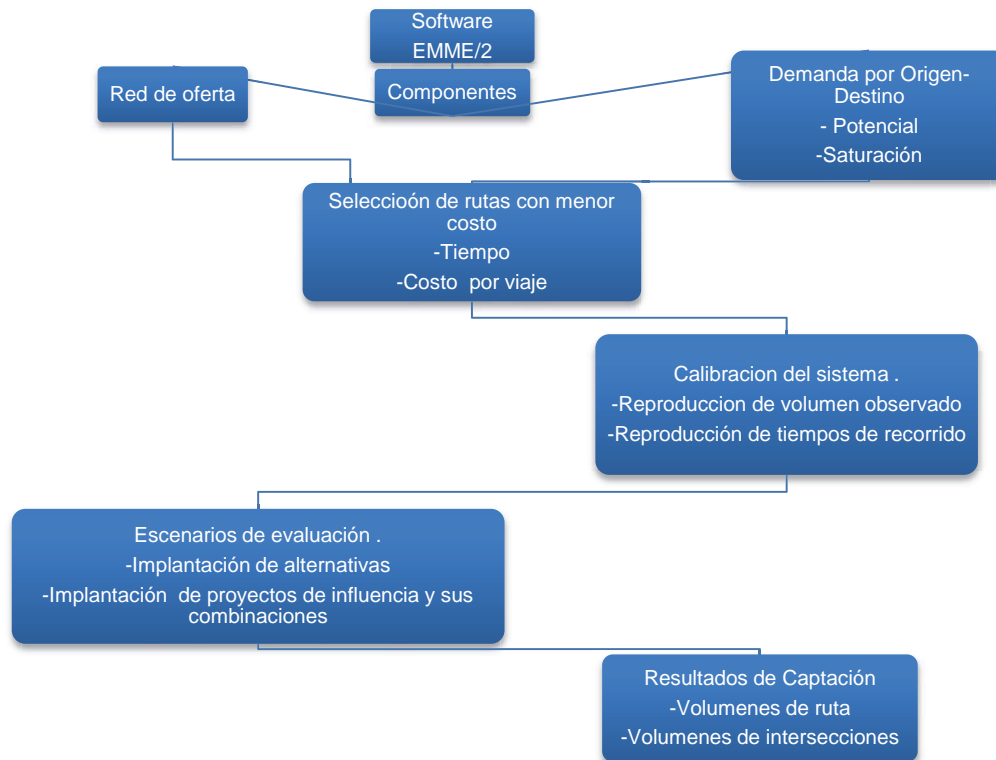
Los resultados de estos aforos mostraron el comportamiento de la demanda en las diferentes paradas de transporte. También observamos que la carga promedio de los vehículos en los tramos de análisis ocupan solo la mitad de su capacidad, evidenciando para este sector una sobre-oferta en transporte. Sin 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

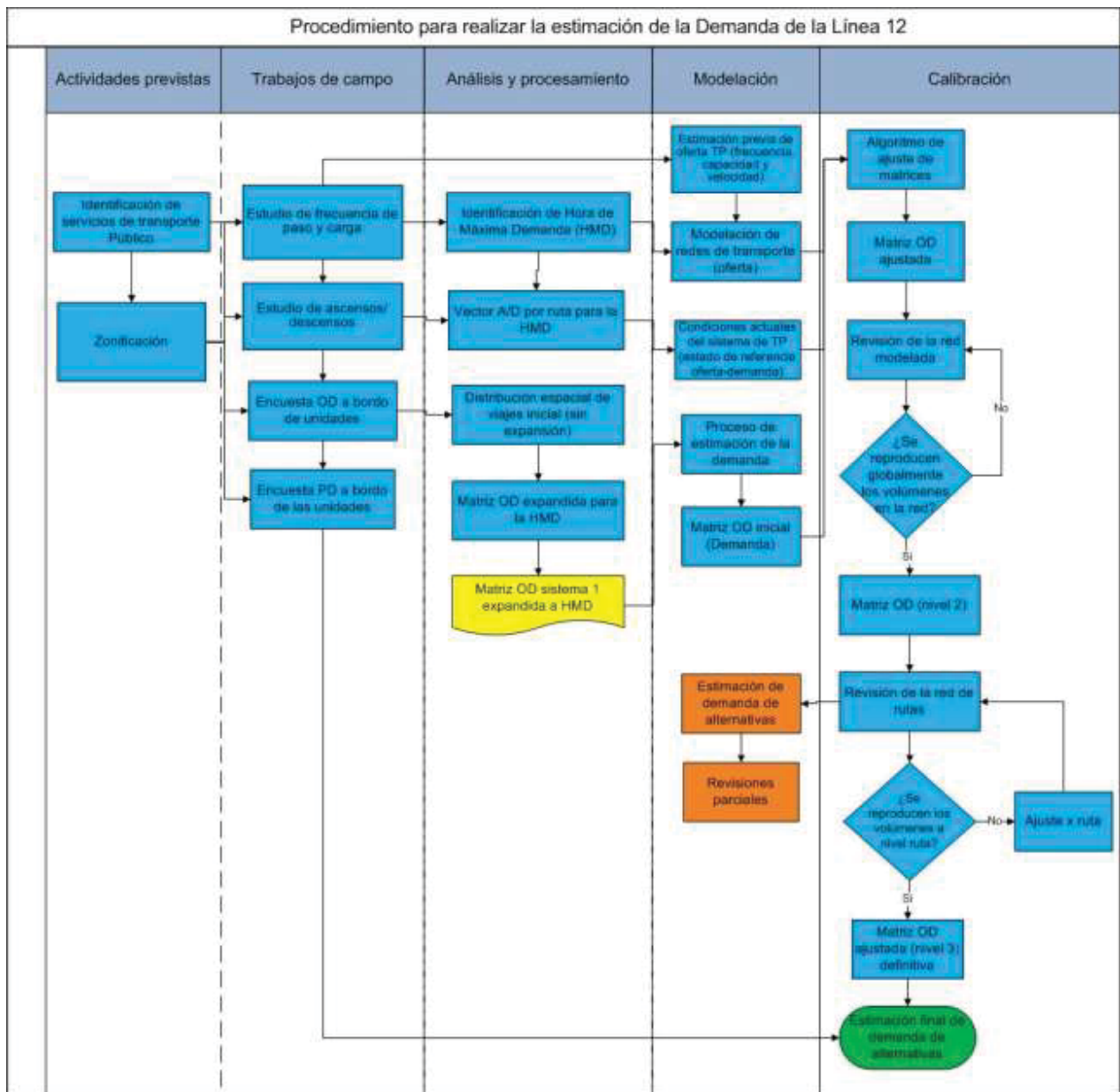
El proceso de simulación de la situación prevaleciente durante la construcción de la Línea 12 del Metro, requirió de la construcción de un modelo de asignación. La metodología que describe la Figura que se expone brevemente a continuación, se empleó con la finalidad de disponer de una herramienta de 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 seguir⁵⁰. 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.

⁵⁰ Primer principio de Wardrop



Fuente: Estudio de demanda SCT.

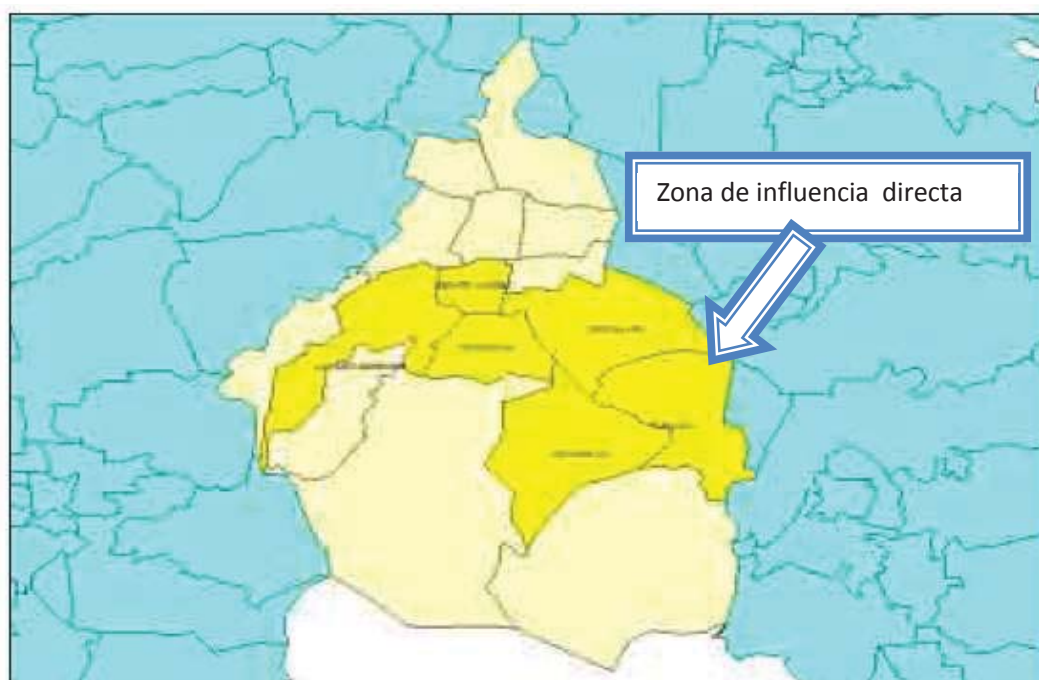
La información de estos estudios permitió orientar las decisiones de modelación en términos de:

- 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

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.

AGEBs por delegación	
DELEGACIÓN	No. de AGEBs
ALVARO OBREGÓN	197
BENITO JUÁREZ	102
COYOACAN	154
IZTAPALAPA	437
TLAHUAC	103
XOCHIMILCO	115
TOTAL	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.

Desagregación de la red de vialidades por tipo	
Tipo de vialidad	Longitud (km)
Vías primarias	2041
Vías secundarias	1156
Vías locales	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.⁵¹

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.

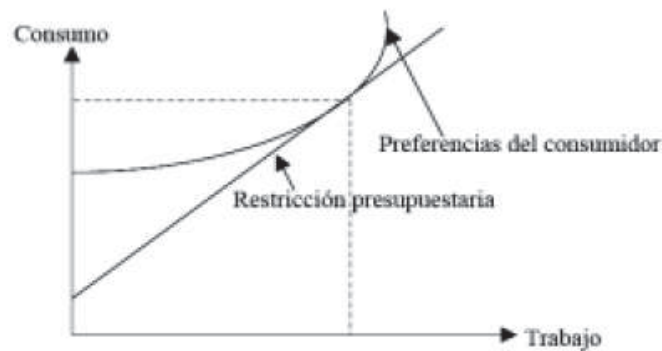
La mayoría de los estudios que estiman el valor social y económico del tiempo parten del principio de la maximización de la utilidad del consumidor, donde éste se enfrenta tanto a una restricción presupuestaria como a restricciones de tiempo para viajar. Esto da lugar a una función indirecta de utilidad 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.

⁵¹ 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:

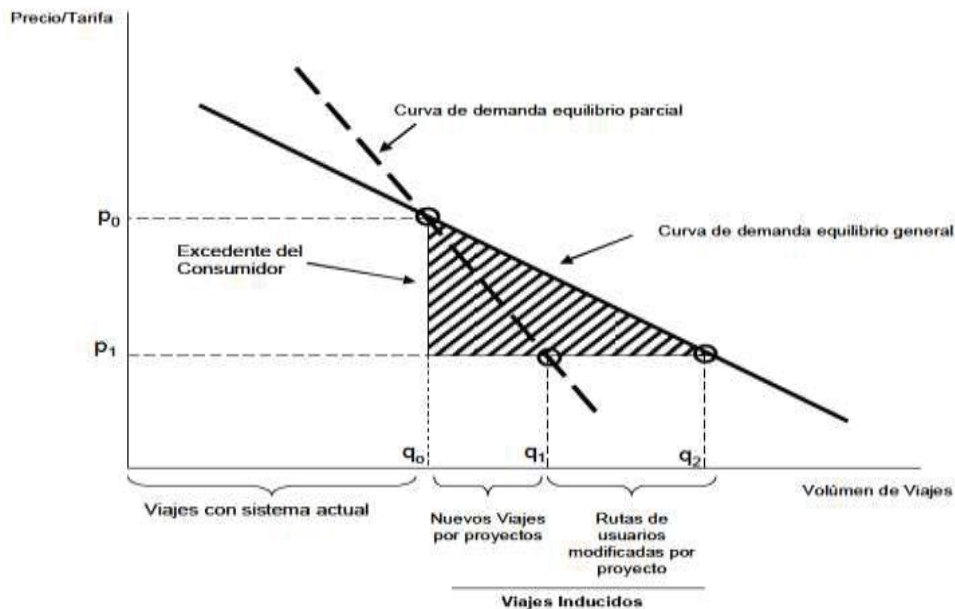
1. **Preferencias reveladas (RP):** se estiman los valores del tiempo que mejor expliquen las elecciones de comportamiento actuales observadas (por ejemplo, la elección entre un modo caro y rápido, y un modo barato y lento). Conceptualmente, este análisis se considera como el más realista.
2. **Preferencias 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.

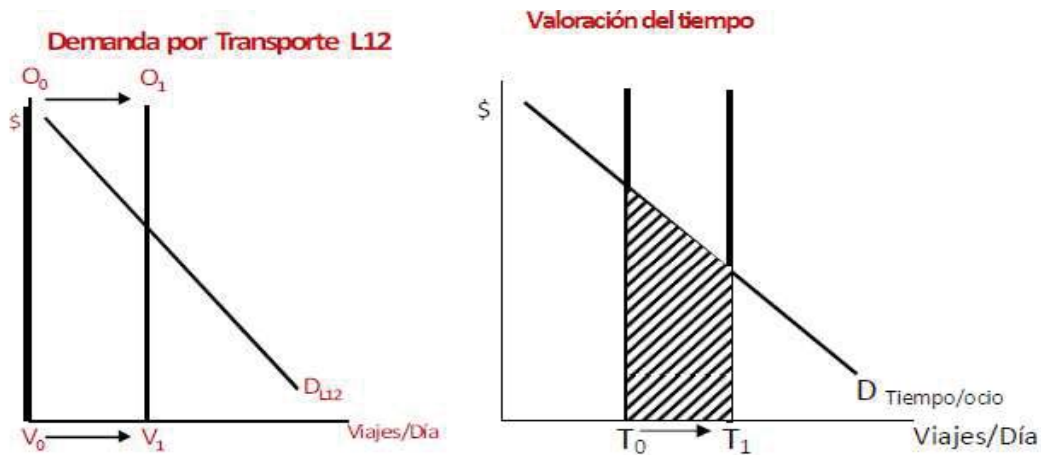


Fuente: Estudio de demanda SCT 2008

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

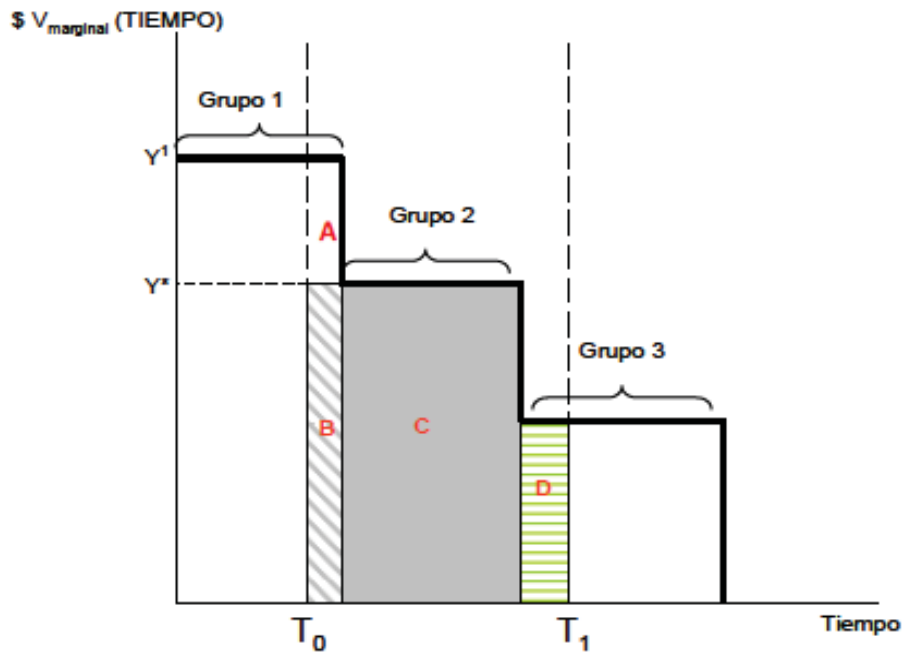
individuos tendrán una distinta valoración. A continuación se describen los tres grupos considerados que valoran el tiempo de manera distinta.

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

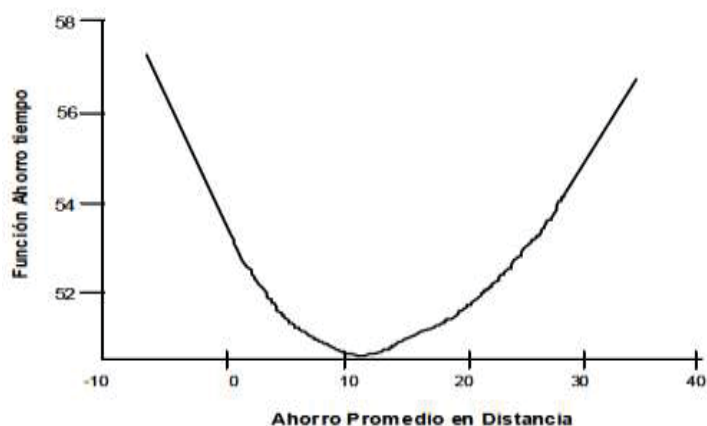
Es importante contar con la relación entre el ahorro en tiempo y el ahorro en distancia para poder constatar que el marco conceptual sea coherente y se derive de una lógica adecuada. Para ello es importante conocer la relación funcional que posee el ahorro el tiempo y de distancia entre los usuarios. 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 tiempo⁵². 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.

⁵² 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 (SO₂, CO₂, NO_x, PM₁₀), 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 CO₂, 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- 2006⁵³. 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.

⁵³ Bacon and Bhattacharya. Growth and CO₂ Emissions: How do Different Countries Fare, Noviembre 2007

En términos ambientales, el sector transporte contribuye con el 57% de las emisiones de CO₂ en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), superando el crecimiento de vehículos y congestión al crecimiento económico y poblacional, en los últimos años⁵⁴. Las propuestas para poder abatir de manera efectiva las emisiones de CO₂ 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_x) 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 navegación⁵⁵.

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_x están asociados con

⁵⁴ Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010, SETRAVI 2010.

⁵⁵ 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 tráfico⁵⁶.

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,

⁵⁶ 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
TRAMO FELIX CUEVAS	4	19	190,450	18,052	113,907	8,657	76,543	9,395
TRAMO POPOCATEPETL	5	25	263,600	24,986	122,069	12,866	141,531	12,120
TRAMO ERMITA	10	56	587,270	55,665	296,181	25,147	291,089	30,519
TRAMO EJE 3 OTE	5	34	380,620	36,078	172,741	13,128	207,879	22,949
TRAMO TLÁHUAC	12	64	678,176	52,364	289,801	22,197	388,375	30,167
TOTAL	36	198	2,100,116	187,145	994,700	81,995	1,105,417	105,150

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
TRAMO FELIX CUEVAS	33,533	19,150	23,860	76,543
TRAMO POPOCATEPETL	82,311	27,015	32,205	141,531
TRAMO ERMITA	197,489	64,590	29,010	291,089
TRAMO EJE 3 OTE	92,777	71,577	43,525	207,879
TRAMO TLÁHUAC	399,039	11,897	-22,561	388,375
TOTAL	805,149	194,229	106,039	1,105,417

PORCENTAJE	73%	18%	10%	100%
-------------------	------------	------------	------------	-------------

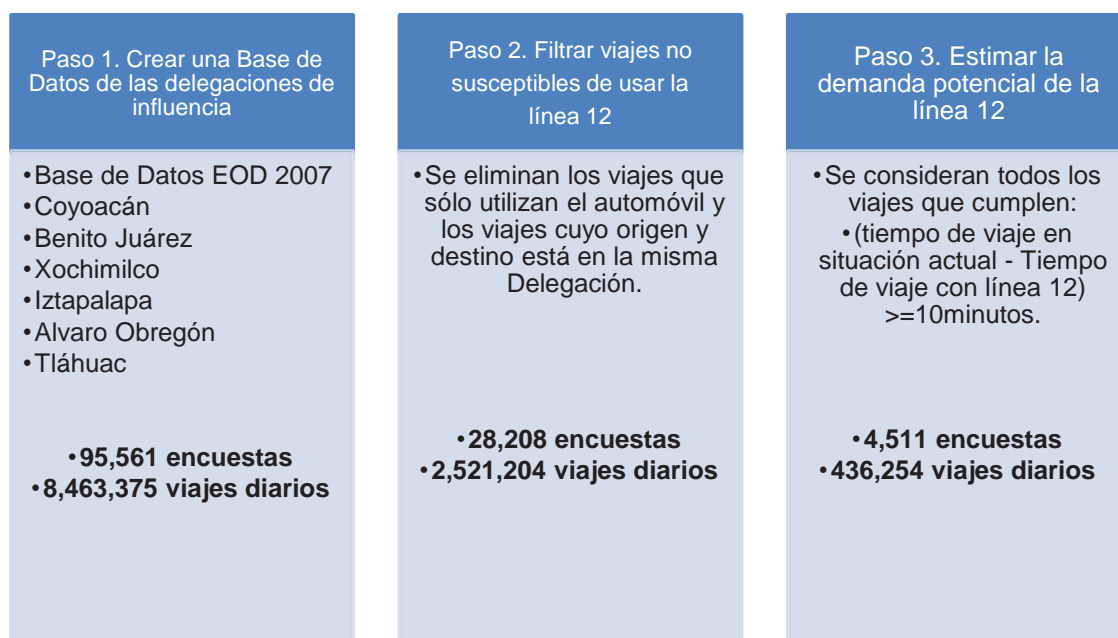
Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio de frecuencia y paso del Transporte Público, STC-Metro, 2008

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.

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

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.

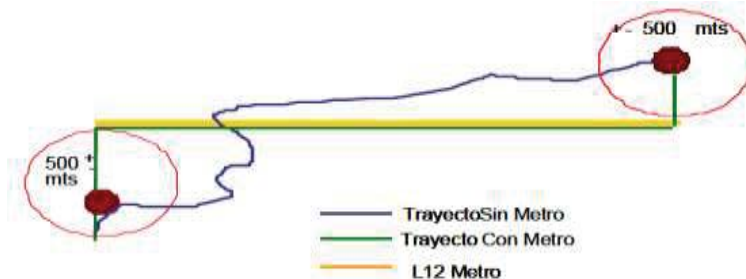
Número de encuestas, factores de expansión y viajes totales en las delegaciones de la zona de influencia de la Línea 12 sin viajes en automóvil ni viajes AGEB-AGEB			
Delegación	Numero de encuestas	Factor de expansión	Numero de viajes
Coyoacán	4,277	91.86	384,390
Iztapalapa	7,665	102.45	778,716
Álvaro Obregón	4,165	76.08	327,150
Tláhuac	6,719	91.86	549,907
Xochimilco	1,797	99.92	174,698
Benito Juárez	3,582	86.47	306,343
Total	28,205	91	2,521,204

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
Coyoacán	802	91.86	76,333
Iztapalapa	1,614	102.45	168,763
Álvaro Obregón	253	76.08	23,877
Tláhuac	1,053	91.86	93,158
Xochimilco	252	99.92	23,805
Benito Juárez	537	86.47	50,323
Total	4,511	91	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

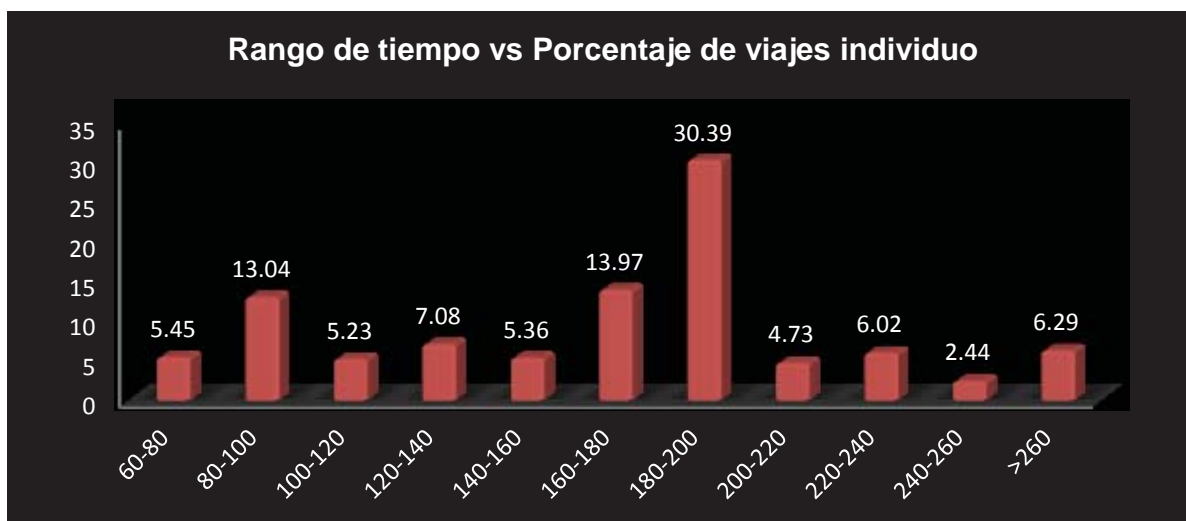
Matriz de Viajes por delegación de la demanda de la L12 del Metro								
Delegación Destino								
Delegación /Origen	Coyoacán	Iztapalapa	Álvaro Obregón	Tláhuac	Xochimilco	Benito Juárez	Resto de delegaciones	TOTAL
Coyoacán	5,967	4,683	1,301	208	286	6,678	14,802	33,925
Iztapalapa	26,049	36,815	4,240	2,063	1,054	17,679	47,129	135,029
Álvaro Obregón	1,929	582	348	96	67	2,118	4,437	9,577
Tláhuac	8,066	6,767	1,122	4,073	994	3,705	32,614	57,341
Xochimilco	4,229	2,070	1,053	84	772	3,279	8,893	20,380
Benito Juárez	1,623	1,317	282	187	483	4,291	4,056	12,239
Resto de delegaciones	42,408	33,734	14,300	35,817	3,425	38,084	0	133,886
TOTAL								436,259

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.

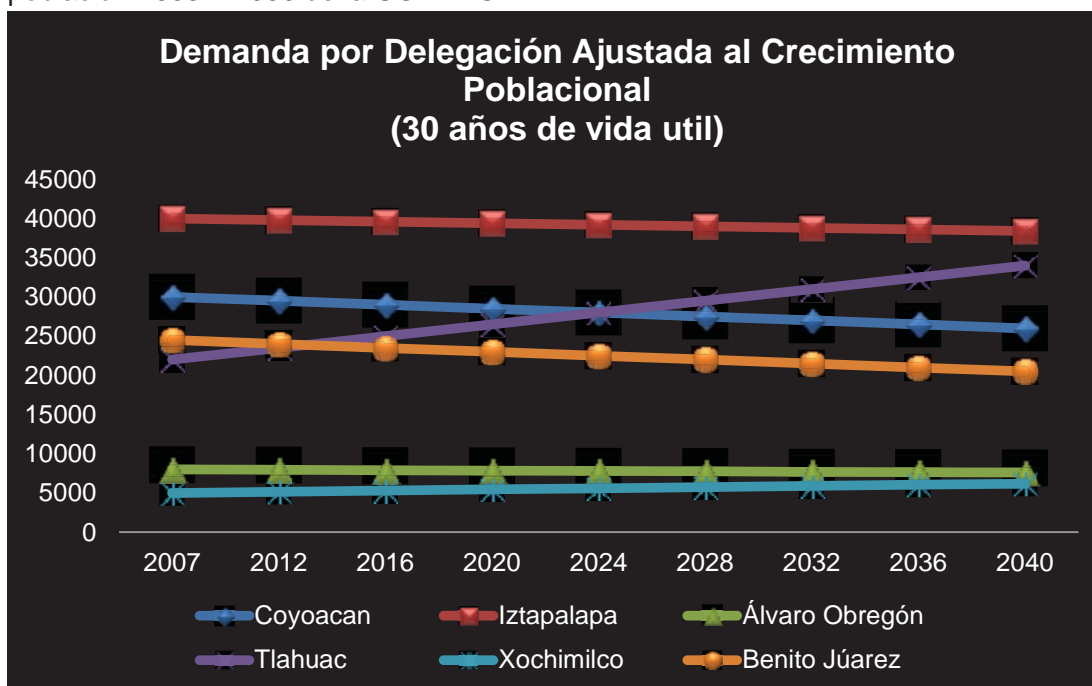
Viajes de la Demanda Potencial por rangos de tiempo		
Rango de tiempo (minutos)	Número de viajes individuo	Porcentaje de viajes individuo
60-80	23,763	5.45
80-100	56,895	13.04
100-120	22,818	5.23
120-140	30,881	7.08
140-160	23,405	5.36
160-180	60,965	13.97
180-200	132,573	30.39
200-220	20,621	4.73
220-240	26,242	6.02
240-260	10,664	2.44
>260	27,427	6.29
Total	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 CONAPO⁵⁸.



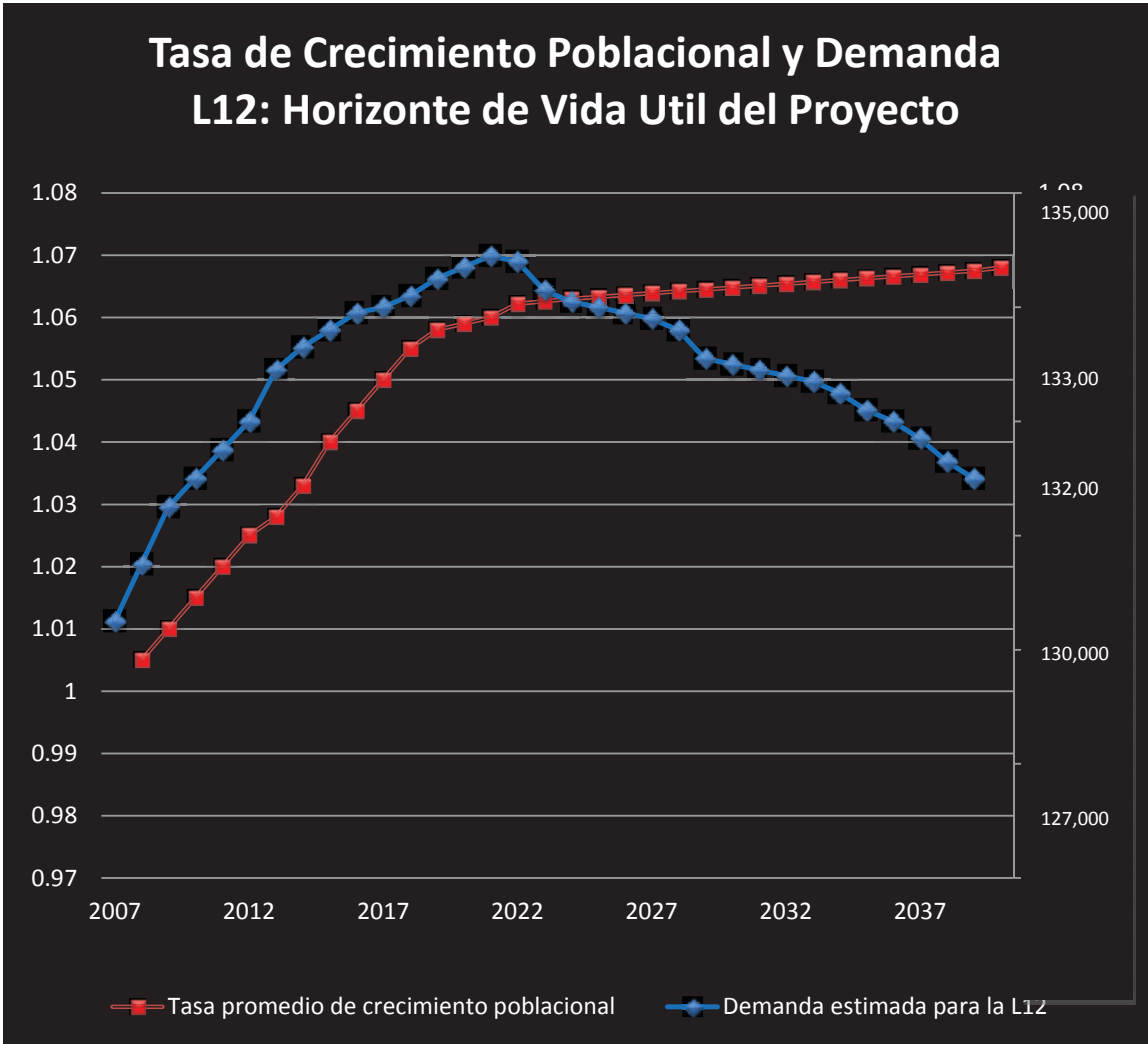
Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta Origen Destino 2007 y en las Proyecciones de Población de CONAPO 2005⁵⁹

⁵⁸ Consejo Nacional de Población

⁵⁹ 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, 2007⁶⁰

⁶⁰ 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
Género	
Hombre	0.55
Mujer	0.45
Edad	
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
Nivel de educación	
Sin educación	0.03

Fuente: Encuesta Origen Destino 2007

Primer transporte usado	
Colectivo	0.71
Metro	0.08
Autobús RTP	0.04
Taxi	0.03
Autobús Suburbano	0.12
Otro	0.03
Número modos de transporte por viaje	
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 más	0.53
Propósito del viaje	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.

Ingreso Laboral Promedio por Hora	
Hombre	36.43
Mujer	35.40
Demanda Total	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
Coyoacán	366	95.58	34,982
Iztapalapa	502	102.54	51,475
Álvaro Obregón	84	104.56	8,783
Tláhuac	257	89.86	23,095
Xochimilco	50	104.70	5,235
Benito Juárez	343	96.85	33,218
Total	1602	97.87	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:

Balance Oferta-Demanda de la Línea 12 para Hora de Máxima Demanda			
Año	Demanda HMD día laborable*	Oferta HMD día laborable**	Balance HMD día laboral
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

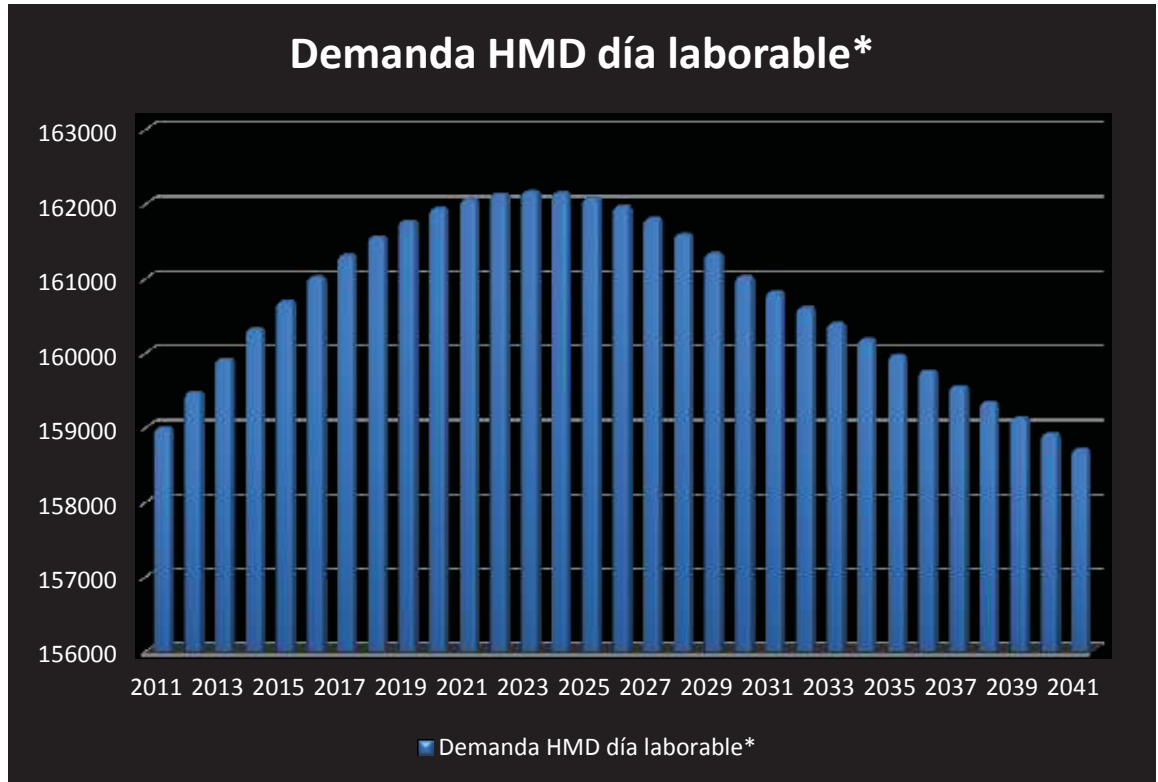
Fuente: Elaboración propia con base:

* Cálculos con información de la EOD

** Cálculos con información de la DGP-Metro

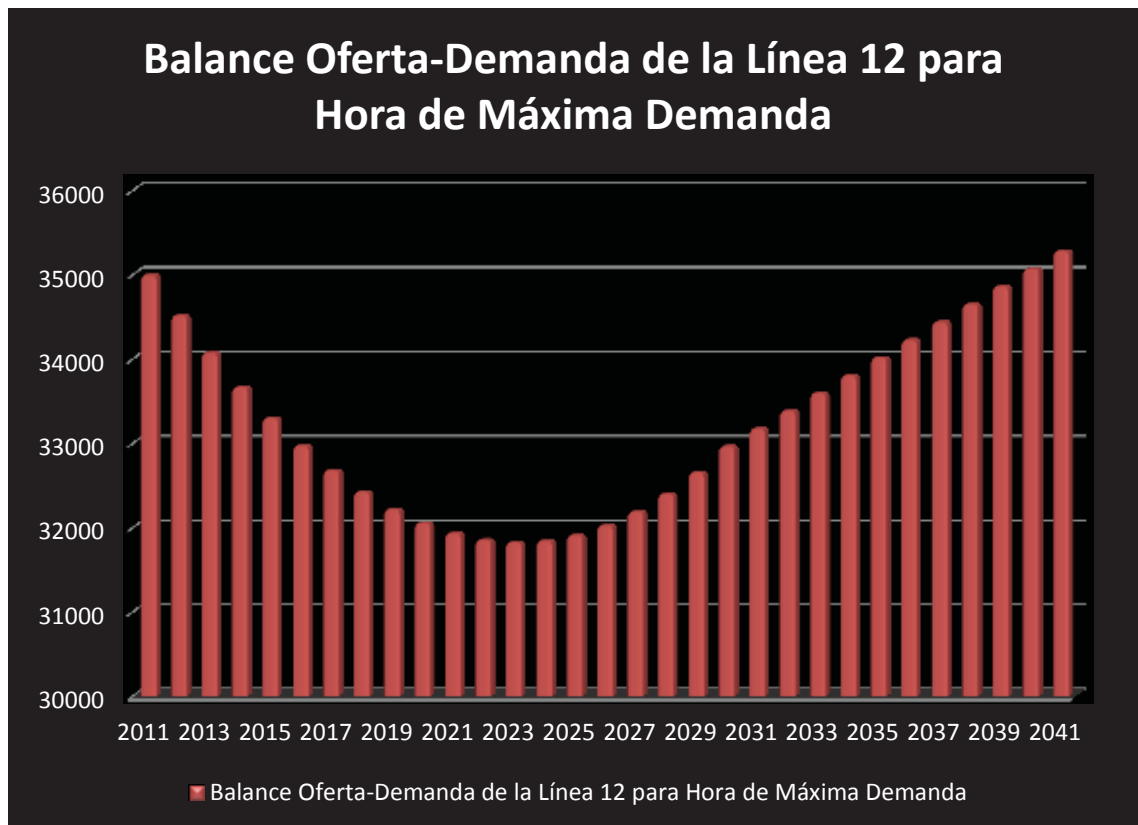
Como podemos observar en la demanda que se presentara a lo largo del periodo de proyección de la línea de metro, esta aumenta con el paso del tiempo para ser

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.



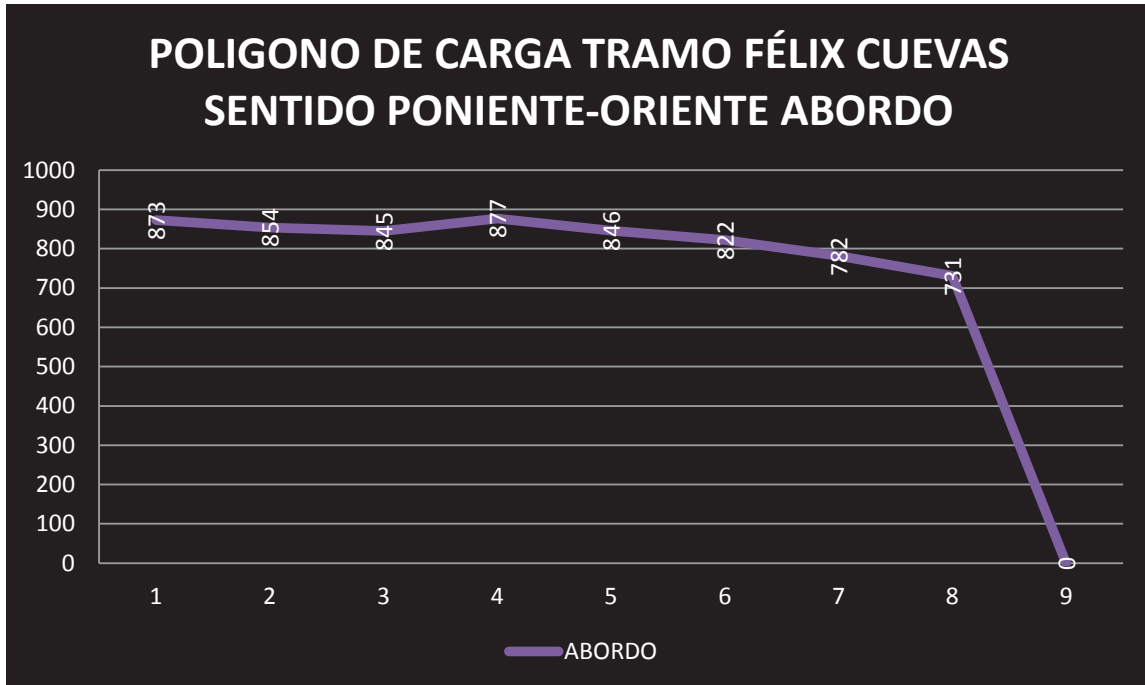
Fuente: Elaboración propia con base:
 * Cálculos con información de la EOD
 ** Cálculos con información de la DGP-Metro

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.

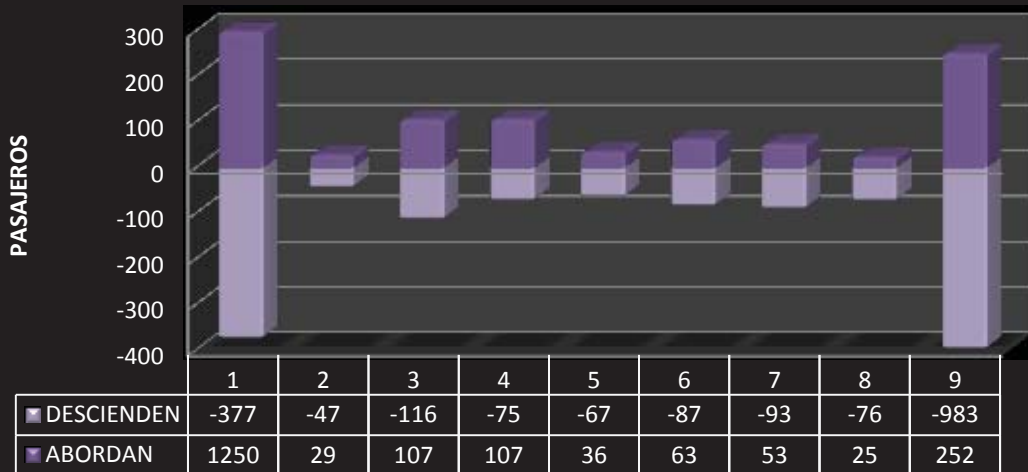


Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

TRAMO	ABORDAN	DESCIENDEN	ABORDO
1: PRIMERA PARADA TRAMO	1250	-377	873
2: FRAGONARD	29	-47	854
3: AV. DE LOS INSURGENTES	107	-116	845
4: SAN FRANCISCO	107	-75	877
5: MORAS	36	-67	846
6: AV. COYOACAN	63	-87	822
7: AV. GABRIEL MANCERA	53	-93	782
8: NICOLÁS SAN JUAN	25	-76	731
9: AV. UNIVERSIDAD	252	-993	0

Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

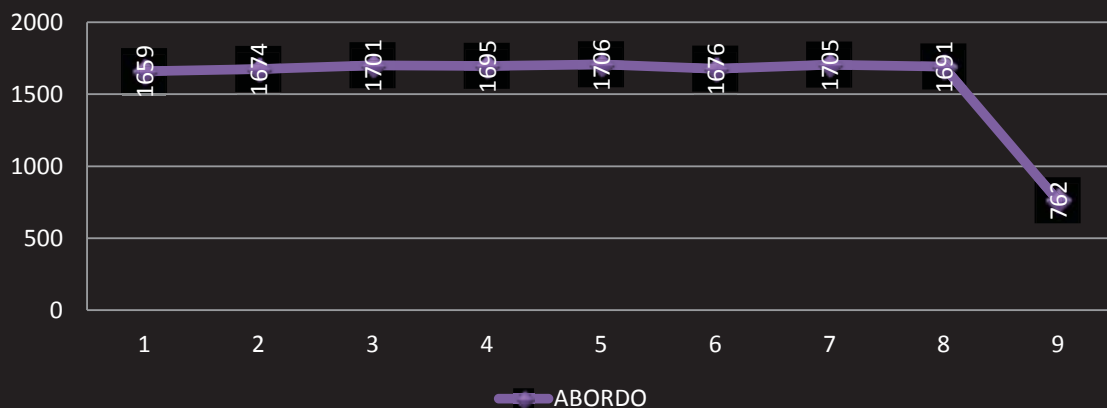
POLIGONO DE CARGA TRAMO FÉLIX CUEVAS SENTIDO PONIENTE-ORIENTE



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

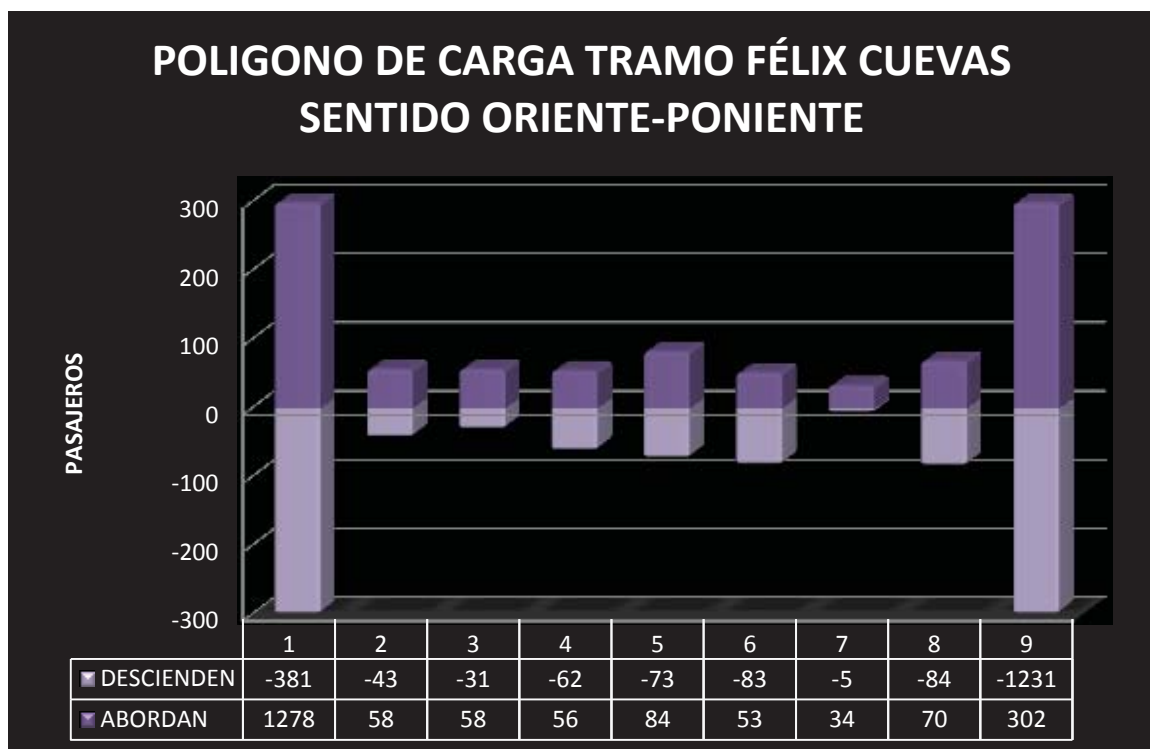
POLIGONO DE CARGA TRAMO FÉLIX CUEVAS SENTIDO ORIENTE-PONIENTE ABORDO



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

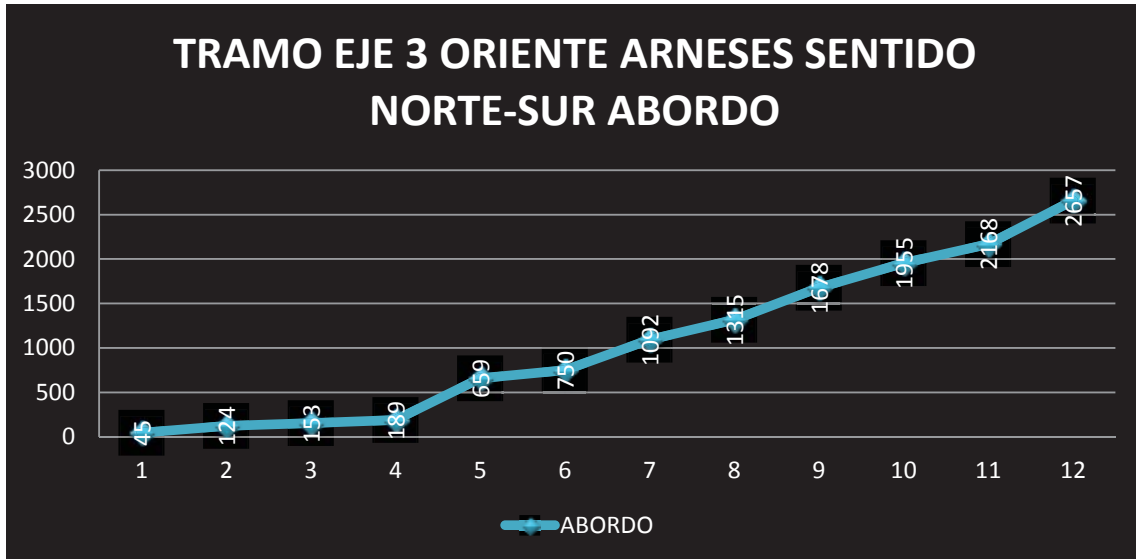
Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.



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 abarques presenta, a lo largo del tramo existen diversos puntos en

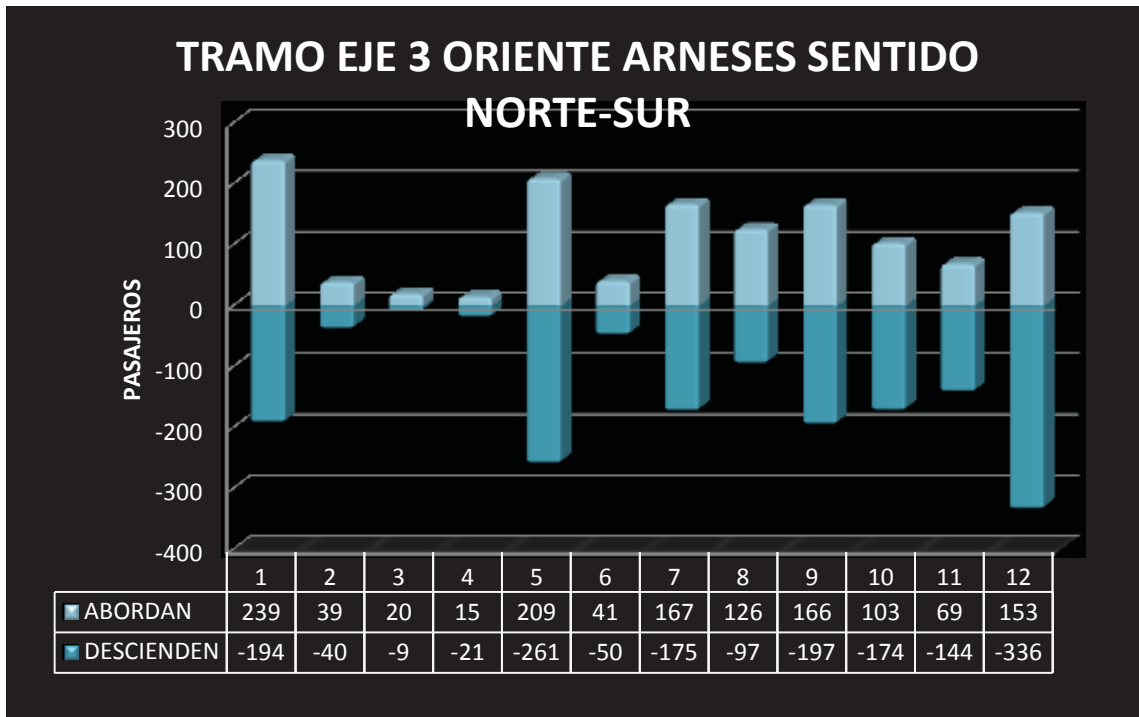
donde se presenta un importante flujo de ascensos y descenso, para terminar en el punto Rosario Castellanos en donde se presenta el mayor número de descensos con 336.



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

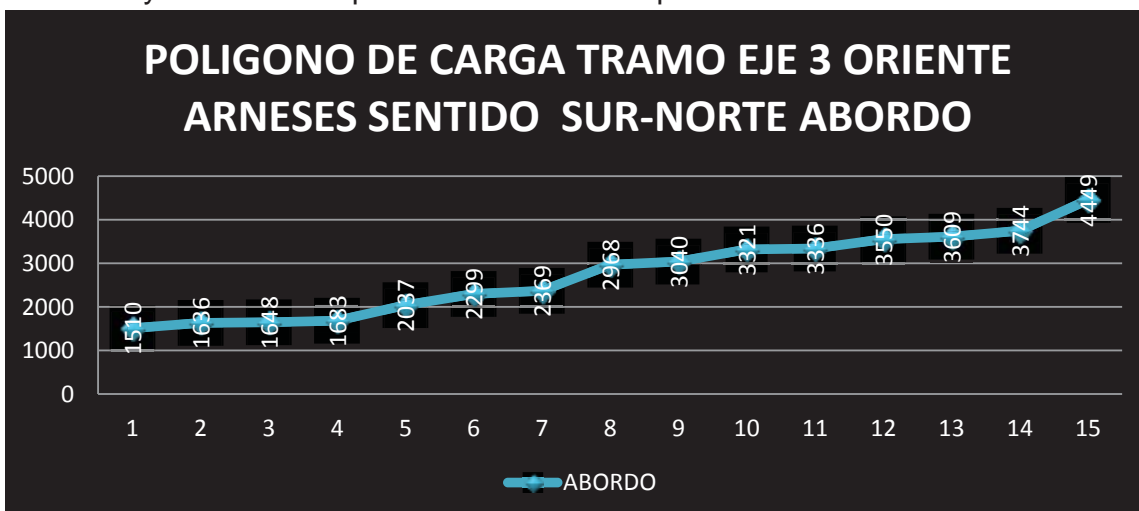
TRAMOS	ABORDAN	DESCIENDEN	ABORDO
1: ERMITA IZTAPALAPA	239	-194	45
2: GANADEROS	39	-40	124
3: COLORINES	20	-9	153
4: CUAUTEMOC	15	-21	189
5: TAXQUEÑA	209	-261	659
6: APACHES	41	-50	750
7: SANTA ANA	167	-175	1092
8: MARIQUITA SANCHEZ	126	-97	1315
9: MANUELA SAENZ	166	-197	1678
10: LA VIRGEN	103	-174	1955
11: DOLORES GUERRERO	69	-144	2168
12: LAS BOMBAS	153	-336	2657

Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.



Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

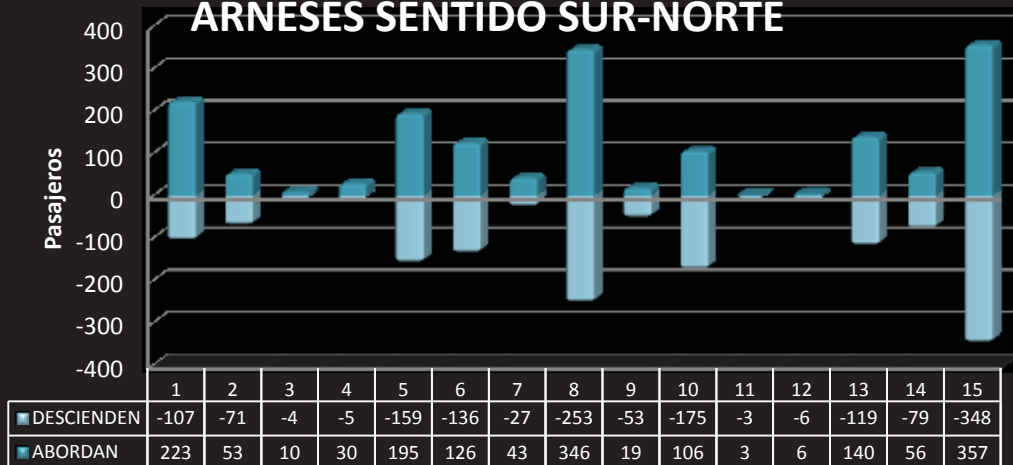
La siguiente gráfica muestra el mismo tramo en sentido contrario, es decir de Sur a Norte. El punto de ascenso se encuentra ubicado en Rosario Castellanos, donde ascienden 223 personas, sin embargo el punto Santa Ana tiene un mayor número de descensos y ascensos, 346 y 253 respectivamente. Al finalizar 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

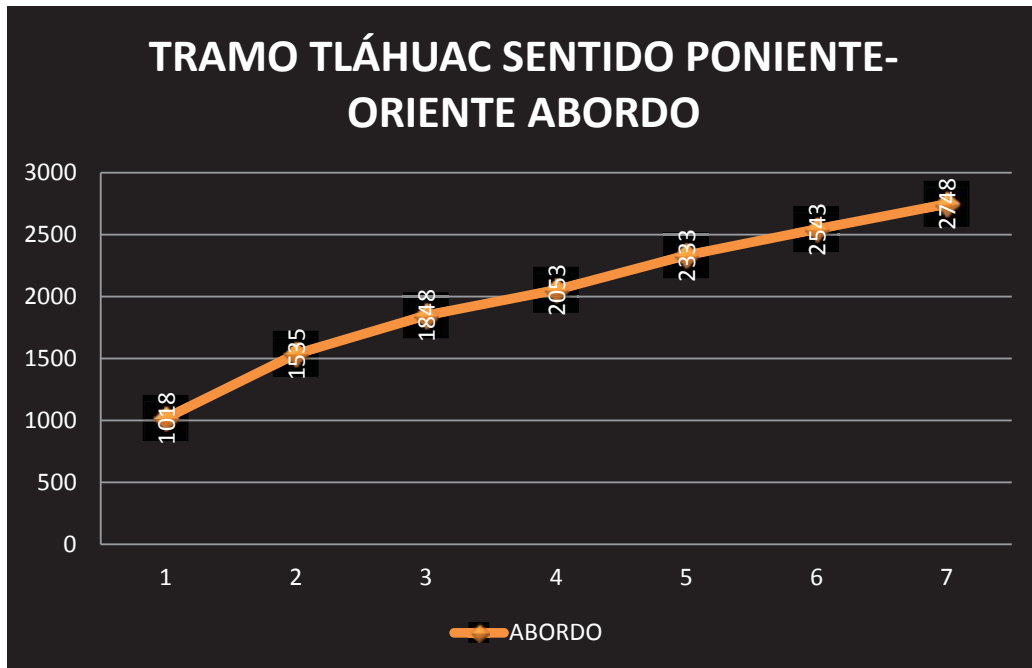


Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.

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

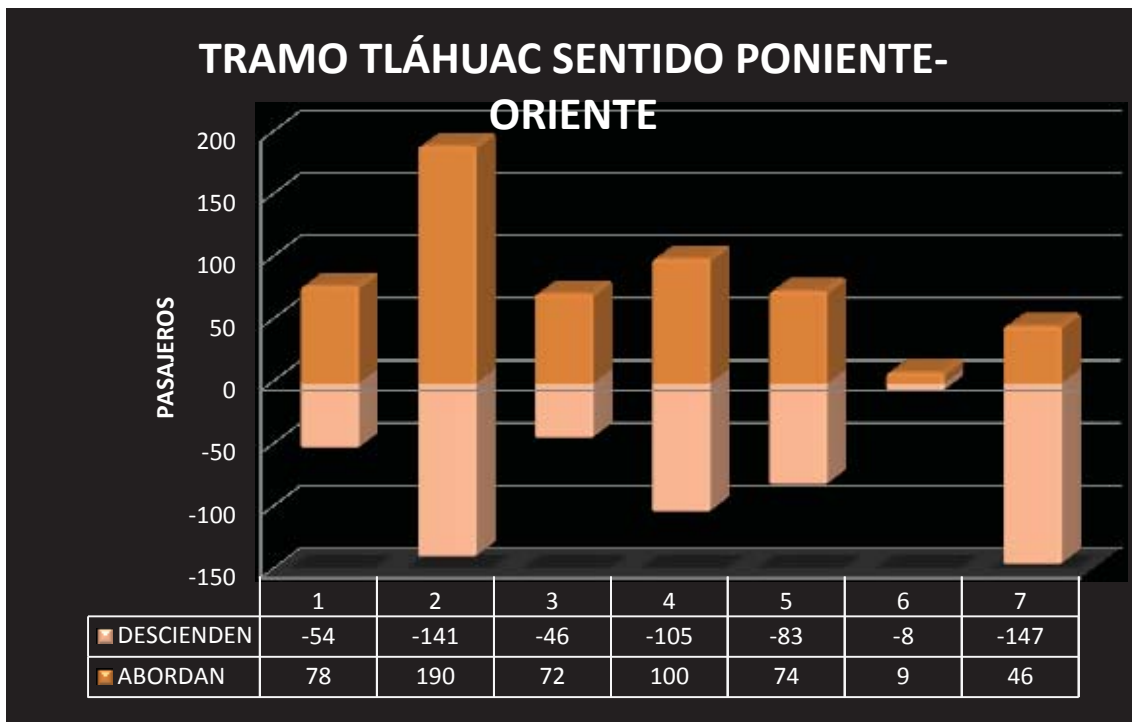
La siguiente gráfica muestra el Polígono de carga del Tramo Av. Tláhuac, en sentido Poniente a Oriente. El punto situado en Anillo Periférico suele tener 190 ascensos, siendo el punto con mayor número de abordos en el tramo. El punto con mayor número de descensos es Mar Tranquilidad, al descender 147 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

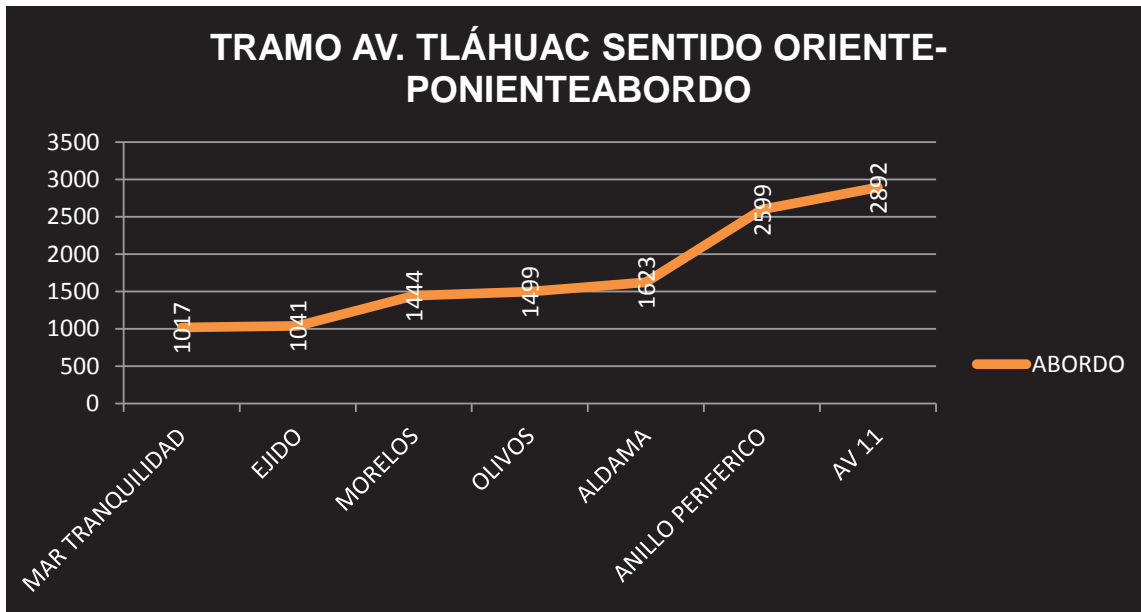
Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008.



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



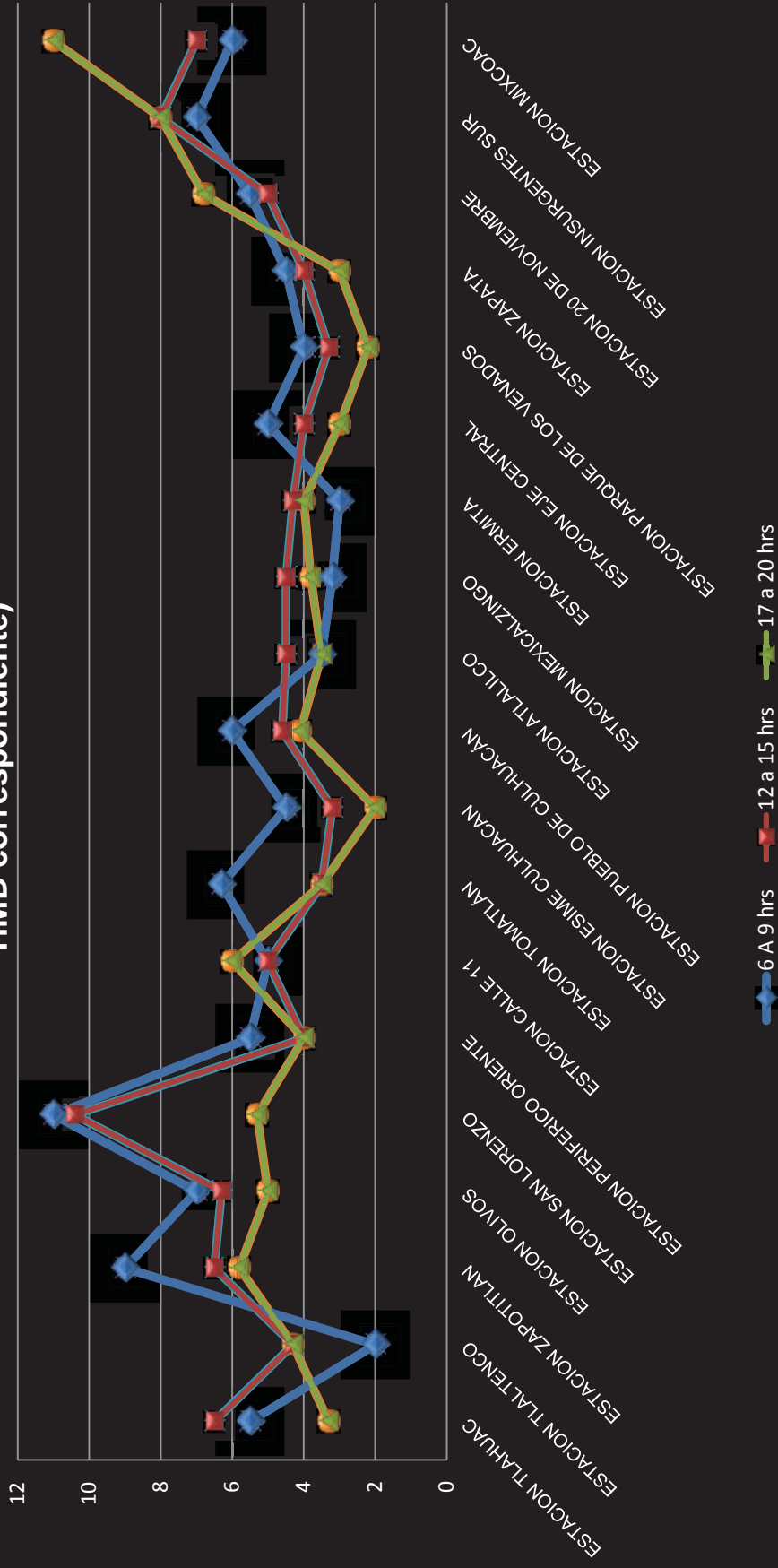
Fuente: Elaboración propia con base en información STC-Metro, 2008



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 Tiáhuac-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. ⁽¹³⁾ 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. ⁽¹⁶⁾

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.

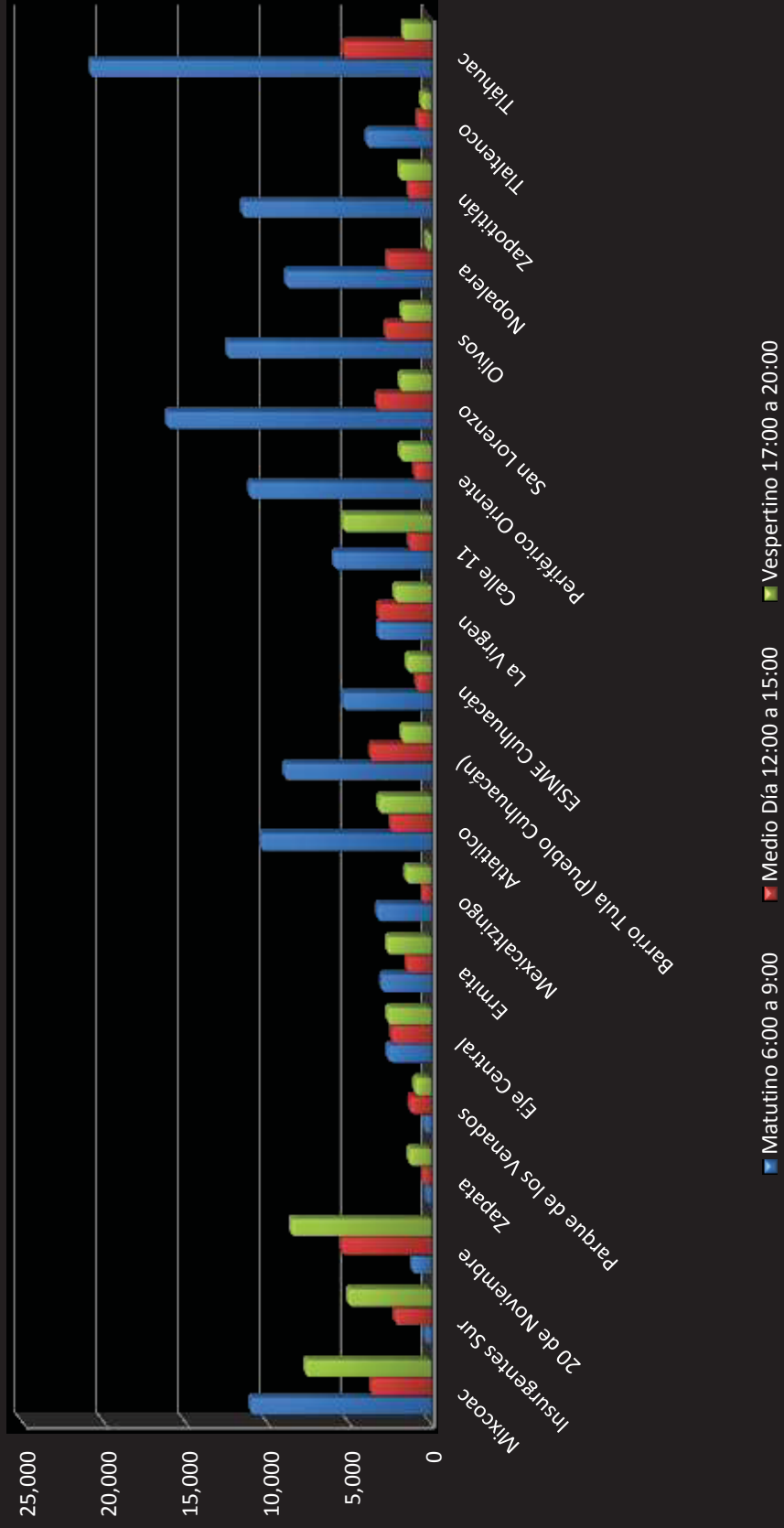
Y por último se aplica el método de distribución de viajes a cada HMD, para poder conocer las afluencias que se pretenden tener por estación en el proyecto.

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.

Afluencia de Usuarios por Estación con Reordenamiento de Transporte, Línea 12, Tláhuac- Mixcoac			
Estación	Aforo por Estación		
	Matutino 6:00 a 9:00	Medio Día 12:00 a 15:00	Vespertino 17:00 a 20:00
Mixcoac	11,038	3,642	7,671
Insurgentes Sur	261	2,186	5,063
20 de Noviembre	1,136	5,448	8,572
Zapata	210	472	1,324
Parque de los Venados	326	1,275	958
Eje Central	2,616	2,379	2,628
Ermita	3,019	1,455	2,684
Mexicaltzingo	3,249	497	1,504
Atlalilco	10,412	2,454	3,168
Barrio Tula (Pueblo Culhuacán)	8,938	3,678	1,765
ESIME Culhuacán	5,351	853	1,437
La Virgen	3,230	3,186	2,180
Calle 11	5,941	1,305	5,348
Periférico Oriente	11,099	964	1,848
San Lorenzo	16,182	3,293	1,863
Olivos	12,485	2,764	1,769
Nopalera	8,862	2,682	154
Zapotitlán	11,545	1,366	1,918
Tlaltenco	3,901	813	554
Tláhuac	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

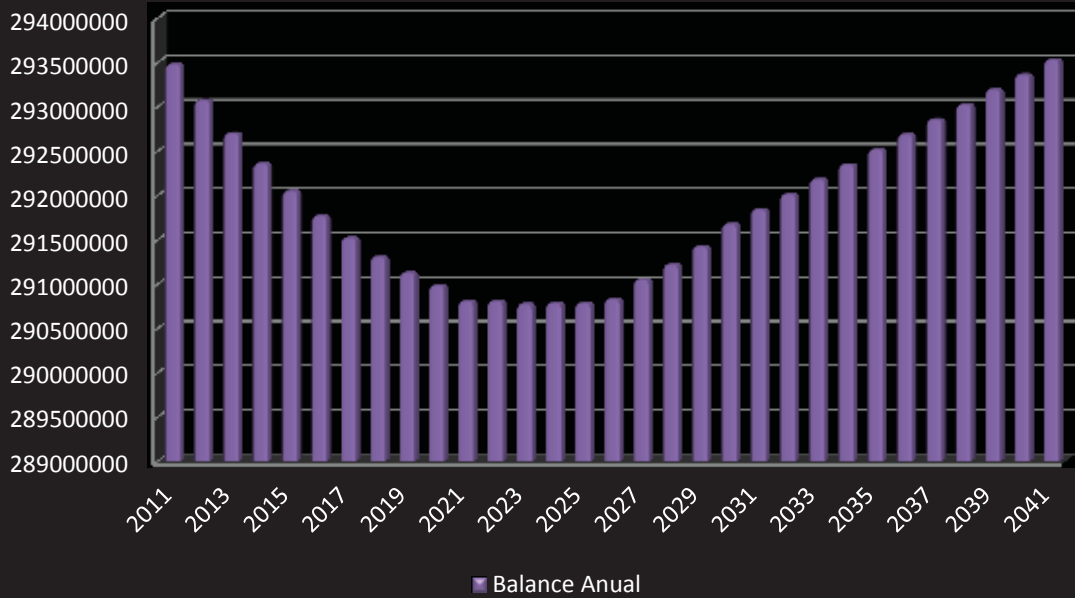
6.11 Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación

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
Oferta diaria laborable **= 1228594 Oferta diaria fin de semana =131600 Oferta total anual = 424834971				

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.

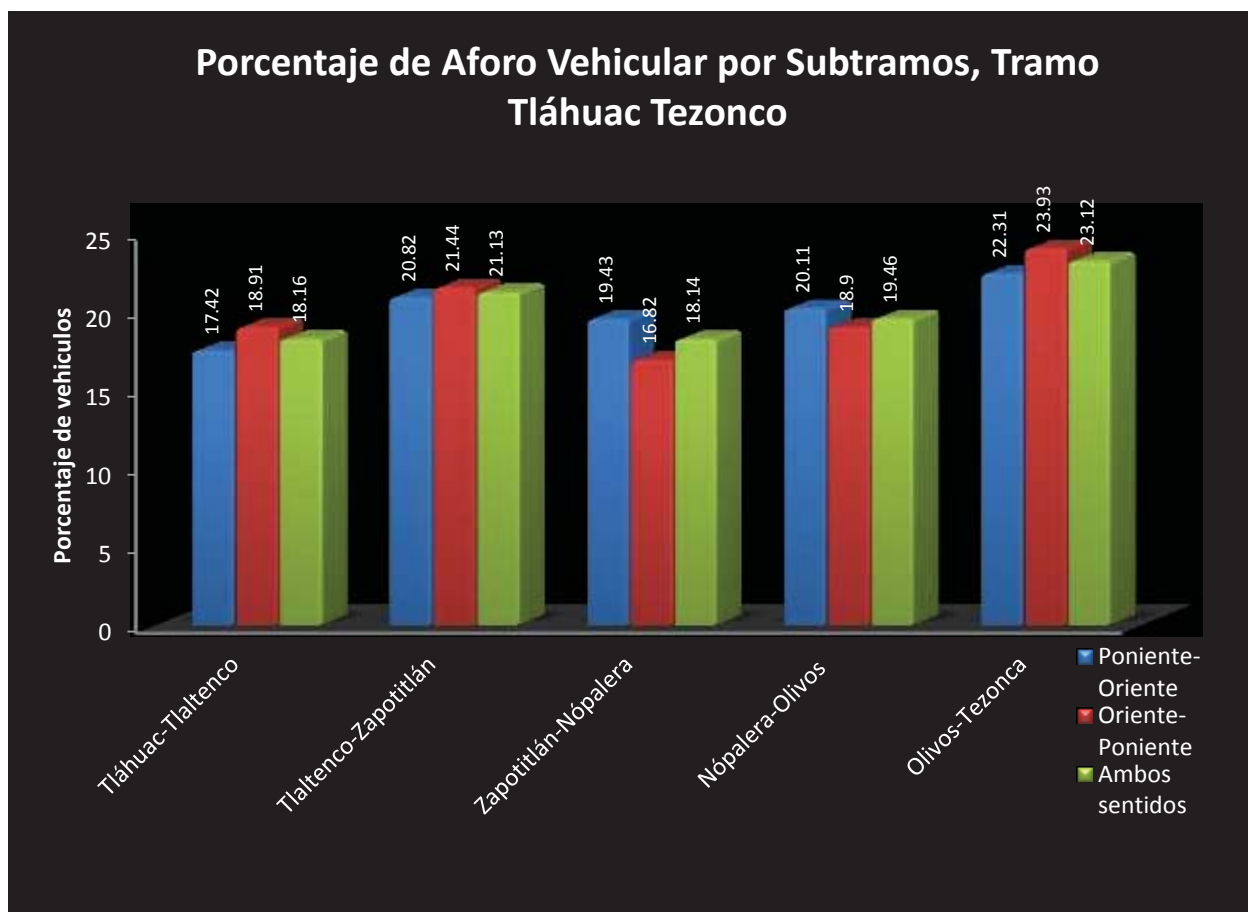
A continuación se presenta un cuadro que detalla las mayores afluencias por hora y sentido de circulación.

Horarios de Máxima Demanda en el tramo Tláhuac-Tezonco (Zona Oriente), 2008. Porcentajes de Horarios Respecto al Total de Aforo Vehicular por Sentido			
HMD	Poniente-Oriente	Oriente-Poniente	Ambos sentidos
7:15 a 8:15	39.7	39.8	39.8
13:45 a 14:45	32.2	32.4	32.3
18:15 a 19:45	28.1	27.8	27.9
Total	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

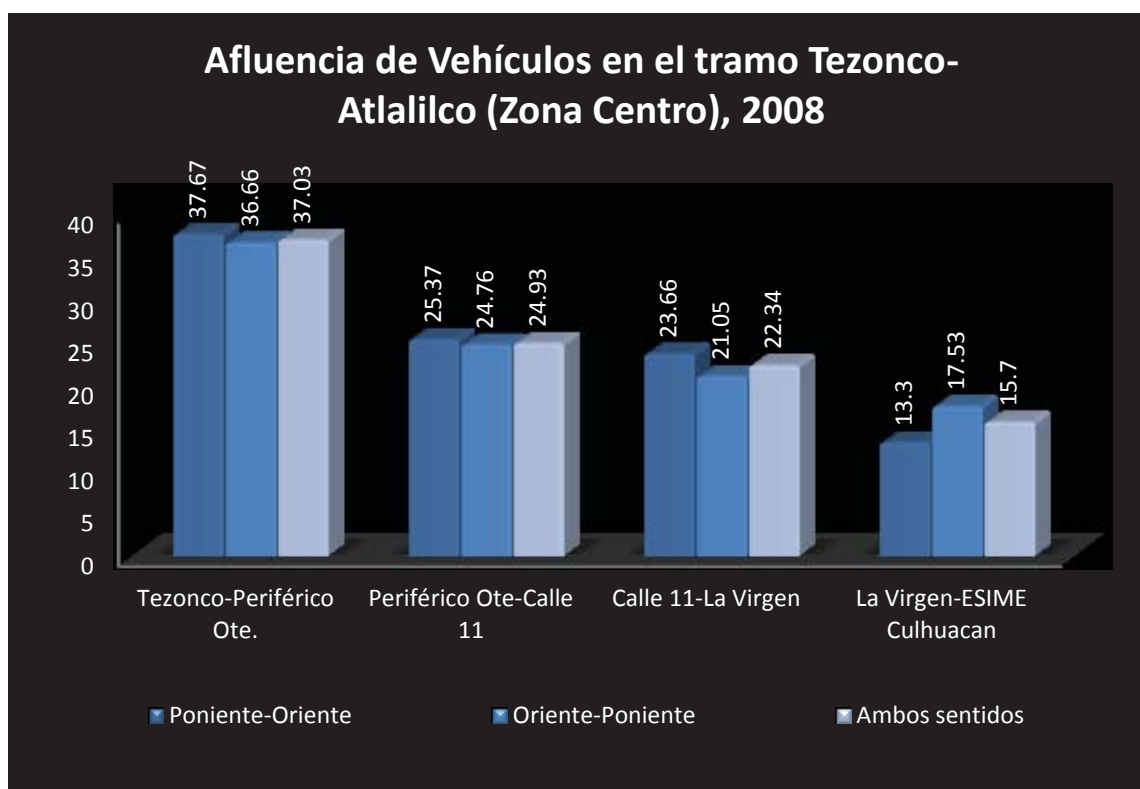
El tramo Centro Tezonco-Atlalilco abarca las estaciones de Tezonco, Periférico Oriente, Calle 11, Lomas Estrella, Tomatlán y Culhuacán. Los principales problemas que enfrenta se refieren a las intersecciones con las avenidas principales, estacionamiento en la vía pública y comercio ambulante.

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.

Horarios de Máxima Demanda en el tramo Tezonco-Periférico Oriente (Zona Centro), 2008 Porcentajes de Horarios Respecto al Total de Aforo Vehicular por Sentido			
HMD	Poniente-Oriente	Oriente-Poniente	Ambos sentidos
7:15 a 8:15	44.3	41.3	42.6
13:45 a 14:45	29.4	30.9	30.2
18:15 a 19:45	26.3	27.8	27.2
Total	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

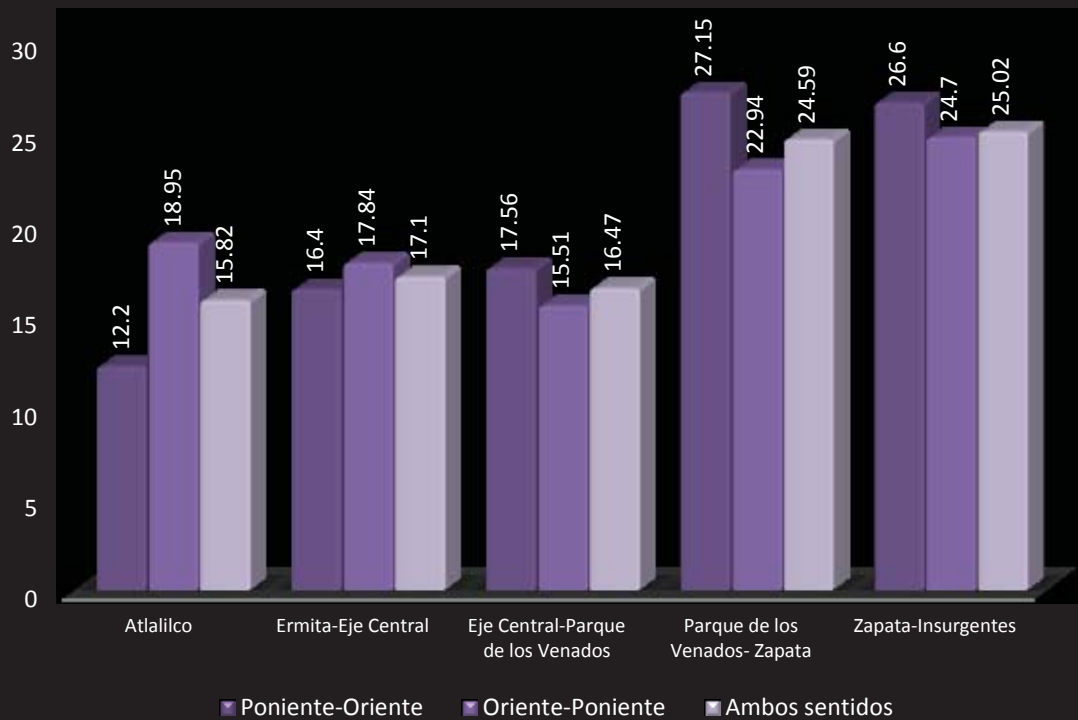
Esta última zona la integran las estaciones de Atlalilco, Mexicaltzingo, Ermita, Eje Central, Parque de los Venados, Zapata, 20 de Noviembre, Insurgentes Sur y Mixcoac. Cabe señalar que esta sección del trazo de la Línea 12 se construirá bajo la modalidad subterránea en las estaciones que la integran. 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.

Horarios de Máxima Demanda en el tramo Atlalilco - Mixcoac (Zona Poniente), 2008			
Porcentajes de Horarios Respecto al Total de Aforo Vehicular por Sentido			
HMD	Poniente-Oriente	Oriente-Poniente	Ambos sentidos
7:15 a 8:15	40.2	41.7	41
13:45 a 14:45	37.1	37.5	37.3
18:15 a 19:45	22.7	28.8	21.7
Total	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 CETRAMs⁶¹ 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.

⁶¹ 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 CO₂ 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