



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal

Análisis Costo Beneficio del Tren Suburbano Sistema 3 en la ruta Chalco – Santa Martha – Constitución de 1917

Versión Pública



Felipe Ochoa y Asociados S.C.[®]
Consultores

Thompson & Knight
ATTORNEYS AND COUNSELORS



Agosto, 2011

Tabla de Contenido

1.	Resumen ejecutivo	8
1.1	Antecedentes.....	8
1.2	Objetivo del Proyecto (Problemática existente a solucionar).....	11
1.3	Situación Actual Optimizada	12
1.4	Principales características del proyecto	14
1.5	Análisis de alternativas.....	16
1.6	Alternativas tecnológicas evaluadas	20
1.7	Inversión y sus principales componentes	22
1.8	Objetivo de la Evaluación Socio-Económica.....	22
1.9	Indicadores de Rentabilidad Socio-Económica.....	23
1.10	Riesgos Identificados en la ejecución del Proyecto	24
1.1	Otros factores de riesgo	25
1.2	Mitigación del riesgo de demanda (tráfico):	26
1.11	Conclusiones	27
2.	Situación sin proyecto y posibles soluciones	30
2.1	Diagnóstico de la situación actual	30
2.1.1	Análisis Socioeconómico de la Zona de Estudio	31
2.2	Descripción de la situación actual optimizada	50
2.3	Análisis de la oferta y demanda de la situación sin proyecto	55
2.3.1	Metodología del Estudio de Demanda y Trabajos de campo realizados.....	55
2.3.2	Situación actual de la demanda	60
2.3.3	Tramos analizados para la estimación de demanda.....	67
2.3.4	Supuestos y consideraciones para la estimación de demanda	69
2.3.5	Demanda del proyecto	74
2.4	Alternativas de Solución	79
2.4.1	Proyecto Licitación Original	79
2.4.2	Alternativas de trazo.....	80
2.4.3	Soluciones de diseño analizadas	83
2.4.4	Análisis de inter-estaciones (tipos de servicio)	87
2.4.5	Evaluación de Alternativas	93
2.4.6	Alternativas tecnológicas evaluadas	95
3.	Descripción del proyecto	97
3.1	Objetivo	97

3.2	Propósito	99
3.3	Componentes	100
3.3.1	Trazo	100
3.3.2	Estaciones	101
3.3.3	Proyecto de vía.....	105
3.3.4	Estrategia para la alimentación al sistema.....	107
3.3.5	Talleres de Mantenimiento	112
3.3.6	Confinamiento	118
3.3.7	Lineamientos técnicos y funcionales de los subsistemas ferroviarios.	121
3.4	Calendario de actividades	132
3.5	Tipo de proyecto.....	132
3.6	Localización geográfica.....	133
3.7	Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación	134
3.8	Capacidad instalada.....	134
3.9	Metas anuales	136
3.10	Beneficios anuales y totales	136
3.11	Descripción de aspectos técnicos, legales y ambientales	138
3.11.1	Aspectos Legales	138
3.11.2	Aspectos relevantes de los estudios físicos y ambientales	139
3.12	Avances en la integración del expediente técnico	141
3.13	Costo total del proyecto.....	142
3.14	Fuentes de recursos.....	143
3.15	Supuestos técnicos y socioeconómicos.....	143
3.16	Infraestructura existente y proyectos en desarrollo afectados.....	145
3.16.1	Estructura Vial Actual.	145
4.	Situación con Proyecto.....	160
5.	Evaluación del Proyecto	163
5.1	Método de análisis.....	163
5.2	Evaluación económica	164
5.3	Indicadores de Rentabilidad Económica	169
6.	Análisis de sensibilidad y riesgos	173
6.1	Análisis de Sensibilidad (con externalidades).....	173
6.2	Análisis de riesgos.....	176
6.3	Otros factores de riesgo	177

6.4	Mitigación del riesgo de demanda (tráfico):	178
7.	Conclusiones	180

Contenido de Figuras

Figura 1 Red de Ferrocarriles Suburbanos en la Zona Metropolitana del Valle de México, Visión de largo plazo	9
Figura 2 Trazos Propuestos por la SCT	16
Figura 3 Esquema de análisis de configuraciones de trazo	17
Figura 4 Análisis del número de inter estaciones.	19
Figura 5 Configuraciones de Trazo Alternativos	19
Figura 6 Evaluación de alternativas tecnológicas.....	21
Figura 7. Alternativas Tecnológicas según Capacidad de Atención de la Demanda	21
Figura 8 Esquema Metodológico de la Evaluación Socioeconómica	22
Figura 9 Distribución de riesgos.....	25
Figura 10 Entorno Metropolitano de la Zona de Estudio.....	31
Figura 11 Área de influencia de la Zona de Estudio	31
Figura 12 Evolución de la población en la Zona de Estudio	32
Figura 13 Población Municipios Zona de Influencia Inmediata	33
Figura 14 Población Zona de Influencia 2010	33
Figura 15 Población Estados Zona de Influencia Inmediata.....	34
Figura 16 Población Real vs. Proyectada.....	35
Figura 17 Densidad Poblacional Zona de Influencia 2010.....	36
Figura 18 Zonas de Crecimiento Futuro	37
Figura 19 Evolución de la PEA en la zona de estudio	38
Figura 20 TMCA PEA Zona de Influencia 1990-2000	38
Figura 21 Evolución de la Vivienda en la Zona de Estudio	39
Figura 22 TMCA Vivienda Zona de Influencia 2000-2010	39
Figura 23 TMCA Vivienda	40
Figura 24 Vehículos Registrados en Circulación.....	41
Figura 25 Vehículos Registrados	41
Figura 26 Evolución del parque vehicular en la zona de estudio.....	42
Figura 27 Parque Vehicular Zona de Influencia 2009.....	42
Figura 28 Evolución del PIB en el DF y Edo Mex	43
Figura 29 TMCA PIB.....	43
Figura 30 Distribución de la Población Ocupada por Sectores Económicos en la Zona de Estudio .	44
Figura 31 Distribución de la Población Ocupada por rama económica principal	44
Figura 32 Evolución de las actividades económicas en la Zona de Estudio	45
Figura 33 Tasas de crecimiento de las actividades económicas de la Zona de Estudio	46
Figura 34 Total de Actividades Económicas en la	47
Figura 35 Comercio	48
Figura 36 Manufactura.....	49
Figura 37 Servicios.....	49

Figura 38 Cobertura de las Rutas de Transporte Actual en la Zona de Estudio	52
Figura 39 Paradas en la red de autobuses	53
Figura 40 Metodología de trabajo.....	56
Figura 41 Elementos de la red de transporte: 1909 paradas.....	59
Figura 42 Mapeo del estudio de frecuencia y carga	59
Figura 43 Ubicación de orígenes de viajes en periodo matutino.....	61
Figura 44 Ubicación de destinos de viajes en periodo matutino	61
Figura 45 Líneas de deseo en periodo matutino.....	62
Figura 46 Caracterización de la demanda	63
Figura 47 Polígono de carga línea A STC Metro	64
Figura 48 Remanentes línea A STC Metro.....	65
Figura 49 Polígono de carga Línea 8 STC Metro.....	66
Figura 50 Remanentes Línea 8 STC Metro	66
Figura 51 Tramos considerados en el estudio de demanda	68
Figura 52 Cobertura de estaciones (500m).....	68
Figura 53 Chalco	70
Figura 54 Iztapalapa Norte - Oriente.....	70
Figura 55 Valle de Chalcco	71
Figura 56 La Paz.....	71
Figura 57 Chimalhuacán	72
Figura 58 Ixtapaluca	72
Figura 59 Consideración de Otros proyectos de Transporte Masivo	75
Figura 60 Porcentajes de Maduración de la Demanda	76
Figura 61 Proyección de demanda y oferta para el proyecto	76
Figura 62 Polígono de carga en HMD en sentido Chalco y sentido Constitución de 1917	77
Figura 63 Ascensos y Descensos	78
Figura 64 Tránsbordos.....	79
Figura 65 Trazos alternos del proyecto propuestos por la SCT.....	80
Figura 66 Configuraciones alternativas del trazo.....	81
Figura 67 Esquema de solución a nivel	83
Figura 68 Esquema y costos de la solución a nivel.....	84
Figura 69 Esquema y costos de la solución a nivel.....	85
Figura 70 Esquema y costos de la solución a nivel.....	86
Figura 71 Análisis de inter estaciones	89
Figura 72 Sensibilidad de la demanda a la distancia entre estaciones por tipo de servicio	90
Figura 73 Tramos alternativos evaluados	91
Figura 74 Esquema de selección de alternativas de demanda	92
Figura 75 Enfoque Metodológico para la Evaluación Integral	94
Figura 76 Alternativas Tecnológicas según Capacidad de Atención de la Demanda	96

Figura 77 Red de Ferrocarriles Suburbanos en la Zona Metropolitana del Valle de México, Visión de largo plazo.....	98
Figura 78 Configuración propuesta de trazo y estaciones	101
Figura 79 Perfil vertical del trazo propuesto.....	102
Figura 80 Estrategia de reestructuración de la red	108
Figura 81 Red alimentadora: rutas inducidas	109
Figura 82 Red alimentadora: rutas inducidas	110
Figura 83 Talleres de Mantenimiento Chalco	112
Figura 84 Secciones de tramos sobre la Autopista México - Puebla.....	119
Figura 85 Secciones de estaciones sobre la Autopista México - Puebla	119
Figura 86 Sección de estación tipo sobre el tramo Ermita - Iztapalapa.....	120
Figura 87 Sección tipo de estructura elevada sobre Ermita - Iztapalapa.....	121
Figura 88 Ejemplo de tiempo de recorrido actual vs. TS3.....	129
Figura 89 Localización geográfica del proyecto	133
Figura 90 Análisis de Capacidad del Servicio.....	134
Figura 91 Distribución del Valor Presente de Egresos Operativos Con Proyecto	142
Figura 92 Estructura Vial Actual y Futura.....	146
Figura 93 Nuevo esquema propuesto para la sección de la autopista México - Puebla.....	148
Figura 94 Ubicación de Pasos Peatonales Tramo Chalco - Santa Catarina	154
Figura 95 Esquema de cruce en el Canal de Compañía.....	156
Figura 96 Levantamiento Visual de Interferencias. Planta. Tramo Santa Martha Constitución de 1917.....	159
Figura 97 Sustento Teórico Metodológico de la Evaluación del Segmento de Pasajeros	161
Figura 98 Resumen de la metodología de evaluación	163
Figura 99 Detalle de la metodología de evaluación.....	164
Figura 100 Esquema Metodológico de la Evaluación del Segmento de Pasajeros	165
Figura 101 Participación del VPN de los beneficios del proyecto para el segmento de Pasajeros.....	168
Figura 102 Análisis Costo-Beneficio, con externalidades.....	172
Figura 103 Sensibilidad del Valor Presente Neto Social (VPNS) a la Tasa de Descuento Social	173
Figura 104 Sensibilidad del Valor Presente Neto Social (VPNS) a Variaciones en Ahorros en Costos de Operación de Autobuses	174
Figura 105 Sensibilidad del Valor Presente Neto Social (VPNS) a Variaciones en los Costos de Inversión Inicial	175
Figura 106 Sensibilidad de la Tasa Interna de Retorno Social a Variaciones en la Inversión Inicial y a los Costos de Operación y Mantenimiento.....	176
Figura 107 Distribución de riesgos.....	177

Indice de Tablas

Tabla 1 Proyección de la Demanda y de la Oferta- Situación (Optimizada) Sin Proyecto	13
Tabla 2 Comparación de Opciones de Trazo por la Autopista México - Puebla	18
Tabla 3 Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto Integral	23
Tabla 4 Estimación de Reducción de Emisiones Contaminantes del TS3 (Ton/Año)	24
Tabla 5 Resumen de Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica (con externalidades) por Alternativa Tecnológica, Servicio Troncal	29
Tabla 6 Situación actual optimizada de la demanda.....	51
Tabla 7 Proyección de la Demanda y de la Oferta	54
Tabla 8 Estudios de demanda realizados para la zona de estudio.....	57
Tabla 9 Trabajos de campo realizados	58
Tabla 10 Valor del tiempo por nivel de ingresos.....	63
Tabla 11 Comportamiento Línea A STC Metro HMD (07:00 a 08:00hrs)	65
Tabla 12 Comportamiento L8 STC Metro HMD (07:00 a 08:00hrs)	67
Tabla 13 Datos de población y socioeconómicos por estación.....	69
Tabla 14 Pares OD de usuarios potenciales del TS3.....	74
Tabla 15 Tasas de crecimiento de la Demanda	75
Tabla 16 Comparación de Opciones de Trazo por la Autopista México – Puebla	82
Tabla 17 Alternativas de tipos de servicio.....	87
Tabla 18 Resumen de Resultados de alternativas analizadas	92
Tabla 19 Impacto STCMetro	93
Tabla 20 Evaluación de alternativas tecnológicas.....	95
Tabla 21 Análisis de capacidad.....	135
Tabla 22 Metas físicas anuales.....	136
Tabla 23 Beneficios identificados para el proyecto	137
Tabla 24 Avances en los requerimientos del proyecto	141
Tabla 25 Supuestos técnicos del proyecto	143
Tabla 26 Beneficios Económicos del Segmento de Pasajeros.....	164
Tabla 27 Factores de Emisión Considerados.....	167
Tabla 28 Beneficios Monetarizados por Reducción de Ton de Contaminante	167
Tabla 29 Indicadores de Rentabilidad Económica	171
Tabla 30 Resumen de Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica (sin externalidades) por Alternativa Tecnológica, Servicio Troncal.....	181

1. Resumen ejecutivo

1.1 Antecedentes

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 señala como estrategias el “ampliar la cobertura de los transportes en todas sus modalidades, modernizar la infraestructura y proporcionar servicios confiables y de calidad para toda la población, abatir el costo económico del transporte, aumentar la seguridad y la comodidad de los usuarios, así como fomentar la competitividad y la eficiencia en la prestación del servicio de transporte. Para ello establece como una línea de acción revitalizar el transporte ferroviario de pasajeros y continuar impulsando proyectos de trenes suburbanos o interurbanos, aprovechando la infraestructura existente”.

En este sentido el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 del Sector Comunicaciones y Transportes prevé como estrategia impulsar el desarrollo de trenes suburbanos de pasajeros que reduzcan de manera significativa el tiempo de traslado de las personas entre sus hogares y sus centros de trabajo, estudio, salud y esparcimiento, para lo cual establece como meta poner en operación la primera etapa de los Sistemas 1, 2 y 3 del Tren Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

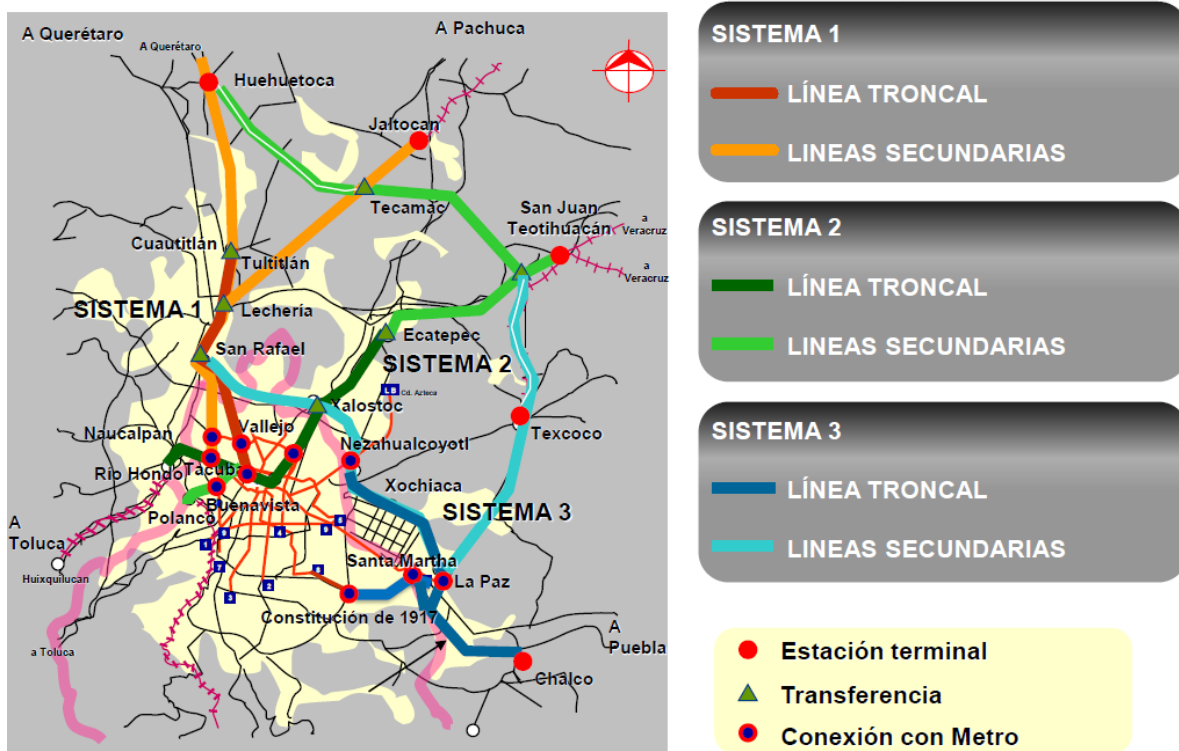
En su imagen objetivo los tres Sistemas del Tren Suburbano (TS) de la ZMVM tendrán una cobertura de más de 270 km, los cuales conectarán y complementar a los sistemas actuales del Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC-Metro), así como otros sistemas de transporte público masivo como son el Sistema de Metrobús en el Distrito Federal y el Mexibús en el Estado de México.

El Sistema 1 del TS inició la operación definitiva de la primera fase en enero de 2009, en el tramo Buenavista – Cuautitlán de 27 km de recorrido. En la actualidad el sistema mueve del orden 150 mil pasajeros diarios

Está previsto en el título de conexión la posibilidad de extender el sistema con dos líneas secundarias: Cuautitlán – Huehuetoca y Lechería – Jaltocan.

El sistema 2 del TS atiende la zona noreste de la ZMVM vinculando al municipio de Ecatepec en el Estado de México con el Distrito Federal. La licitación de este sistema está pendiente por razones de falta de maduración de la demanda para el proyecto.

Figura 1 Red de Ferrocarriles Suburbanos en la Zona Metropolitana del Valle de México, Visión de largo plazo



Fuente: DGTFM / SCT.

Por su parte el Sistema 3 del TS atenderá la zona oriente de la ZMVM, la cual muestra un alto crecimiento poblacional e importantes necesidades de mejora en su movilidad urbana.

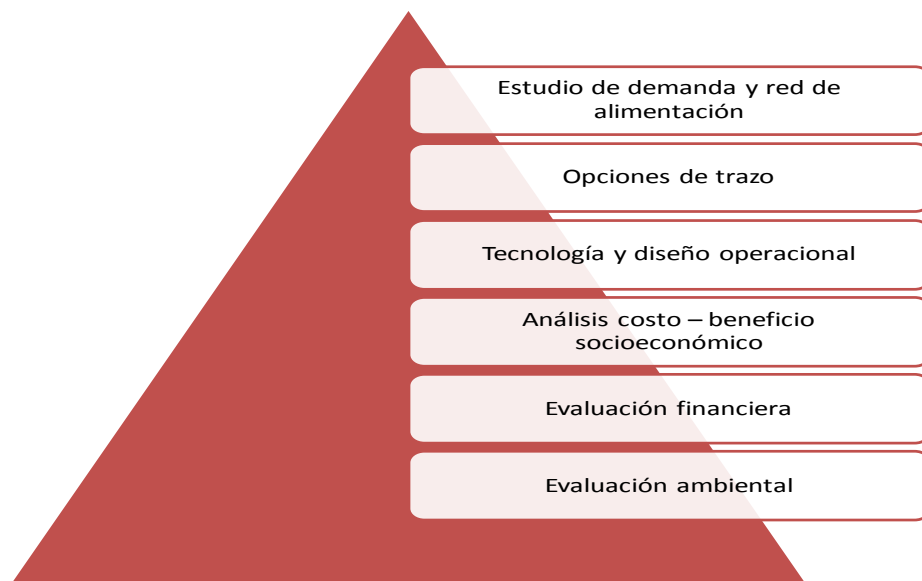
Se llevó a cabo una primera licitación del S3 en diciembre de 2009, con el trazo de Chalco – La Paz – Nezahualcóyotl en un distancia de 30.4 km. La licitación tuvo una participación de un solo participante y fue declarada desierta.

A la luz de lo anterior, la SCT ha propuesto nuevas opciones a analizar para este sistema, con varios propósitos:

- Darle mayor viabilidad técnica y financiera al proyecto
- Incrementar la demanda a captar por el tren suburbano
- Hacer una revisión de los criterios de adjudicación de la concesión y del monto de la subvención prevista
- Revisar la consideración de un fondo de recursos de apoyo al concesionario durante el período de maduración de la demanda
- Integrar un programa de Rutas Alimentadoras al proyecto

En este sentido, se requiere estructurar un nuevo proceso para re-lanzar la licitación del proyecto.

El nuevo proceso incluye la revisión a profundidad de los siguientes aspectos clave:



1.2 Objetivo del Proyecto (Problemática existente a solucionar)

Las características de la problemática a resolver se pueden resumir en:

- Una alta demanda de transporte concentrada en los tres principales corredores de la zona de estudio: Autopista México- Puebla, Carretera Federal México – Puebla, y Calzada Ermita – Ixtapalapa, con un movimiento de viajes diarios del orden de 520 mil pasajeros.
- Una oferta de transporte de 8,265 unidades caracterizada por unidades de baja capacidad.
- Desorden y congestionamientos viales.
- Falta de certidumbre en el tiempo de traslado de los usuarios del transporte público y privado.
- Externalidades significativas en materia de emisiones contaminantes y de accidentes por excesos en vehículos-Km de los vehículos de transporte público.
- Velocidad comercial del transporte público de 17 km por hora, con un tiempo medio de traslado por viaje de 40 minutos por viaje / sentido.

Los principales objetivos del proyecto son:

- Ofrecer un conjunto de servicios de transporte masivo, seguro, competitivo y eficiente
- Reducir el tiempo de transporte a los usuarios, por contar con un transporte público más veloz en las vialidades: Autopista México – Puebla y Calzada Ermita – Ixtapalapa.
- Contribuir en la solución del congestionamiento vial, de la contaminación ambiental y del excesivo consumo de energéticos, además de coadyuvar en la planeación ordenada del desarrollo urbano en la zona.
- Contribuir a la equidad social de la Zona Conurbada de la Ciudad de México, al ofrecer un sistema de transporte integrado de forma física y tarifaria, con reducciones potenciales en el gasto dedicado al transporte de las familias de estratos medio bajo y bajo.

1.3 Situación Actual Optimizada

En la situación actual, la demanda de transporte de personas es atendida mediante una compleja red de rutas que captan pasajeros en las diferentes polos de origen y destino de la zona de estudio y que drenan finalmente a alguna de los corredores de transporte, principalmente la Autopista-México Puebla, la Carretera Federal México – Puebla y la Calzada Ermita – Ixtapalapa.

- Compleja red de 196 rutas de 5 600 km que drenan a alguno de los corredores de transporte, principalmente la Autopista-México Puebla, la Carretera Federal México – Puebla y la Calzada Ermita – Ixtapalapa.
- Sobreoferta en el parque vehicular, con mayores costos de operación, emisiones de contaminantes y congestión de las vialidades.
- Oferta de 8,265 unidades
 - Eurovan: 4,409
 - Combi: 1,688
 - Microbús: 616
 - Autobús: 1,552

La problemática existente en el corredor consiste en una sobreoferta en el parque vehicular, tanto en la hora de máxima demanda como en los periodos valle de la jornada. Lo anterior ocasiona mayores costos de operación, mayores emisiones de contaminantes y mayor congestión de las vialidades.

Las medidas de optimización presuponen un uso racional del parque vehicular. Es decir, sería necesaria una menor flota en operación, aun cuando se conserve la distribución porcentual por tipo de vehículo (Eurovan, combi, microbus y autobús normal). Con lo anterior se tendría un menor número de vehículos –km y, por tanto, menor consumo de combustibles, menores emisiones contaminantes a la atmósfera y menor congestión y accidentes.

Tabla 1 Proyección de la Demanda y de la Oferta- Situación (Optimizada) Sin Proyecto

	1	2	6	11	16	21	26	31
CONCEPTO	2012	2013	2017	2022	2027	2032	2037	2042
TMCA de la Demanda (%)	3.14%	3.14%	2.71%	2.39%	2.31%	1.93%	1.76%	1.76%
Pasajeros diarios totales	358,304	369,544	416,415	474,503	533,513	595,855	654,428	713,976
PASAJEROS ANUALES (Millones)								
VAN	82.81	85.40	96.24	109.66	123.30	137.71	151.24	165.00
Midibuses	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Autobuses	44.59	45.99	51.82	59.05	66.39	74.15	81.44	88.85
SUMA	127.39	131.39	148.06	168.71	189.69	211.86	232.68	253.85

Fuente: Estimaciones FOA Consultores

La situación sin proyecto optimizada, traería consigo una menor congestión de las vialidades y la reducción de las externalidades asociadas (accidentes y emisiones contaminantes); sin embargo, lo anterior no redundaría en un beneficio tangible a los usuarios ya que éstos tendrían una menor oferta del servicio.

Las medidas de optimización presuponen:

- Un uso racional del parque vehicular con menor flota en operación
 - Concentración en 4,238 Van en sustitución de combis y micros
 - 391 autobuses
- Con lo anterior se tendría un 27% menos vehículos –km y, por tanto, menor consumo de combustibles, menores emisiones contaminantes a la atmósfera y menor congestión y accidentes.

Alternativamente, se pretende ofrecer un nuevo esquema de servicio de transporte público masivo en tramos específicos, que tengan un alto impacto en ahorros en los costos de operación de las empresas, en el tiempo de traslado de los usuarios y un abatimiento en las externalidades, como la emisión de contaminantes y en el número de accidentes.

Lo anterior, debido a la disminución de vehículos-kilómetro, generado por el reemplazo de la flota actual de transporte en el corredor (autobuses mayormente) por un equipo de

mayor capacidad (Mayor concentración de autobuses, bi-articulados) y mejores características, que incorpore nuevos esquemas tecnológicos de operación y cobro.

Es importante señalar que la situación sin proyecto optimizada está acotada a una cierta mejora, pero por las propias características de la zona de donde proviene la demanda está limitado el uso de equipo de mayor capacidad, toda vez que muchas de estas zonas tiene una fuerte pendiente y una estructura vial estrecha y desarticulada, como son la Sierra de Santa Catarina, y la Zona Norte de Ixtapaluca.

Por otra parte el propio planteamiento de imagen objetivo para la carretera México – Puebla restringirá el uso que actualmente hace el transporte público por los carriles centrales de la autopista para orientarlo a calles laterales locales. Esta situación seguramente disminuirá la velocidad comercial promedio actual, exacerbando los impactos negativos de este escenario.

1.4 Principales características del proyecto

Los principales aspectos del proyecto se resumen a continuación:

Trazo.- Chalco-Santa Catarina- Santa Martha- Constitución de 1917, denominado Trazo A con una longitud de 23.4 km

Demanda.- Con base en los resultados del estudio de demanda realizado¹, que incluye la simulación de asignación de tránsito con el método de redes, se estimó una demanda capturable con un rango entre 275 mil a 390 mil pasajeros/día para el año base de 2010, según el escenario analizado para la opción de trazo seleccionada que es la alternativa A13 con opción de crecimiento a A15. En la asignación base se considera como supuesto una libre competencia, en otras palabras las rutas que prestan servicio actualmente, continúan circulando sobre el corredor (escenario base pesimista). Se calculó la demanda también para un escenario con rutas de alimentación dedicadas en adición a las rutas actuales, así como para un escenario con alimentación inducida sin competencia sobre la Autopista México – Puebla. Para la estimación de la demanda se consideró una tarifa

¹ Estudio de demanda del Tren Suburbano Sistema 3 en la ruta Chalco-Santa Martha/ La Paz – Constitución de 1917. Resultados de avance al 28 de abril de 2011.

similar a la actual en el Estado de México y el DF. La distancia media resultante es de 10.3 km.

Equipo de Transporte.- Tomando en cuenta los altos volúmenes de demanda existentes en el corredor, que de 20,400 pax por hora sentido en el tramo más cargado, se consideró necesario la utilización de un equipo robusto de trenes con una capacidad de hasta 2,250 pasajeros por unidad, con una configuración de trenes de 1 a 2 EMUs por tren y 3 a 4 coches por EMU. La velocidad comercial es de 46.1 km por hora, con intervalos de 6 a 7 minutos en HMD según la configuración.

Estaciones y Terminales.- Se propone una configuración con 13 estaciones de inicio con la posibilidad de crecimiento a 15 estaciones. A través del análisis de la demanda, de los estudios técnicos, económicos y financieros se establecieron que las opciones con 13 a 15 estaciones ofrecen la mayor eficiencia en cuanto a la utilización de recursos públicos por pasajero transportado. La configuración base tendría 5 a nivel, 9 estaciones elevadas de las cuales 2 son terminales), ubicadas en un trazo central a las vialidades de la Autopista México – Puebla y la Calzada Ermita Ixtapalapa, salvo las terminales de Chalco, Constitución de 1917, y la estación de transferencia de Santa Martha, las cuales tendrían una ubicación lateral a los corredores de transporte antes mencionados.

Estructura de Confinamiento.- Estará constituido por una sección para albergar doble vía confinada por muros de concreto y protecciones laterales a lo largo de 12.0 km de trazo a nivel ó semi tajo, y en viaducto elevado en 12.4 km, incluyendo los tramos de transición de las zonas a nivel a la sección elevada. Para resolver los pasos transversales al eje del proyecto, tanto peatonales como vehiculares, se mantendrán las obras existentes de puentes que cruzan la autopista, y se incrementarán y ampliarán los puentes peatonales a lo largo del corredor.

Inversión.- El proyecto integral requiere de una inversión inicial estimada, al mes de Abril de 2010, de \$12,631 millones de pesos a precios, de la cual

1.5 Análisis de alternativas

Se analizaron alternativas de acuerdo con:

- Trazos propuestos por la SCT.
- Solución física en cuanto a la trayectoria horizontal y vertical respecto a la al derecho de vía disponible
- Número de estaciones
- Trazos alternos, ampliaciones, ramales

Como parte de los estudios de demanda y de evaluación integral se analizaron diversas variantes a partir de los dos trazos propuestos por la Secretaría:

- Chalco-Santa Martha – Constitución de 1917 (Trazo A)
- Chalco – La Paz – Constitución de 1917 (Trazo B)

Figura 2 Trazos Propuestos por la SCT

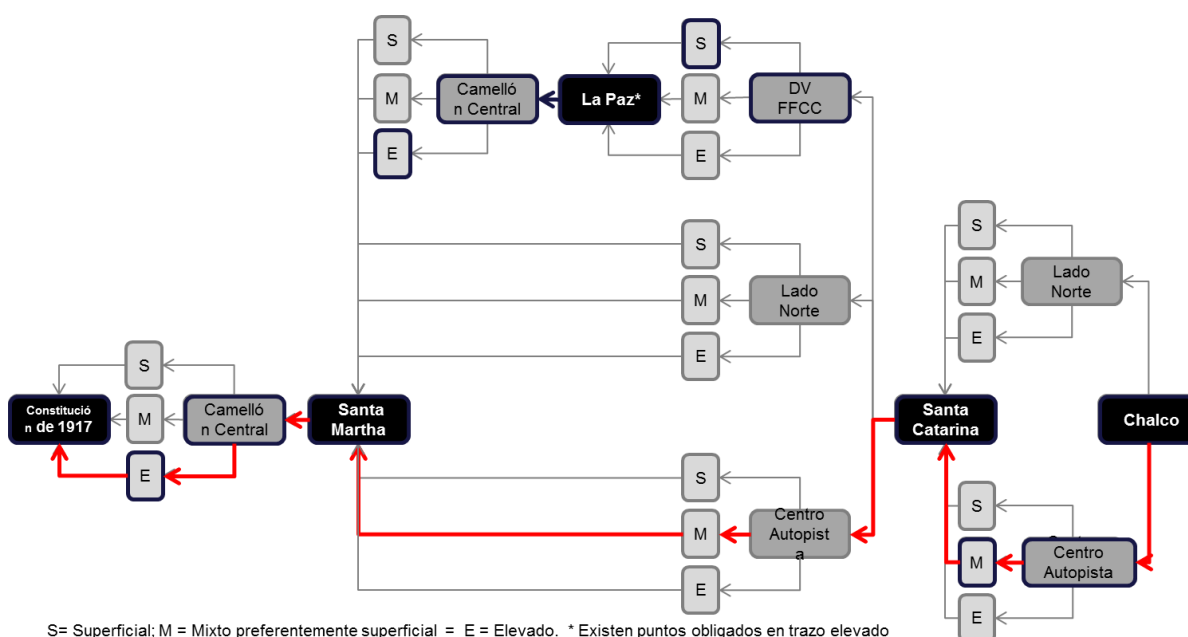


Fuente: GCI

Análisis físico de alternativas según trayectoria y perfil horizontal

Se analizaron de 27 variantes para los dos trazos propuestos por la SCT (Trazo A y Trazo B), lo cuales incluían la trayectoria por el centro ó el camellón norte de la autopista, así como soluciones subterráneas, a nivel ó elevadas.

Figura 3 Esquema de análisis de configuraciones de trazo



Como parte de los trabajos de análisis se exploró una nueva configuración por el centro de la autopista propuesta por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, y que propone la construcción del derecho del vía para el Tren Suburbano por el centro de la autopista, la reposición de 2 carriles centrales y la construcción de 2 nuevos carriles laterales, dando por resultado un incremento de capacidad de un 25 % en relación con la situación actual, sin modificar la geometría de las estructuras existentes.

Esta solución concilia los intereses del proyecto así como de la concesión de la Autopista México – Puebla, por lo que se aceptó por parte de la DGTFM, la DGST, Banobras y Fonadin, como la solución deseable para el trazo del TS3 a lo largo de este tramo.

Tabla 2 Comparación de Opciones de Trazo por la Autopista México - Puebla

Por el Centro	Centro 2+2 carriles	Por el Camellón Norte
■ Se requiere 2 años para liberar el Derecho de vía para iniciar las obras del Ferrocarril Suburbano. ■ El costo de las obras adicionales es de 507.25 millones de pesos. ■ Acceso a la obra del Suburbano se requiere cruzar los carriles centrales. ■ Mayores molestias a los usuarios de la Autopista México – Puebla, y a la comunidad del área de influencia. ■ Mala imagen por la demolición de 3 pasos vehiculares y 24 pasos peatonales y rectificación de la autopista	■ Mayor dificultad en su construcción por el acceso de maquinaria o vehículos solamente en el turno nocturno.	■ Forma barrera física entre los carriles centrales y la lateral norte.
■ Trazo tradicional. Ejemplos: Tlalpan, Insurgentes, Río Consulado, entre otros. ■ Hay precompactación del suelo en 5 km. ■ Se afecta el proyecto original para ampliar la autopista.	■ La capacidad de la autopista no se reduce ■ Mayor flexibilidad en proyecto y construcción ■ Trazo al centro del FS no hay barrera física permite accesos viales ■ A futuro, permite si se requiere integrar un quinto carril, sin acotamiento. ■ El tiempo para liberar el derecho de vía para el FS se puede realizar después de la construcción de los dos carriles centrales adicionales ■ Se logra una buena imagen ante la sociedad ■ Propuesta que compagina: proyecto, tiempo y costo.	■ Se aprovecha el Derecho de Vía. ■ Se puede iniciar las obras del Suburbano después del proceso de licitación. ■ Causa menores molestias la obra en tiempo y procesos. ■ Se tiene mayor flexibilidad en su construcción al contar con mayores accesos. ■ La imagen es más positiva.

Análisis de inter estaciones

Se analizan variantes en cuanto al número de estaciones en cada trazo de acuerdo con el análisis físico para su ubicación. Las opciones variaron de 10 a 22 estaciones para los dos trazos A y B.

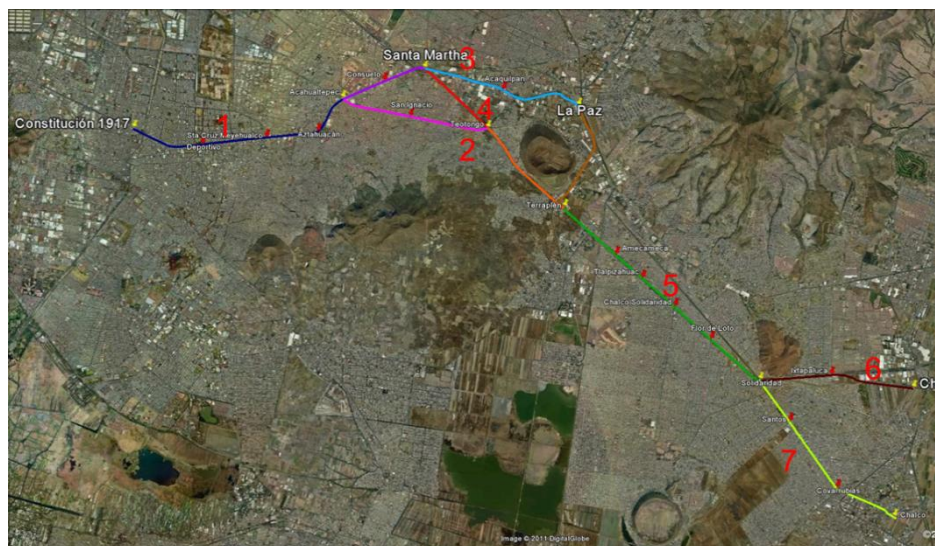
Figura 4 Análisis del número de inter estaciones.



Trazos alternos, extensiones y ramales

Así mismo se analizaron otros trazos adicionales al A y B, así como variantes con ramales y extensiones a los mismos

Figura 5 Configuraciones de Trazo Alternativos



Fuente: Estudio de Demanda del TS3, USTRAN. 2011

Evaluación de Alternativas

- La alternativa por el centro de la autopista 2+2 concilia los objetivos de menor inversión, flexibilidad para el inicio de obras y expansión futura del corredor de transporte y carretera.
- Las alternativas del trazo A resultaron superiores a las del trazo B, al presentar menor inversión, captación de demanda similar, y mayor eficiencia en cuanto al uso de inversión pública.
- Las alternativas con menor número de estaciones (10 a 12) presentaron menores niveles de captación de demanda y TIRs por debajo del 12%
- Alternativas con mayor número de estaciones (16,17,20) presentan mayor captación, menores velocidades comerciales, y mayor requerimiento de inversión para una TIRs
- Trazos alternos como el C (Av. Las Torres), resultan desfavorables frente a opciones A y B.
- Extensiones y ramales incrementan captación en algunos casos, pero también la inversión requerida
- La alternativa con mejor desempeño en la evaluación es A15

1.6 Alternativas tecnológicas evaluadas

Con base en los resultados del análisis de alternativa de trazo para la nueva línea del TS3 y a un proceso de análisis conjunto entre FOA Consultores, los asesores de demanda y técnicos de la DGTFM, para analizar las capacidades y costos de las diferentes soluciones tecnológicas para atender la demanda de transporte urbano del Corredor Chalco – La Paz/Santa Martha – Constitución de 1917.

Del análisis de los umbrales de demanda que es del orden de los 20,000 pax por hora de máxima demanda en el sentido/tramo más cargado, se analizaron las tecnologías de BRT's, LRT, Trenes Suburbanos y Metro con los siguientes resultados:

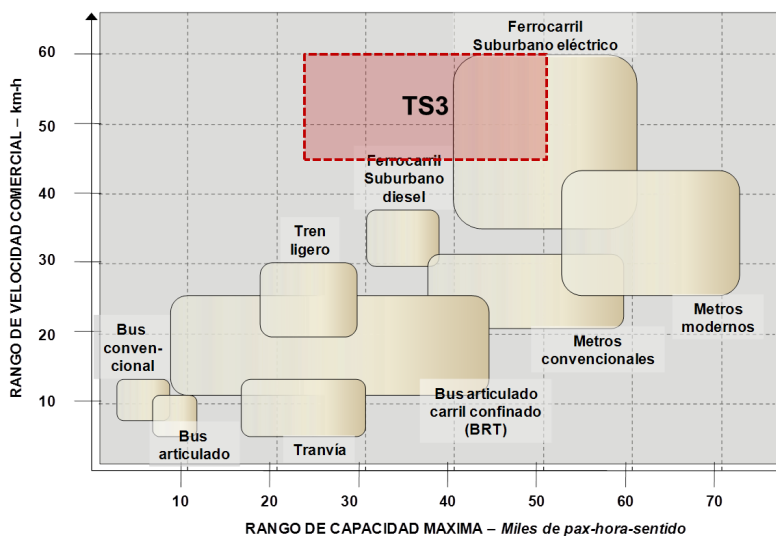
Figura 6 Evaluación de alternativas tecnológicas

Alternativa tecnológica	Ventajas	Desventajas
BRT	- Menores costos - Rápida instrumentación	- No oferta capacidad suficiente para atender demanda en HMD - Requeriría tomar más derecho de vía de lo disponible
LRT	- Compatible con solución técnica dentro de derecho de vía - Menor costo	No oferta capacidad suficiente para atender demanda en HMD
Tren Suburbano	- Capacidad para atender demanda del proyecto al largo plazo - Compatibilidad con redes de TS	Mayor inversión
Metro	- Capacidad para atender demanda del proyecto al largo plazo - Compatibilidad con sistemas existentes (STC-Metro)	- Mayor inversión - Dificultad de instrumentación institucional

Fuente: Análisis FOA Consultores

La solución tecnológica a través de uso de trenes suburbanos satisface de mejor manera las condicionantes de atención a la demanda en periodo crítico con las velocidades esperadas para el desempeño del proyecto y la obtención de los beneficio socio económicos de ahorro en tiempo correspondientes.

Figura 7. Alternativas Tecnológicas según Capacidad de Atención de la Demanda



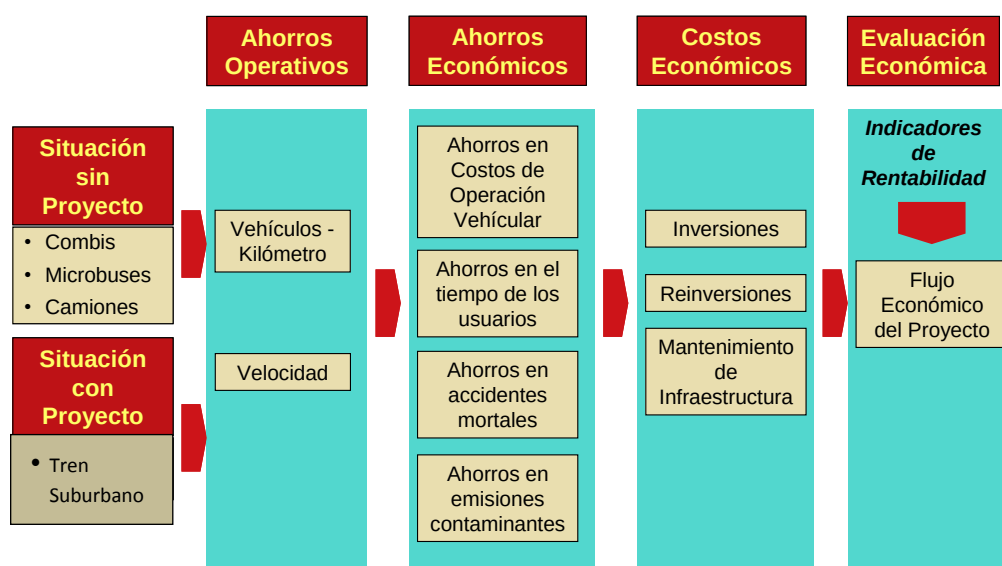
1.7 Inversión y sus principales componentes

El proyecto integral que incluye las componentes de infraestructura ferroviaria, sistemas ferroviarios y obras de infraestructura carretera, urbana e inducida, así como la adquisición de terrenos, requiere de una inversión inicial estimada de \$12,631 millones de pesos.

1.8 Objetivo de la Evaluación Socio-Económica

Para determinar la conveniencia, en términos socioeconómicos, de la realización del proyecto, se procedió al cálculo de los indicadores de rentabilidad socioeconómica, mediante la identificación y cuantificación de los beneficios y los costos sociales del proyecto, señalados en el esquema siguiente, para un horizonte económico de 30 años y con un costo económico de oportunidad de los recursos de 12% anual (tasa social de descuento). Tanto los beneficios como los costos fueron calculados a precios de mercado, con la posibilidad de ser afectados de los factores de precios de cuenta para el cálculo de los indicadores de rentabilidad.

Figura 8 Esquema Metodológico de la Evaluación Socioeconómica



Fuente: FOA Consultores

1.9 Indicadores de Rentabilidad Socio-Económica

Los resultados que a continuación se resumen corresponden a la concepción integral de la imagen objetivo Tren Suburbano Sistema 3. Los resultados indican que la sociedad en su conjunto obtendría por el proyecto integral un beneficio neto de aproximadamente \$2,787 millones de pesos (a precios de mercado) por la realización del proyecto, contabilizando únicamente el ahorro en tiempo de los usuarios y la reducción de costos de operación vehicular. Sumando los otros beneficios denominados como externalidades positivas, reducción accidentes mortales y reducción de emisiones contaminantes, el beneficio neto social es de \$4,168 millones.

Tabla 3 Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto Integral
(Cifras a precios de mercado de mayo 2011)

Indicadores de rentabilidad	Monto (Millones \$)	
	Con Externalidades	Sin Externalidades
Valor Presente de los Costos (VPC)	\$11,642.0	\$11,642.0
Inversión	\$11,319.8	\$11,319.8
Operación y Mantenimiento	\$322.1	\$322.1
Valor Presente de los Beneficios (VPB)	\$15,795.3	\$14,413.8
Reducción de Costos de Operación Vehicular	\$7,524.6	\$7,524.6
Valor del tiempo usuarios	\$6,889.2	\$6,889.2
Valor de reducción accidentes mortales	\$335.8	\$0.0
Valor por reducción emisiones contaminantes	\$1,045.6	\$0.0
Otros beneficios	\$0.0	\$0.0
Valor Presente Neto Social (VPNS)	\$4,153.3	\$2,771.9
Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)	15.23%	14.21%
Relación Beneficio/Costo	1.36	1.24
TRI (1er. año de operación, con aprendizaje)	9.1%	8.0%
TRI (1er. año de operación, sin aprendizaje)	15.1%	13.4%

Fuente: Estimaciones FOA Consultores

La reducción de emisiones contaminantes derivadas de la adopción del Tren Suburbano se muestran en la siguiente tabla para diferentes cortes en el tiempo.

Tabla 4 Estimación de Reducción de Emisiones Contaminantes del TS3 (Ton/Año)

Concepto	2017	2022	2027	2032
CO2	42,314	53,574	60,237	67,275
HC	332	420	472	527
CO	3,547	4,491	5,049	5,639
NOx	277	351	394	441
SOx	38	48	54	61
PST	185	234	263	294

Fuente: Estimaciones FOA Consultores

1.10 Riesgos Identificados en la ejecución del Proyecto

Treviño, Rivera, S.C.).

De acuerdo con lo señalado por los participantes en el proceso anterior del TS3, los principales aspectos de riesgo para el mercado son:

- Demanda del proyecto, principalmente para los primeros años.
- Definición, estructuración e instrumentación de rutas alimentadoras eficientes para el proyecto.

Figura 9 Distribución de riesgos

Riesgo	Asignación	Medida de Mitigación
De construcción	Concesionario	Contrato llave en mano y supervisión especializada
De adquisición de material rodante	Concesionario	Contrato de suministro del equipo
De explotación	Concesionario	Apoyo del Gobierno Federal al proceso de maduración del proyecto
Proyecto Ejecutivo	Concesionario	Supervisión por parte del SCT / Concesionario
Permisos y licencias	SCT	Concluir antes de la licitación incluyendo permisos ambientales
Capacidad Institucional	Concesionario	Contratación de personal por honorarios y asesoría especializada (Gerencia de Proyecto)
De Financiamiento del paquete	Concesionario	Apoyo del Gobierno Federal a través de garantías
De Interés del Mercado y demanda	Concesionario / SCT	Apoyo del Gobierno Federal a través de garantías
Desarrollo de Interfases	Concesionario	Contratación de personal por honorarios y asesoría especializada (Gerencia de Proyecto)
Rutas alimentadoras	SCT / Gob Local	Concertación y convenios con gobiernos locales

Fuente: Análisis FOA Consultores, Thompson & Knight.

1.1 Otros factores de riesgo

Los principales riesgos del proyecto y las coberturas que deben ser consideradas en un llamado a licitación para atracción de capital privado al proyecto se resumen a continuación.

Aumento en el monto de la inversión por variaciones en tipo de cambio.- En el caso de los Gobiernos Federal y Estatal, se requeriría de mayores aportaciones. Por su parte, el riesgo cambiario del servicio de la deuda de los particulares tendría que ser absorbido por ellos.

Sobrecosto en obras y/o suministros.- Se celebrarían concesiones del tipo BDOT a precio alzado y se tienen considerados imprevistos por aproximadamente el 5% del costo del proyecto. Para los riesgos por obra inconclusa debido al incumplimiento del oferente ganador de la licitación de obras y suministros; las empresas licitantes tendrán que comprobar su capacidad técnica y financiera, y se establecerán fianzas de cumplimiento y penas convencionales en los contratos.

Deficiencias en la ingeniería y el diseño.- Es posible que el llamado a licitación se haga con base en un anteproyecto de ingeniería. Se establecerán en el Título de Concesión penas y fianzas para asegurar su cumplimiento. Asimismo, en lo referente a la terminación del proyecto en plazo mayor al previsto por causas imputables al consorcio ganador de la licitación, se establecerán fianzas de cumplimiento y penas convencionales en los contratos, además de que el programa de obra previsto se considere un margen de seguridad en el tiempo de ejecución.

Accesos viales, obras complementarias y terrenos.- Se establecerán los compromisos del Gobierno del Estado de México y sus municipios, así como del Distrito Federal para llevar a cabo las obras necesarias. En materia de terrenos para la ampliación del derecho de vía de la carretera, ferroviaria, CETRAMs y obras complementarias, se deberán adquirir en forma previa y establecer la coordinación con el Estado de México y el Distrito Federal para adquirirlos o expropiarlos. La posibilidad de retrasos en el otorgamiento de los permisos y licencias, se resolverá mediante el compromiso del Estado de México y del Distrito Federal para otorgarlos en forma ágil y oportuna.

1.2 Mitigación del riesgo de demanda (tráfico):

- Considerado como la principal variable de incertidumbre (riesgo) del proyecto
- Es un riesgo donde el concesionario tiene una limitada capacidad de controlar
- Por lo que en licitaciones de proyectos similares, se han establecido diferentes esquemas de mitigación de riesgo:

Bandas:

- El gobierno absorbe parte de las pérdidas asociadas a un tráfico menor al proyectado
- A cambio, recibe parte de los ingresos excedentes en caso de un tráfico superior al proyectado
- Ejemplos: Metro de Milán y Metro de Sao Paulo

Garantía de tráfico mínimo:

- Se garantizan los ingresos correspondientes a un tráfico mínimo
- El garante recibe una prima como pago por dicha garantía
- Ejemplo: Tranvía de Jerusalén

Tarifa sombra:

- Se garantiza un nivel mínimo de ingresos
- Ejemplo: Tranvía de Barcelona

Por otra parte, se considera que aun cuando el esquema del TS3 es menos dependiente de un arreglo de las rutas actuales que en el caso del TS1, es fundamental contar con una solución de fondo para el sistema de alimentación del proyecto, como un elemento adicional de mitigación del riesgo de demanda.

Para ello se propone un esquema nuevo que permita la creación de un esquema de alimentación vinculado a la operación del TS3, y el cual se base en la filosofía de que el usuario no pague más de lo que actualmente paga.

1.11 Conclusiones

1. El trazo directo de Chalco – Santa Catarina – Santa Martha – Constitución de 1917 por el centro de la autopista y de la Calzada Ermita Ixtapalapa resulta la opción que mejor eficiencia presenta en cuanto a la aplicación de recursos públicos para la atención de demanda de la zona, bajo un concepto de Tren Suburbano de

tecnología adecuada para atender concentraciones de demanda en hora máxima de más de 20,000 pax HMD.

2. En el escenario propuesto con 15 estaciones con nuevas rutas para la alimentación a imagen objetivo se obtuvo una TIR social de 14.22% anual en términos reales, por lo que sería viable según los criterios de la Unidad de Inversiones de la SHCP (debe ser mayor o igual al 12% anual en términos reales).
3. De igual manera, en el escenario conservador, con alimentación a través de rutas actuales el proyecto sería viable pero presenta una TIR social ligeramente menor, 13.70% anual en términos reales. Esto comprueba la hipótesis que a diferencia del TS1, el TS3 es menos dependiente de un nuevo esquema de rutas alimentadoras.
4. Bajo un escenario que considere una re-estructuración completa de las rutas de transporte público para alimentar al TS3 y eliminar competencia sobre los corredores de transporte actual, la demanda se incrementa en más de un 30%, con un incremento en la TIR social a más del 16%
5. Las inversiones estimadas para el escenario medio (rutas nuevas) es de \$12,631 MDP, la cual incluye obras de mejoramiento y ampliación de capacidad de la autopista México –Puebla, obras urbanas, adquisición de terrenos y liberación de derecho de vía, infraestructura ferroviaria, material rodante y subsistemas de obra electro mecánica.
6. **ACB preliminar es positivo**, con una TIR superior al 12% en términos reales (con y sin externalidades), y la posibilidad de solicitar **Registro del Proyecto ante la UI-SHCP**.
7. En este sentido, el proyecto del TS3 junto con otros proyecto en proceso de construcción como la línea 12 del Metro y el BRT Chimalhuacán-Pantitlán resuelve la problemática de movilidad de la Zona Sur Oriente de la ZMVM a un horizonte de largo plazo.

8. Finalmente el proyecto y las inversiones globales consideradas en él se enmarcan dentro de la re configuración y solución de largo plazo del acceso Oriente a la Ciudad de México a través de la Autopista México - Puebla

Tabla 5 Resumen de Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica (con externalidades) por Alternativa Tecnológica, Servicio Troncal

Indicador	Resultados
Demanda inicial (PaX/Día) (*)	347,400
VP @ 12% anual real Inversión inicial (mdp)	\$11,320
VPN @ 12% anual real (mdp)	\$2,772
TIR	14.21%
Beneficio Costo	1.24
TRI (1er año de operación sin aprendizaje)	13.4%

(*) Año base: 2011

2. Situación sin proyecto y posibles soluciones

2.1 Diagnóstico de la situación actual

El diagnóstico de la situación actual señala que la región oriente de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) tiene un limitado inventario de infraestructura para la movilidad (Línea A del Metro, carretera federal y autopista de cuota México – Puebla), que no ha crecido desde 1991 en que se inauguró la Línea A. Además, esta infraestructura confluye en el mismo punto con la avenida Zaragoza de la Ciudad de México, la cual se constituye en un elemento crítico, altamente sensible a eventos meteorológicos y accidentes vehiculares, con una deteriorada relación volumen – capacidad.

La autopista y la carretera federal, que debieran ser enlaces de largo recorrido, ahora dan servicio a necesidades locales, para las cuales no fueron diseñadas (“urbanas”). La oferta de transporte público está integrada en su mayoría por servicios de baja capacidad como microbuses y combis. Las unidades realizan “constantes incorporaciones y desincorporaciones al cuerpo de la autopista, y en algunos casos, estos actos son realizados a velocidades inadecuadas, sin precaución o en lugares inapropiados; poniendo en riesgo no solo a los usuarios de dichos medios, sino a todos los usuarios de la autopista”.

Esta situación se agrava por la conectividad limitada entre Chalco y Valle de Chalco e Ixtapaluca, en donde se concentra el crecimiento urbano inmediato, acelerado y poco ordenado. En esta zona se observa un desequilibrio importante entre la población y los empleos. Un porcentaje importante de la población residente se traslada diariamente para laborar en otras zonas de la Zona Metropolitana, principalmente el centro y sur del Distrito Federal.

Las limitaciones de la infraestructura vial ante una demanda desbordada en horas pico, genera tiempos de recorrido elevados. Además, la configuración de las opciones existentes de transporte público determina que los usuarios tengan que realizar un alto número de transbordos. La oferta del transporte público de la zona presenta problemas de regulación, al encontrarse que el 60% de las unidades de transporte son irregulares.

2.1.1 Análisis Socioeconómico de la Zona de Estudio

Perfil Socioeconómico de la Zona

El análisis del perfil socioeconómico requiere la definición de la zona de influencia del proyecto. En este sentido, se definió la ZMVM como el Área General de Estudio la cual contiene los municipios de la zona de influencia inmediata al proyecto.

Figura 10 Entorno Metropolitano de la Zona de Estudio

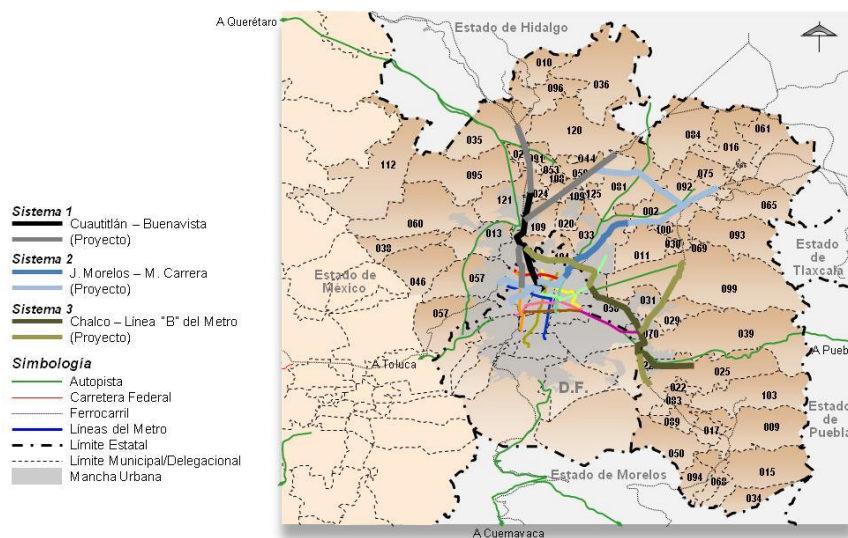
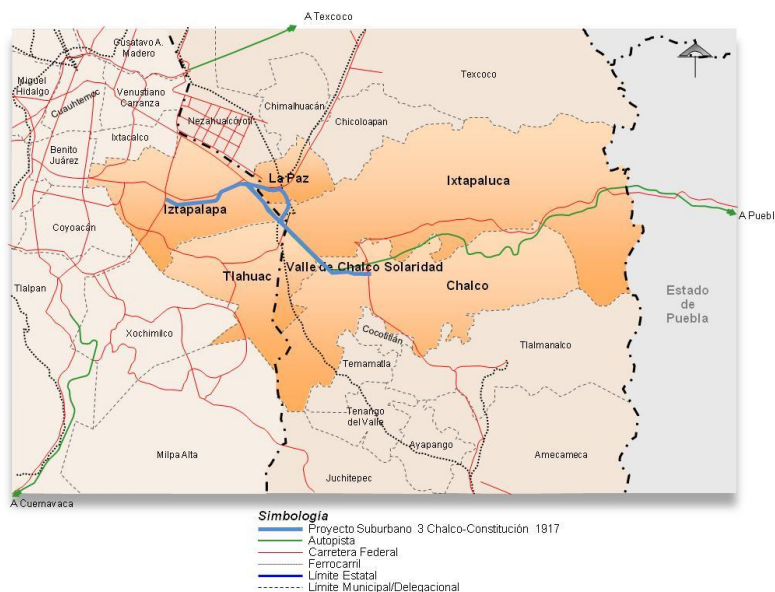


Figura 11 Área de influencia de la Zona de Estudio



Población

La zona de influencia inmediata del proyecto tiene cerca de 3.6 millones de habitantes y ha tenido un ritmo de crecimiento demográfico por encima del promedio estatal en los últimos 10 años.

Figura 12 Evolución de la población en la Zona de Estudio

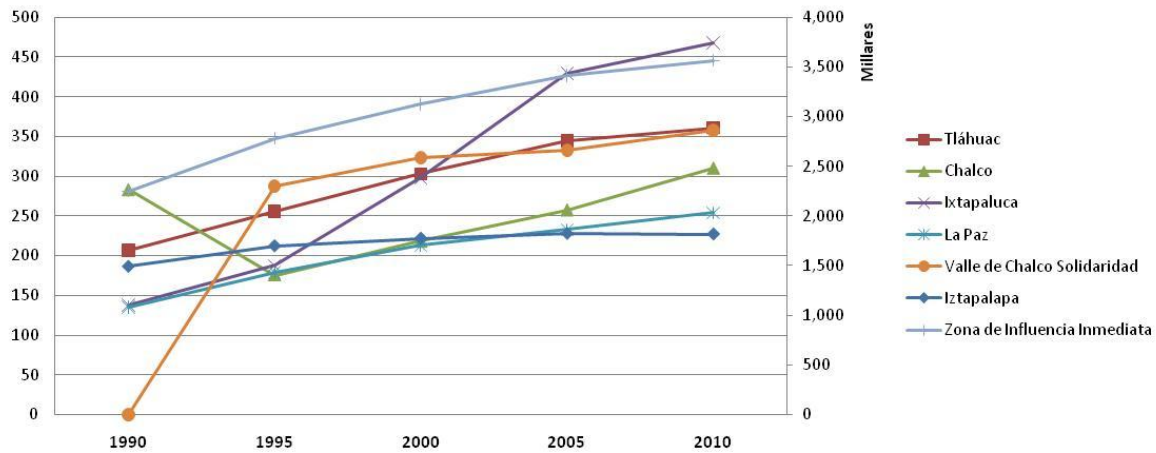
Municipios en el Trazo del Proyecto							
Nombre del Mun.	1990	1995	2000	2005	2010	TMCA	
						1990 - 2010	2000 - 2010
Iztapalapa	1,490,499	1,696,609	1,773,343	1,820,888	1,815,596	0.99%	0.24%
Tláhuac	206,700	255,891	302,790	344,106	361,014	2.83%	1.77%
Chalco	282,940	175,521	217,972	257,403	310,124	0.46%	3.59%
Ixtapaluca	137,357	187,690	297,570	429,033	467,360	6.31%	4.62%
La Paz	134,782	178,538	212,694	232,546	253,843	3.22%	1.78%
Valle de Chalco Solidaridad	ND	287,073	323,461	332,279	357,637	-	1.01%
Zona de Influencia Inmediata	2,252,278	2,781,322	3,127,830	3,416,255	3,565,574	2.32%	1.32%
Estados en el Trazo del Proyecto							
Nombre del Edo.	1990	1995	2000	2005	2010	TMCA	
						1990 - 2010	2000 - 2010
Distrito Federal	8235744	8489007	8605239	8,720,916	8,873,017	0.37%	0.31%
México	9815795	11707964	13096686	14,007,495	15,174,272	2.20%	1.48%
Estados de Influencia	18,051,539	20,196,971	21,701,925	22,728,411	24 047 289	1.44%	1.03%
NACIONAL	81,249,645	91,158,290	97,483,412	103,263,388	112,322,757	1.72%	1.59%

*TMCA: Tasa Media de Crecimiento Anual

Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI, XI, XII Censos de Población y Vivienda 1990 y 2000; I y II Censo de Población y Vivienda 1995, 2005 y Censo de Población y Vivienda 2010.

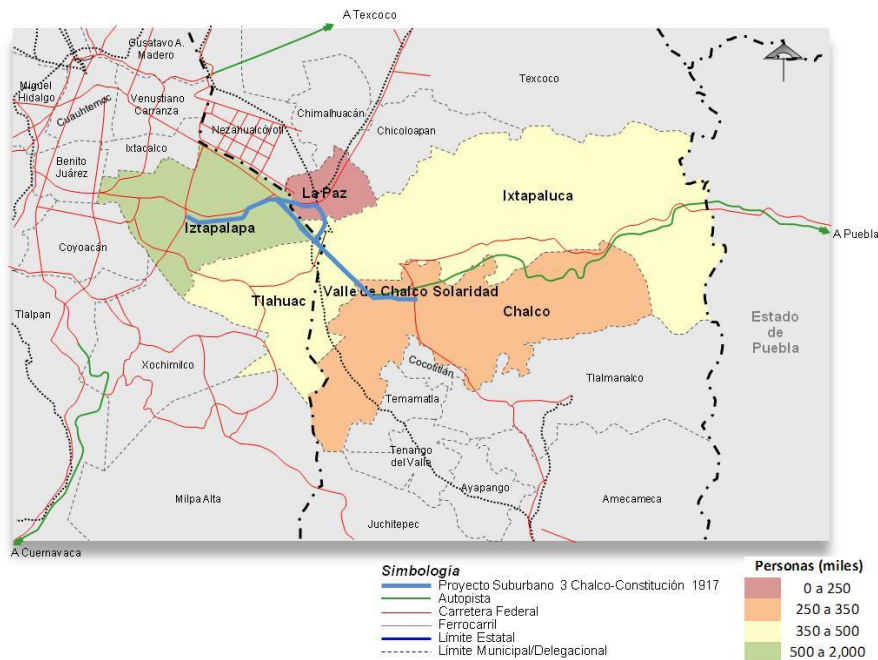
La población del municipio de Iztapalapa tiene una participación muy importante en la zona de influencia, a pesar de que su participación relativa ha disminuido, su población representó el 51% del total de municipios de la zona de influencia y el 20% del total del Distrito Federal.

Figura 13 Población Municipios Zona de Influencia Inmediata



Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI, XI, XII Censos de Población y Vivienda 1990 y 2000; I y II Conteo de Población y Vivienda 1995, 2005 y Censo de Población y Vivienda 2010.

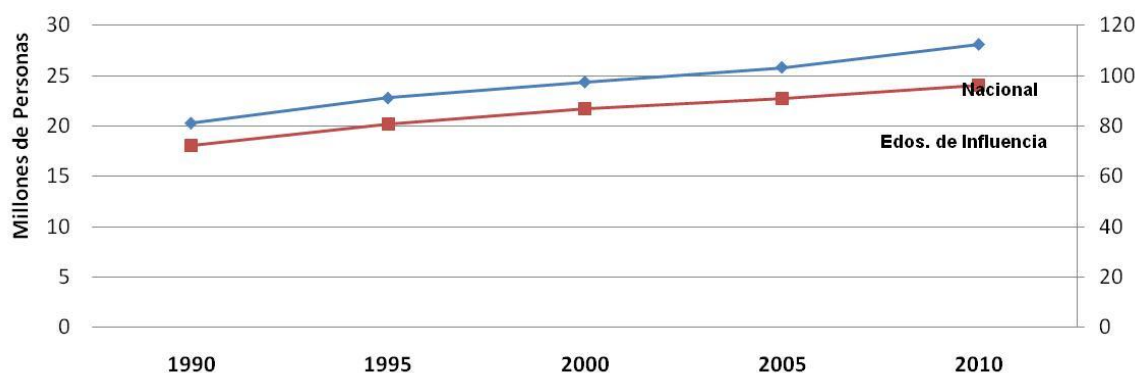
Figura 14 Población Zona de Influencia 2010



El total de la población de los Estados de la Zona de Influencia inmediata al proyecto representó el 21% del total Nacional en el 2010, de los cuales el 14% eran del Estado de México y el 8% restante del Distrito Federal.

La tasa promedio anual de crecimiento poblacional de los estados de influencia ha sido del 1.03% en los últimos 10 años, esto es 56 puntos porcentuales por debajo del promedio nacional.

Figura 15 Población Estados Zona de Influencia Inmediata



Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI, XI, XII Censos de Población y Vivienda 1990 y 2000; I y II Conteo de Población y Vivienda 1995, 2005 y Censo de Población y Vivienda 2010.

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, los resultados preliminares muestran una mayor población con respecto a las proyecciones que produce el Consejo Nacional de Población (CONAPO).

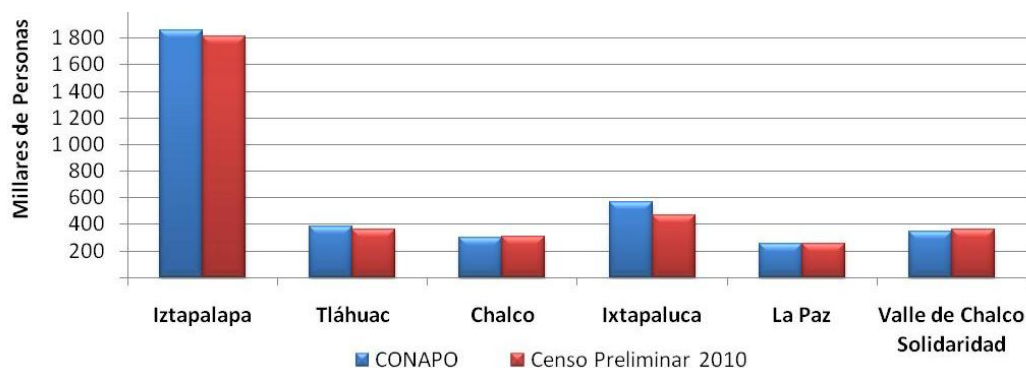
En el contexto Nacional, en el 2010 hubo 3,926,546 personas más a lo esperado por CONAPO. En cuanto a los Estados de Influencia del proyecto, el total de la población proyectada por CONAPO fue el 99.3% a la real observada en el 2010 variando por 168,809 personas más para alcanzar un total de 24'047,289 personas en los Estados de Influencia Inmediata al Proyecto.

Dado que las cifras de CONAPO fueron ligeramente menores a las observadas en el 2010, se espera que igualmente crezca la población por encima de las 26'663,149 personas esperadas en el año 2030 para el total de los Estados de Influencia.

Sin embargo, en los municipios de la Zona de Influencia Inmediata, los pronósticos de CONAPO proyectaron en general un 3.88% mayor población que la registrada en el Censo de Población y Vivienda 2010.

El municipio de Iztapalapa concentra el 51% del total de la población de la Zona de Influencia y se proyecta que para el año 2030 alcanzará alrededor de 1'830,395 personas.

Figura 16 Población Real vs. Proyectada



Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos del Censo de Población y vivienda 2010 y CONAPO.
Proyecciones de la población de México, de las entidades federativas, de los municipios y de las localidades 2005-2050

En cuanto al crecimiento promedio anual de la población, en el Distrito Federal se registró un 0.28% mayor población que la proyectada por CONAPO, para la Ciudad de México se registró un 0.20% más a lo proyectado.

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, en el país existen 58 personas por km². En tanto que en los estados de influencia existen 6,616 personas por km².

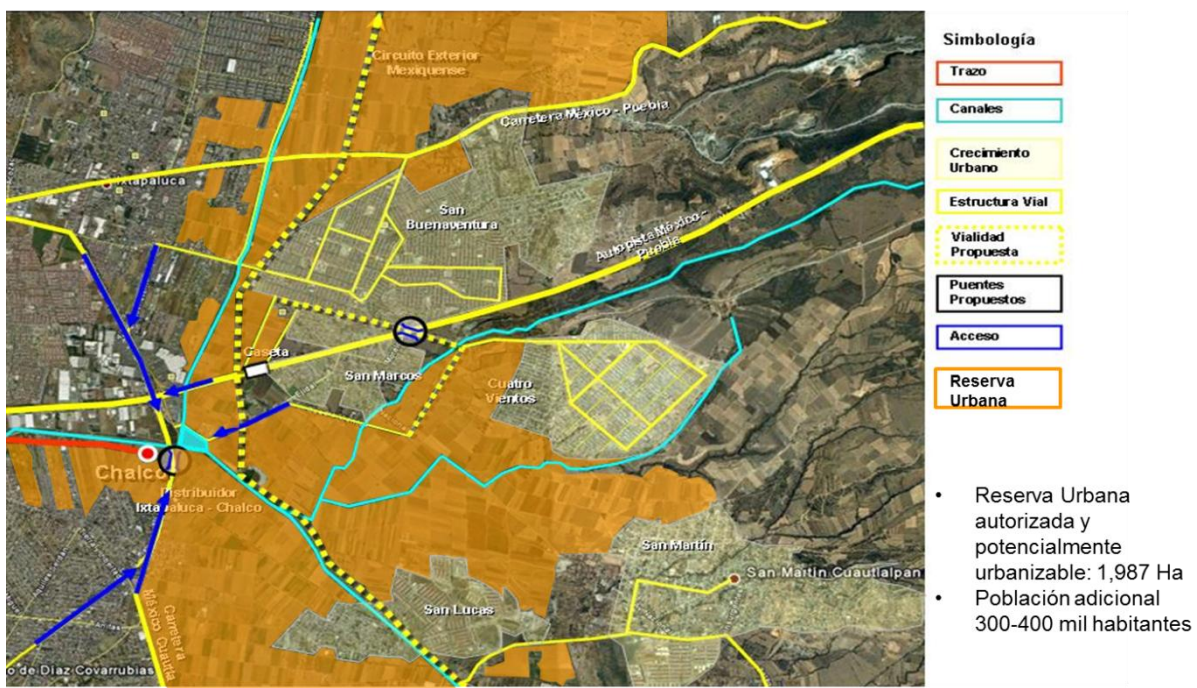
Figura 17 Densidad Poblacional Zona de Influencia 2010



Crecimiento Poblacional

La zona de estudio presenta una de las dinámicas de crecimiento más importantes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y cuenta con una reserva urbanizables del orden de 2,000 hectáreas con uso del suelo de aprovechamiento para el desarrollo urbano, lo que implicará un asentamiento adicional de 300 mil a 400 mil habitantes en el mediano plazo

Figura 18 Zonas de Crecimiento Futuro



Población Económicamente Activa

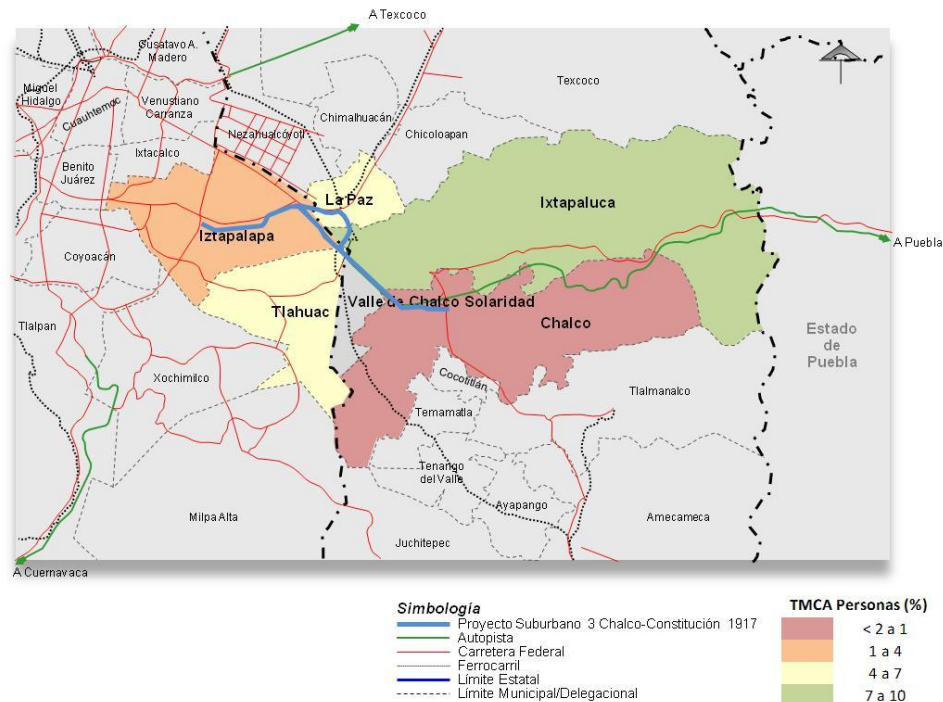
La población económicamente activa del total de los municipios de la zona de influencia del proyecto ha crecido por encima de la población total de sus estados de influencia y del promedio nacional. Esta tendencia se puede ver reflejada en un incremento del ingreso familiar disponible, mayor inversión en vivienda y bienes duraderos como los automóviles, e impulsa el crecimiento de la motorización y el tráfico.

Figura 19 Evolución de la PEA en la zona de estudio

Municipios en el Trazo del Proyecto										
Nombre del Mun.			1990		2000		TMCA 1990 - 2000			
Iztapalapa			499166		716950		3.69%			
Tláhuac			63210		114868		6.16%			
Chalco			78764		69382		-1.26%			
Ixtapaluca			39905		97583		9.35%			
La Paz			40758		76388		6.48%			
Valle de Chalco Solidaridad			ND		114066		-			
Zona de Influencia Inmediata			721,803		1,189,237		5.12%			
Estados en el Trazo del Proyecto										
Nombre del Edo.		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	TMCA 1990 - 2009 2000 - 2009
Distrito Federal		2961270	4046440	3643027	4046440	4128485	4165802	4252748	4167196	1.76% 1.40%
México		2948159	5688708	4536232	5688708	5899239	5993857	6117065	6376247	3.72% 2.96%
Estados de Influencia		5,909,429	9,735,148	8,179,259	9,735,148	10 027 724	10 159 659	10 369 813	10 543 443	2.82% 2.29%
NACIONAL		24,063,283	42,274,306	34,154,854	42,274,306	43 575 476	44 411 852	45,460,003	45,709,355	3.17% 3.29%

Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos del Censo de Población y vivienda 2010 y CONAPO. Proyecciones de la población de México, de las entidades federativas, de los municipios y de las localidades 2005-2050

Figura 20 TMCA PEA Zona de Influencia 1990-2000



Vivienda

Se comprueba que efectivamente el indicador de viviendas ha crecido por encima de la población en la zona de influencia del proyecto.

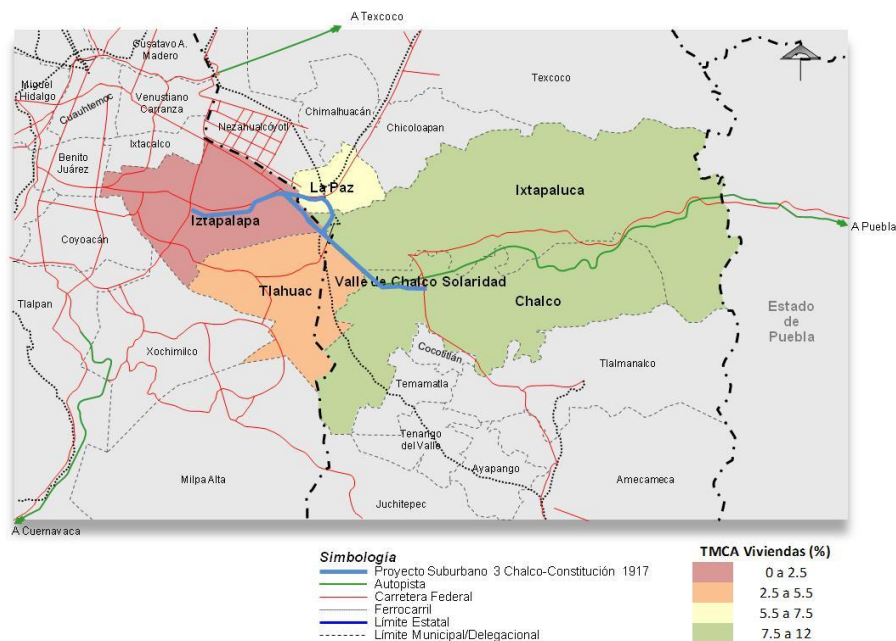
Figura 21 Evolución de la Vivienda en la Zona de Estudio

Municipios en el Trazo del Proyecto							
Nombre del Mun.	1990	1995	2000	2005	2010	TMCA	
						1990 - 2010	2000 - 2010
Iztapalapa	295,760	370,535	407,618	441,428	460,662	2.24%	2.48%
Tlahuac	39,367	55,907	70,485	83,739	91,529	4.31%	5.36%
Chalco	54,155	35,343	46,955	55,201	74,773	1.63%	9.75%
Ixtapaluca	26,460	40,060	68,442	101,038	118,691	7.79%	11.64%
La Paz	25,226	38,665	47,587	54,551	62,492	4.64%	5.60%
Valle de Chalco Solidaridad	ND	59,281	69,651	75,797	89,562	-	5.16%
Zona de Influencia Inmediata	440,968	599,791	710,738	811,754	897,709	3.62%	4.78%

Estados en el Trazo del Proyecto							
Nombre del Edo.	1990	1995	2000	2005	2010	TMCA	
						1990 - 2010	2000 - 2010
Distrito Federal	1,799,410	2,011,446	2,132,413	2,288,397	2,462,678	1.58%	2.92%
México	1,883,098	2,443,803	2,893,357	3,244,378	3,749,010	-	5.32%
Estados de Influencia	3,682,508	4,455,249	5,025,770	5,532,775	6 211 688	2.65%	4.33%
	16,197,802	19,412,123	21,954,733	24,719,029	28,617,843	2.89%	5.44%

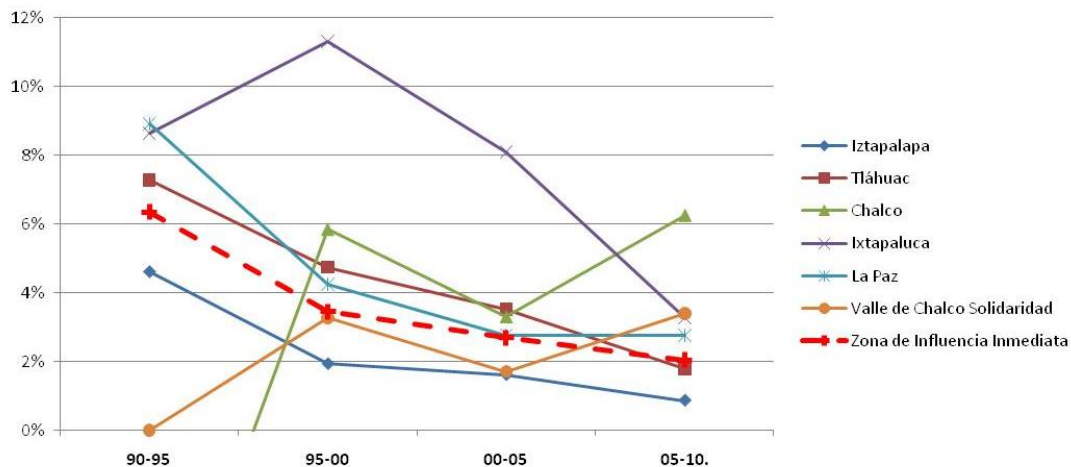
Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos del Censo de Población y vivienda 2010 y CONAPO. Proyecciones de la población de México, de las entidades federativas, de los municipios y de las localidades 2005-2050

Figura 22 TMCA Vivienda Zona de Influencia 2000-2010



La mayoría de los municipios de la zona de influencia inmediata al proyecto presentan tasas de crecimiento en vivienda cercanas al promedio de la zona de influencia, a excepción de Ixtapaluca, el cual tuvo una tasa promedio de crecimiento anual

**Figura 23 TMCA Vivienda
Municipios Zona de Influencia**



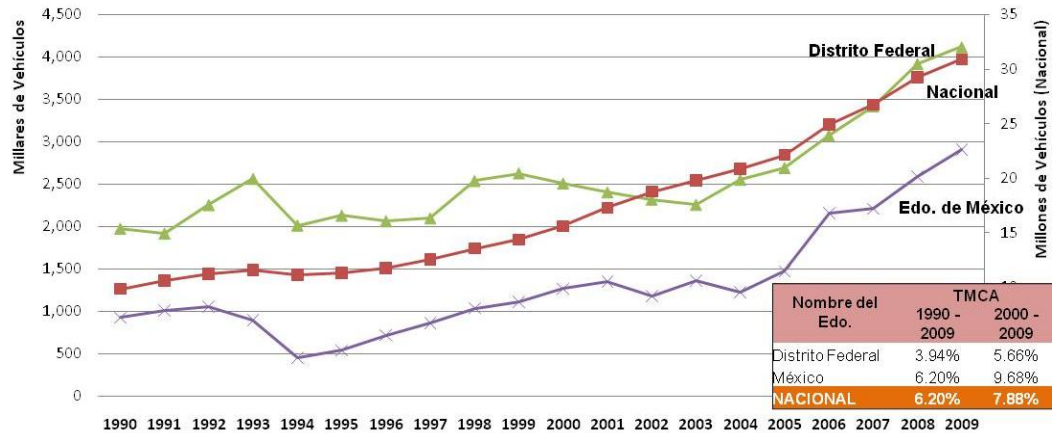
Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos del Censo de Población y vivienda 2010 y CONAPO. Proyecciones de la población de México, de las entidades federativas, de los municipios y de las localidades 2005-2050

Parque Vehicular

En el 2009, el parque vehicular del Distrito Federal representó el 13.33% del total nacional, por su parte el Estado de México registró el 9.43% de los vehículos en circulación del país.

En promedio, la tasa de crecimiento anual en los estados de Influencia del 2000-2009 fue del 7.67%.

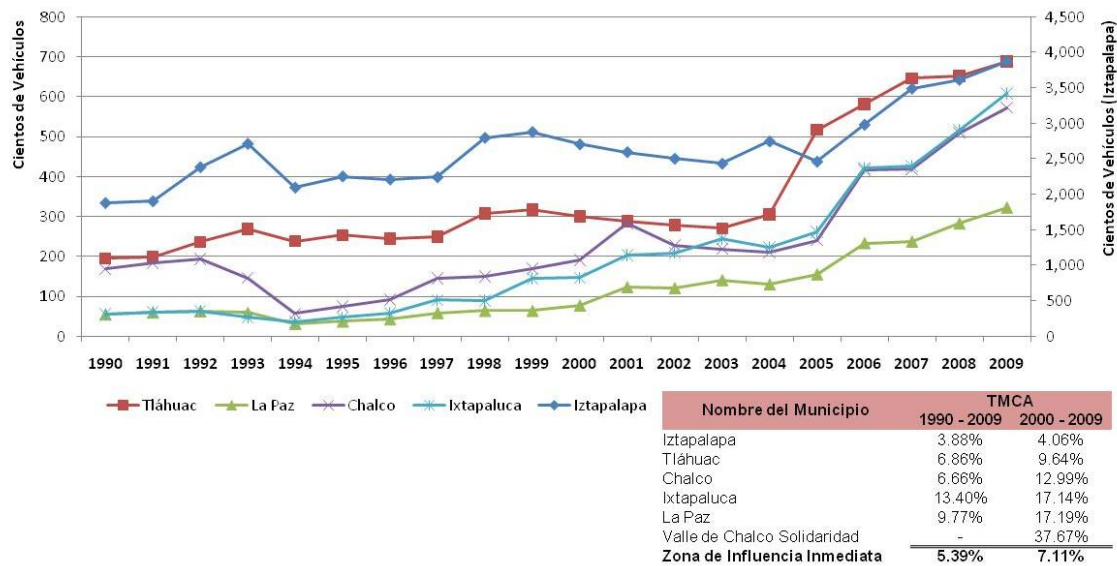
**Figura 24 Vehículos Registrados en Circulación
Estados de Influencia**



Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación.

El municipio de Iztapalapa tiene una participación muy importante en cuanto al número de Vehículos en Circulación, en el 2009 este municipio registró el 60.7% del total de los vehículos de la Zona de Influencia.

**Figura 25 Vehículos Registrados
Zona de Influencia Inmediata**



Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación.

El parque vehicular en la zona de influencia inmediata al proyecto creció 10 veces más que la población de la zona de influencia y 9.4 veces más que las viviendas en el periodo 2000-2004. Esto tiene una importante repercusión en incrementar el flujo vehicular local.

Figura 26 Evolución del parque vehicular en la zona de estudio

Municipios en el Trazo del Proyecto																				
Nombre del Mun.	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Iztapalapa	187,994	190,485	238,408	271,209	209,702	225,369	221,073	224,250	279,671	287,919	270,516	259,530	250,302	243,294	274,560	246,099	298,076	348,871	361,278	387,176
Tláhuac	19,504	19,952	23,633	26,791	23,829	25,300	24,485	24,905	30,731	31,774	30,062	28,848	27,822	27,024	30,489	51,702	58,193	64,584	65,151	68,812
Chalco	16,842	18,355	19,309	14,615	5,671	7,435	9,175	14,442	15,004	16,926	19,078	28,227	22,704	21,897	20,995	24,039	41,656	41,789	50,978	57,288
Ixtapaluca	5,576	6,074	6,372	4,723	3,580	4,688	5,838	9,062	8,918	14,493	14,641	20,263	20,926	24,495	22,200	26,179	42,129	42,582	51,604	60,823
La Paz	5,490	5,984	6,297	5,917	3,098	3,723	4,256	5,879	6,389	6,389	7,735	12,332	12,083	14,105	13,051	15,523	23,345	23,743	28,271	32,251
Valle de Chalco Solidaridad	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,794	8,488	11,202	13,049	12,054	14,031	21,423	21,458	26,721	31,865
Zona de Influencia Inmediata	235,406	240,850	294,019	323,255	245,880	266,515	264,827	278,538	340,713	357,501	343,826	357,688	345,039	343,864	373,349	377,573	484,822	543,027	584,003	638,215

Estados en el Trazo del Proyecto																				
Nombre del Edo.	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Distrito Federal	1,977,554	1,919,557	2,257,243	2,566,043	2,016,038	2,132,325	2,067,206	2,100,283	2,541,957	2,631,169	2,511,543	2,407,362	2,321,702	2,260,123	2,556,032	2,696,220	3,079,690	3,423,719	3,922,587	4,120,535
México	928,820	1,011,089	1,056,885	896,531	455,334	542,733	722,071	864,567	1,040,041	1,116,751	1,268,894	1,352,231	1,184,969	1,363,360	1,229,299	1,473,208	1,620,352	2,129,903	2,592,796	2,913,512
Estados de Influencia	2,906,374	2,930,643	3,314,123	3,462,574	2,471,372	2,675,058	2,789,277	3,364,850	3,581,998	3,747,926	3,780,437	3,759,593	3,506,671	3,623,483	3,785,331	4,169,425	4,725,636	5,622,615	5,383,034	6,047,047
NACIONAL	9,862,108	10,602,433	11,260,847	11,593,011	11,161,010	11,317,617	11,750,028	12,585,187	13,562,814	14,385,161	15,611,917	17,300,530	18,784,946	19,806,930	20,878,422	22,138,787	24,907,297	26,747,129	29,287,903	30,904,659

Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación.

Figura 27 Parque Vehicular Zona de Influencia 2009

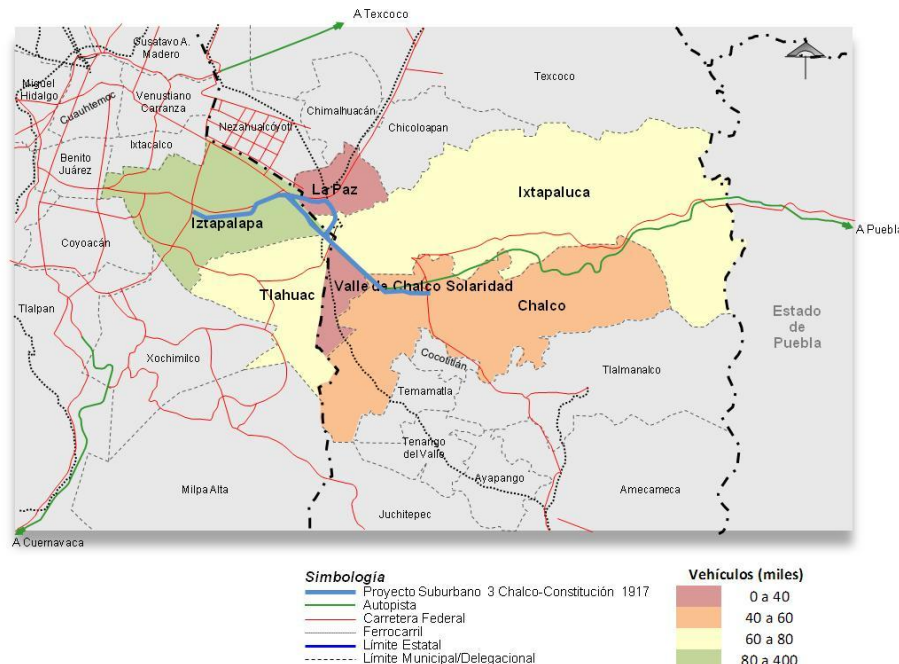


Figura 30 Distribución de la Población Ocupada por Sectores Económicos en la Zona de Estudio

Nombre del Municipio	Municipios en el Trazo del Proyecto			TOTAL 2000
	PRIMARIO Población Ocup_2000	SECUNDARIO Población Ocup_2000	TERCIARIO Población Ocup_2000	
Iztapalapa	1352	186,511	494,094	681,957
Tláhuac	2427	29,590	77,602	109,619
Chalco	3852	22,119	40,414	66,385
Ixtapaluca	2137	30,927	12,599	45,663
Paz, La	300	23,736	48,561	72,597
Valle de Chalco Solidaridad	401	37,991	69,808	108,200
Zona de Influencia Inmediata	10,469	330,874	743,078	1,086,421
Nombre del Mun.	Estados en el Trazo del Proyecto			TOTAL 2000
	PRIMARIO Población Ocup_2000	SECUNDARIO Población Ocup_2000	TERCIARIO Población Ocup_2000	
Distrito Federal	20,600	757,856	2,688,297	3,468,753
México	232,448	1,391,402	2,657,045	4,280,895
Estados de Influencia	253,048	2,149,258	5,345,342	7,747,648
NACIONAL	5,338,299	9,384,109	17,995,223	32,717,631

Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

La población ocupada de la Zona de Influencia se concentra en una mayor proporción en el Sector Servicios, esto es el 41.5% del total de la población ocupada en estos tres sectores.

Figura 31 Distribución de la Población Ocupada por rama económica principal

Nombre del Municipio	Municipios en el Trazo del Proyecto			TOTAL 2000
	COMERCIO Población Ocup_2000	MANUFACTURAS Población Ocup_2000	SERVICIOS Población Ocup_2000	
Iztapalapa	161,999	145,495	232,192	539,686
Tláhuac	22,082	22,400	36,584	81,066
Chalco	14,580	15,084	17,903	47,567
Ixtapaluca	18,343	22,318	28,322	68,983
La Paz	18,078	17,471	21,717	57,266
Valle de Chalco Solidaridad	27,729	24,204	30,366	56,525
Zona de Influencia Inmediata	262,811	246,972	367,084	853,093
Nombre del Mun.	Estados en el Trazo del Proyecto			TOTAL 2000
	COMERCIO Población Ocup_2000	MANUFACTURAS Población Ocup_2000	SERVICIOS Población Ocup_2000	
Distrito Federal	728,154	571,931	1,439,212	2,739,297
México	863,785	1,028,159	1,281,376	3,173,320
Estados de Influencia	1,591,939	1,600,090	2,720,588	5,912,617
NACIONAL	5,597,992	6,714,358	9,294,405	21,606,755

Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Actividades Económicas en la Zona de Influencia

Las actividades económicas que existen en la Zona de Influencia Inmediata al proyecto han crecido con una tendencia hacia el sector servicios desde 1994. Sin embargo, en el 2009, el personal ocupado de las Actividades de Comercio representaron el 41.5% del total de los municipios de la Zona de Influencia, seguido de los Servicios con un 33.6% y Manufacturas con un 24.5%.

Figura 32 Evolución de las actividades económicas en la Zona de Estudio

0	Municipios en el Trazo del Proyecto												
Nombre del Mun.	MANUFACTURAS				COMERCIO				SERVICIOS				TOTAL
	Pers_Ocup 1994	Pers_Ocup 1999	Pers_Ocup 2004	Pers_Ocup 2009	Pers_Ocup 1994	Pers_Ocup 1999	Pers_Ocup 2004	Pers_Ocup 2009	Pers_Ocup 1994	Pers_Ocup 1999	Pers_Ocup 2004	Pers_Ocup 2009	2009
Iztapalapa	68821	5578	73303	73557	74833	85798	101217	114381	34723	60168	55765	102879	290817
Tláhuac	7622	1044	7421	10117	7729	9175	12398	15517	4266	6163	8280	13140	38774
Chalco	4144	787	6057	5837	5439	7008	10675	15778	2772	4581	6242	10561	32176
Ixtapaluca	6359	615	7389	9953	4216	6887	10002	18165	1794	3610	4364	11179	39297
Paz, La	12883	771	10293	10672	6168	8121	11502	14625	3219	4618	5851	9916	35213
Valle de Chalco Solidaridad	1696	1017	3434	4999	7216	9185	11774	16485	2284	4000	5483	9940	31424
Zona de Influencia Inmediata	101525	9812	107897	115135	105601	126174	157568	194951	49058	83140	85985	157615	469710
Estados en el Trazo del Proyecto													
Nombre del Mun.	MANUFACTURAS				COMERCIO				SERVICIOS				TOTAL
	Pers_Ocup 1994	Pers_Ocup 1999	Pers_Ocup 2004	Pers_Ocup 2009	Pers_Ocup 1994	Pers_Ocup 1999	Pers_Ocup 2004	Pers_Ocup 2009	Pers_Ocup 1994	Pers_Ocup 1999	Pers_Ocup 2004	Pers_Ocup 2009	2009
Distrito Federal	500,742	27,727	447,857	404772	567,855	589,873	713,775	758632	886,456	889,502	910330	1989852	3153256
México	431,596	35,343	453,832	560782	326,188	409,063	555,279	784849	218,350	324,037	344555	672270	2017901
Estados de Influencia	932,338	63,070	901,689	965,554	894,043	998,936	1,269,054	1,543,481	904,806	1,213,539	1,254,885	2,662,122	5,173,166
NACIONAL	3,246,042	317,204	4,114,724	4,661,062	3,212,873	3,784,869	4,900,090	6,134,758	2,798,164	3,920,600	3,955,030	8,058,278	18,854,098

Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. Censos Económicos 1994, 1999, 2004, 2009.

El sector servicios ha crecido a un ritmo de 0.71% por encima del promedio nacional. El comercio presenta tasas de crecimiento de personal ocupado superiores al total de los estados de influencia y está 24 puntos porcentuales por debajo del promedio nacional.

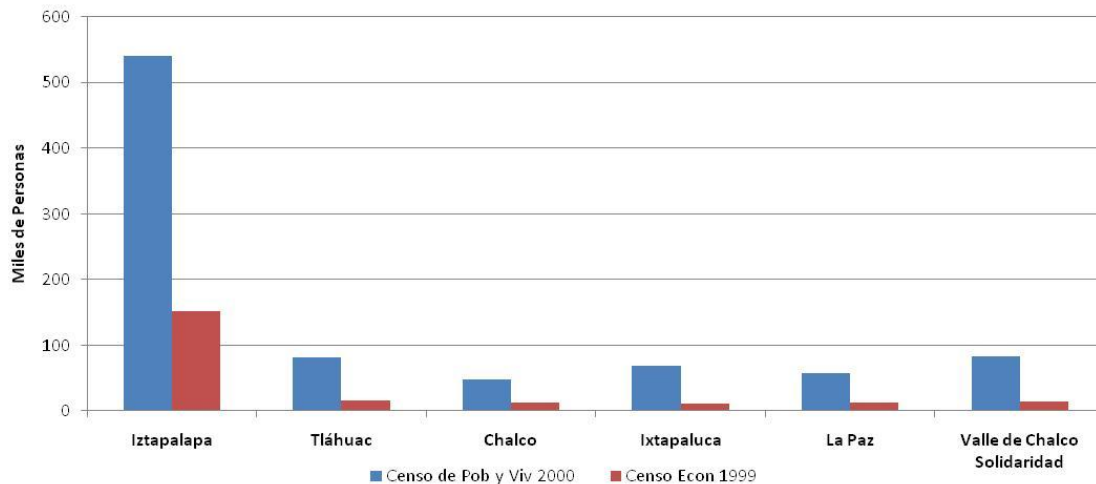
Figura 33 Tasas de crecimiento de las actividades económicas de la Zona de Estudio

TMCA. Municipios de Influencia			
	Manufacturas	Comercio	Servicios
Nombre del Mun.	1994-2009	1994-2009	1994-2009
Iztapalapa	0.44%	2.87%	7.51%
Tláhuac	1.91%	4.76%	7.79%
Chalco	2.31%	7.36%	9.33%
Ixtapaluca	3.03%	10.23%	12.97%
La Paz	-1.25%	5.92%	7.79%
Valle de Chalco Solidaridad	7.47%	5.66%	10.30%
Zona de Influencia Inmediata	0.84%	4.17%	8.09%
TMCA. Estados de Influencia			
	Manufacturas	Comercio	Servicios
Nombre del Mun.	1994-2009	1994-2009	1994-2009
Distrito Federal	-1.41%	1.95%	7.35%
México	1.76%	6.03%	7.79%
Estados de Influencia	0.23%	3.71%	7.46%
NACIONAL	2.44%	4.41%	7.31%

Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. Censos Económicos 1994, 1999, 2004, 2009.

En una comparación de las Actividades Económicas que existen en la Zona y la especialización de Mano de Obra en la Zona, esto es, las persona que físicamente trabajan en determinados sectores económicos en dicha zona se puede observar que existe una variación importante la cual representa la población que vive en los municipios de la Zona de Influencia pero trabaja fuera de esta Zona.

**Figura 34 Total de Actividades Económicas en la
Zona de Influencia Inmediata**



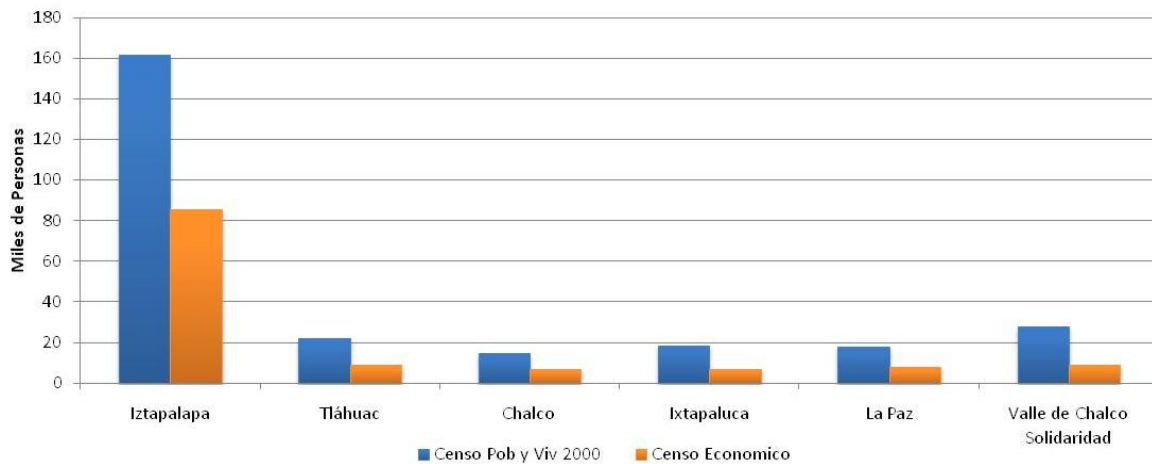
Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. Censos Económicos 1994, 1999, 2004, 2009 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Sector Comercio

En el municipio de Iztapalapa existe una diferencia importante, de 76 mil personas, las cuales viven en dicho municipio pero trabajan en zonas urbanas fuera de esta región.

En el municipio de Valle de Chalco existe una diferencia de 19 mil personas seguido de Tláhuac en donde esta diferencia es de 13 mil personas.

Figura 35 Comercio



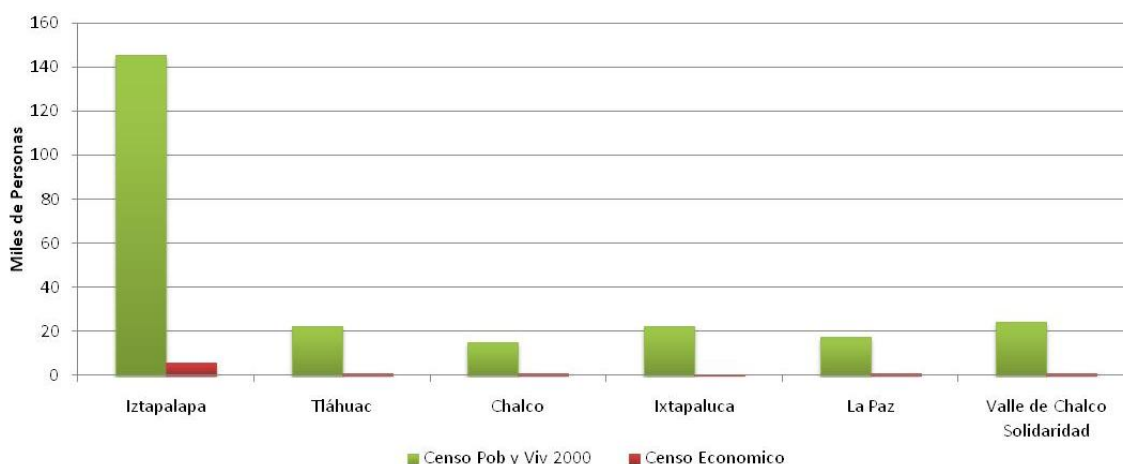
Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. Censos Económicos 1994, 1999, 2004, 2009 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Sector Manufactura

En cuanto a la Manufactura, Iztapalapa también es el municipio en donde más notablemente existe esta diferencia de personal ocupado, 140 mil personas que viven en dicho municipio no trabajan en el mismo.

En Tláhuac, Ixtapaluca y Valle de Chalco, alrededor de 20 mil personas salen de estos municipios a trabajar.

Figura 36 Manufactura

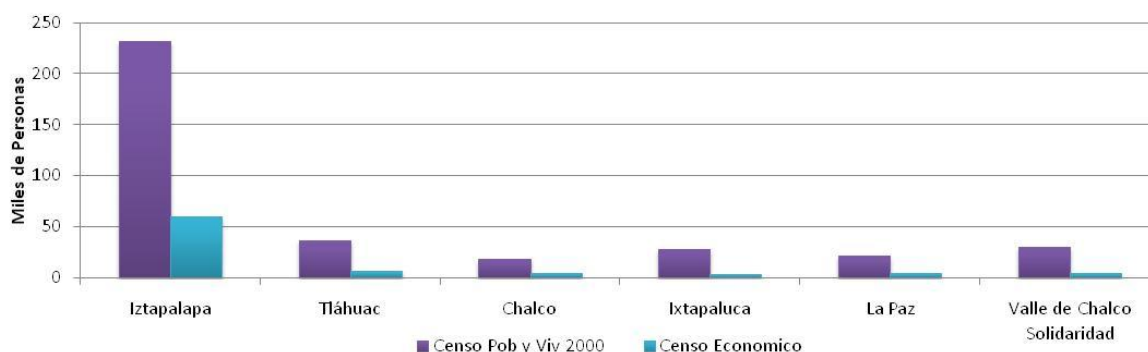


Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. Censos Económicos 1994, 1999, 2004, 2009 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Sector Servicios

La más grande diferencia que presenta el municipio de Iztapalapa es en el Sector Servicios, en donde 172 mil personas tienen que trasladarse a otros lugares en donde laboran. En el municipio de Tláhuac 30 mil personas presentan esta misma característica, de igual manera en Ixtapaluca y Chalco alrededor de 25 mil personas trabajan fuera de estos municipios.

Figura 37 Servicios



Fuente: Análisis FOA Consultores, con datos de INEGI. Censos Económicos 1994, 1999, 2004, 2009 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

2.2 Descripción de la situación actual optimizada

Ante la problemática existente del servicio de transporte público que actualmente se brinda en la zona de influencia del proyecto del Ferrocarril Suburbano Sistema 3 de la ZMVM, de no llevarse a cabo el Proyecto, se pueden emprender acciones para mejorar la operación y administración logrando que los servicios sean más ordenados. Entre estas acciones se encuentran las siguientes²:

- Reestructurar las rutas para el sistema público colectivo (urbano, suburbano, foráneo y metropolitano) con base en la demanda actual y futura del servicio, para reducir los tiempos de traslado.
- Fortalecer y actualizar el marco normativo, de modo que contribuya a reforzar la operación de transporte.
- Impulsar un servicio público de transporte accesible, eficiente, seguro y confiable a través de un nuevo esquema de operación mediante tarjeta de prepago.
- Consolidar la reestructuración del transporte público de mediana capacidad.
- Orientar la función del transporte público de baja capacidad como alimentador del transporte masivo.
- Establecer un programa integral de transporte público que permita regular el parque vehicular.
- Garantizar la seguridad de los pasajeros a través de la renovación del parque vehicular con unidades modernas.
- Coordinar esquemas de integración entre el servicio de transporte foráneo y el urbano y suburbano, mediante la ubicación y construcción de un sistema de puntos de transferencia mixtos.

²Plan de Desarrollo del Estado de México 2005-2011

- Mejorar la infraestructura vial regional mediante la ejecución de obras derivadas del impacto de los conjuntos habitacionales, comerciales e industriales.

La situación sin proyecto (optimizada) se caracteriza de forma detallada en la siguiente sección de oferta y demanda.

Tabla 6 Situación actual optimizada de la demanda

<i>Características de la Demanda</i>		Año 2012
TMCA de la Demanda (%)	%	3.14%
Pasajeros diarios totales (Miles)	pax/día laborable	358,304
	pax/día no laborable	295,601
Horas de operación / día en operación	hrsop /día op	19
Horas de operación Prdo Pico/ día en operación		2
Horas de operación Prdo Valle/ día en operación		17
Días laborables al año	días /año	311
Relación DNL/DL		83%
Pasajeros en HMD	pax/HMD/sentido/día	22,630
Pasajero en Periodo Pico	pax/PPD/sentido/día	46,459
Pasajeros en HVD	pax/HVD/sentido/día	7,805
Pasajero en Prdo. Valle	pax/PVD/sentido/día	132,693
Pasajeros Anuales (Millones)	pax/año	127.395
Distribución por modo de transporte		
% VAN		65.0%
% Midibuses		0.0%
% Autobuses		35.0%
PASAJEROS ANUALES		
VAN	pax/año	82.81
Midibuses	pax/año	0.00
Autobuses	pax/año	44.59
SUMA	pax/año	127.39

En la situación actual, la demanda de transporte de personas es atendida mediante una compleja red de rutas que captan pasajeros en las diferentes polos de origen y destino de la zona de estudio y que drenan finalmente a alguna de los corredores de transporte, principalmente la Autopista-México Puebla, la Carretera Federal México – Puebla y la Calzada Ermita – Ixtapalapa.

- Compleja red de 196 rutas de 5 600 km que drenan a alguno de los corredores de transporte, principalmente la Autopista-México Puebla, la Carretera Federal México – Puebla y la Calzada Ermita – Ixtapalapa.
- Sobreoferta en el parque vehicular, con mayores costos de operación, emisiones de contaminantes y congestión de las vialidades.
- Oferta de 8,265 unidades
 - Eurovan: 4,409
 - Combi: 1,688
 - Microbús: 616
 - Autobús: 1,552

Figura 38 Cobertura de las Rutas de Transporte Actual en la Zona de Estudio

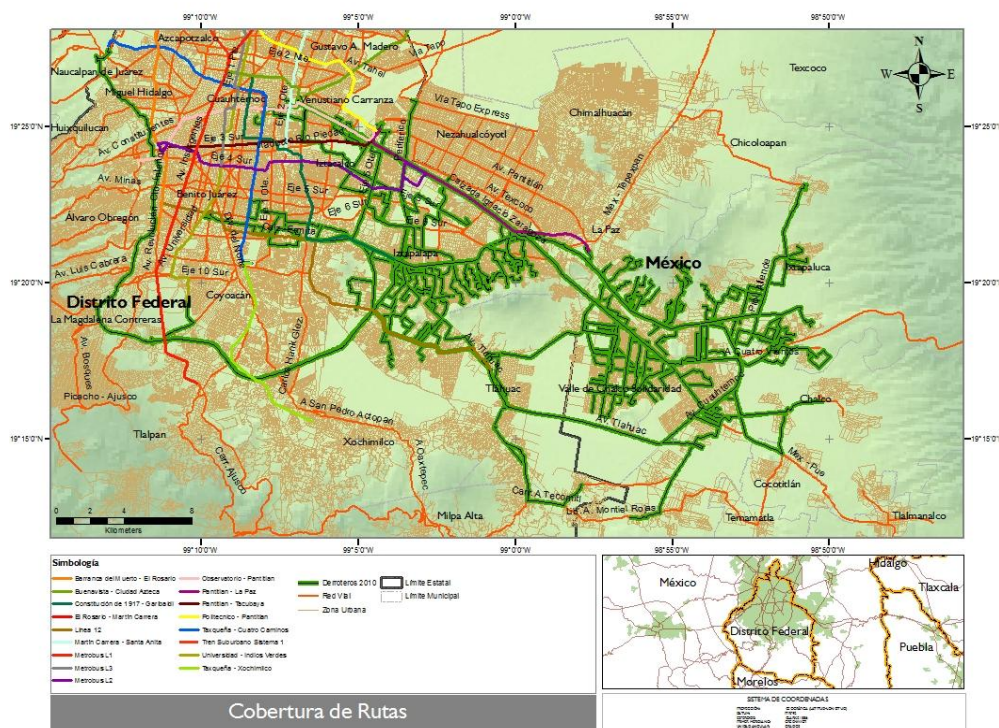
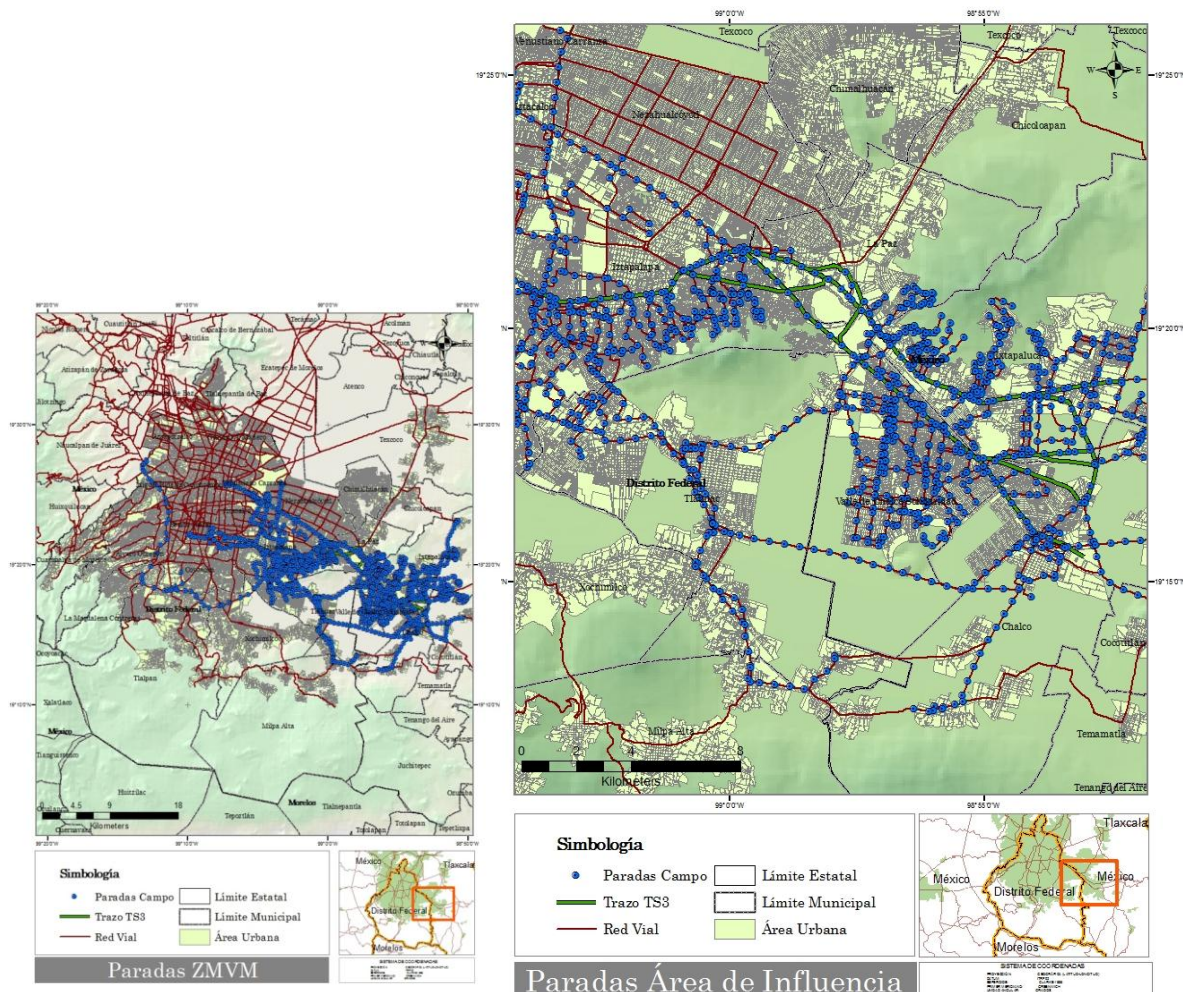


Figura 39 Paradas en la red de autobuses



La problemática existente en el corredor consiste en una sobreoferta en el parque vehicular, tanto en la hora de máxima demanda como en los periodos valle de la jornada. Lo anterior ocasiona mayores costos de operación, mayores emisiones de contaminantes y mayor congestión de las vialidades.

Las medidas de optimización presuponen un uso racional del parque vehicular. Es decir, sería necesaria una menor flota en operación, aun cuando se conserve la distribución porcentual por tipo de vehículo (Eurovan, combi, microbus y autobús normal). Con lo anterior se tendría un menor número de vehículos –km y, por tanto, menor consumo de combustibles, menores emisiones contaminantes a la atmósfera y menor congestión y accidentes.

**Tabla 7 Proyección de la Demanda y de la Oferta
Situación (Optimizada)**

	1	2	6	11	16	21	26	31
CONCEPTO	2012	2013	2017	2022	2027	2032	2037	2042
TMCA de la Demanda (%)	3.14%	3.14%	2.71%	2.39%	2.31%	1.93%	1.76%	1.76%
Pasajeros diarios totales	358,304	369,544	416,415	474,503	533,513	595,855	654,428	713,976
PASAJEROS ANUALES (Millones)								
VAN	82.81	85.40	96.24	109.66	123.30	137.71	151.24	165.00
Midibuses	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Autobuses	44.59	45.99	51.82	59.05	66.39	74.15	81.44	88.85
SUMA	127.39	131.39	148.06	168.71	189.69	211.86	232.68	253.85

La situación sin proyecto optimizada, traería consigo una menor congestión de las vialidades y la reducción de las externalidades asociadas (accidentes y emisiones contaminantes); sin embargo, lo anterior no redundaría en un beneficio tangible a los usuarios ya que éstos tendrían una menor oferta del servicio.

Las medidas de optimización presuponen:

- Un uso racional del parque vehicular con menor flota en operación
 - Concentración en 4,238 Van en sustitución de combis y micros
 - 391 autobuses
- Con lo anterior se tendría un 27% menos vehículos –km y, por tanto, menor consumo de combustibles, menores emisiones contaminantes a la atmósfera y menor congestión y accidentes.

Alternativamente, se pretende ofrecer un nuevo esquema de servicio de transporte público masivo en tramos específicos, que tengan un alto impacto en ahorros en los costos de operación de las empresas, en el tiempo de traslado de los usuarios y un abatimiento en las externalidades, como la emisión de contaminantes y en el número de accidentes.

Lo anterior, debido a la disminución de vehículos-kilómetro, generado por el reemplazo de la flota actual de transporte en el corredor (autobuses mayormente) por un equipo de

mayor capacidad (Mayor concentración de autobuses, bi-articulados) y mejores características, que incorpore nuevos esquemas tecnológicos de operación y cobro.

Es importante señalar que la situación sin proyecto optimizada está acotada a una cierta mejora, pero por las propias características de la zona de donde proviene la demanda está limitado el uso de equipo de mayor capacidad, toda vez que muchas de estas zonas tiene una fuerte pendiente y una estructura vial estrecha y desarticulada, como son la Sierra de Santa Catarina, y la Zona Norte de Ixtapaluca.

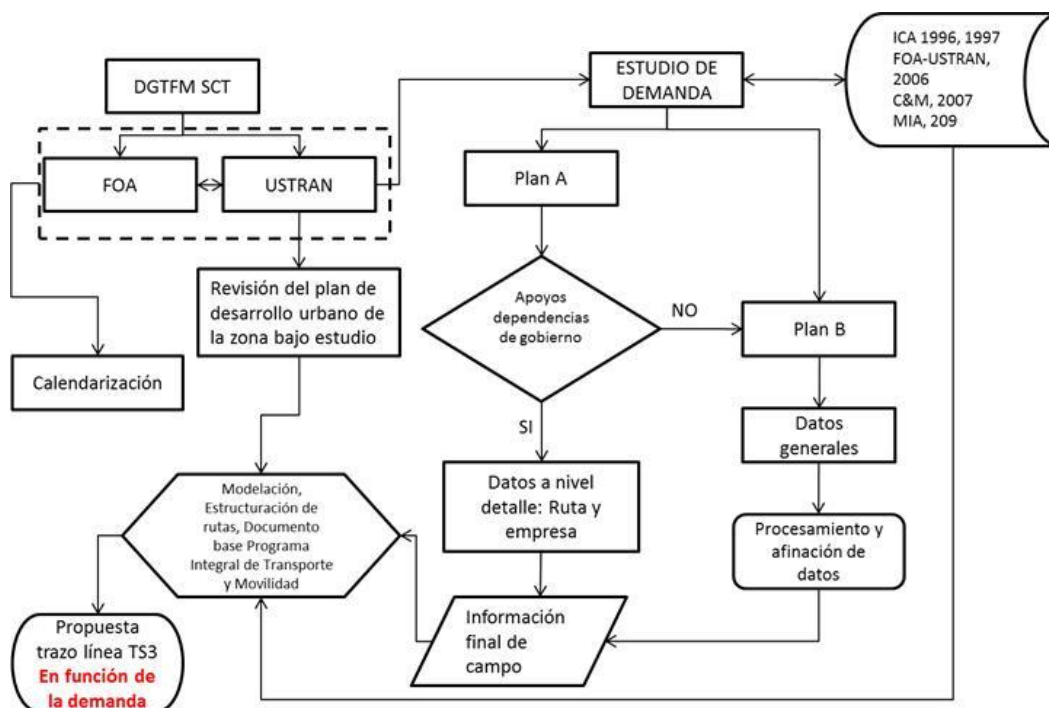
Por otra parte el propio planteamiento de imagen objetivo para la carretera México – Puebla restringirá el uso que actualmente hace el transporte público por los carriles centrales de la autopista para orientarlo a calles laterales locales. Esta situación seguramente disminuirá la velocidad comercial promedio actual, exacerbando los impactos negativos de este escenario.

2.3 Análisis de la oferta y demanda de la situación sin proyecto

2.3.1 Metodología del Estudio de Demanda y Trabajos de campo realizados

Para llevar a cabo el estudio de demanda para el Sistema 3 del Tren Suburbano se recurrió a la metodología aceptada par este tipo de trabajos y que incluye principalmente las actividades de recopilación y análisis de estudios previos en el área de estudio, utilización de información oficial O-D (INEGI), levantamiento de información en campo, construcción y calibración de un modelo de redes para simular la condición actual y futura, con y sin proyecto, análisis de sensibilidad de la demanda a la variables clave, así como un estrategia de re ordenamiento de rutas de transporte alimentador para el proyecto. La siguiente figura muestra la metodología general utilizada.

Figura 40 Metodología de trabajo



Fuente: USTRAN

Revisión de los estudios disponibles

La zona de estudio ha sido ampliamente estudiada en el pasado y en todos los casos se confirma una importante demanda de este sector que requiere una solución de movilidad adecuada

Los resultados de demanda de los diferentes estudios se normalizaron para el año base del proyecto que sería el 2012. La normalización se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 8 Estudios de demanda realizados para la zona de estudio

Demanda Normaliza al Año Base -- 2012					
Alternativa	ICA 1996	Plan Maestro de Transporte Eléctrico	FOA USRTAN 2006	C&M POYVRY 2007	MIA 2009
Chalco-Constitución de 1917	286,753	292,101	203,811		
Chalco-La Paz			227,200	221,683	193,962
Xico-La Paz			41,933		
Xico-Villa de Aragón			170,456		
Chalco-Villa de Aragón			295,678	438,791	366,275
Chalco-Estación Puebla			404,673		
Chalco-Santa Marta			232,635		
La Paz-Nezahualcoytl					217,503
Neza- San Rafael					75,678

Fuente: Análisis FOA Consultores con base en información integrada en el estudio de demanda de USTRAN, marzo 2011.

Nota: Estas demandas de estudios previos deben verse con cautela toda vez que en algunos casos resultan de análisis iniciales y que por diversas razones no continuaron explorándose. Sin embargo, marcan pautas que deben ser revisadas a la luz de un nuevo estudio. La demanda señalada en el Plan Maestro de Transporte Eléctrico corresponde al pronóstico para 2020. En los demás casos, para el año base.

Levantamiento de información de campo

El estudio de demanda incluyó la realización de un importante levantamiento de información en campo, incluyendo estudios de frecuencia y carga (FyC), Cierre de Circuitos (CC), Ascenso – Descenso (AD), Origen – Destino abordo en unidades de transporte público y en metro (O-D), encuestas de preferencia declarada (PD) y aforos automáticos.

En la siguiente tabla se muestra el alcance de los estudios de campo realizados.

Tabla 9 Trabajos de campo realizados

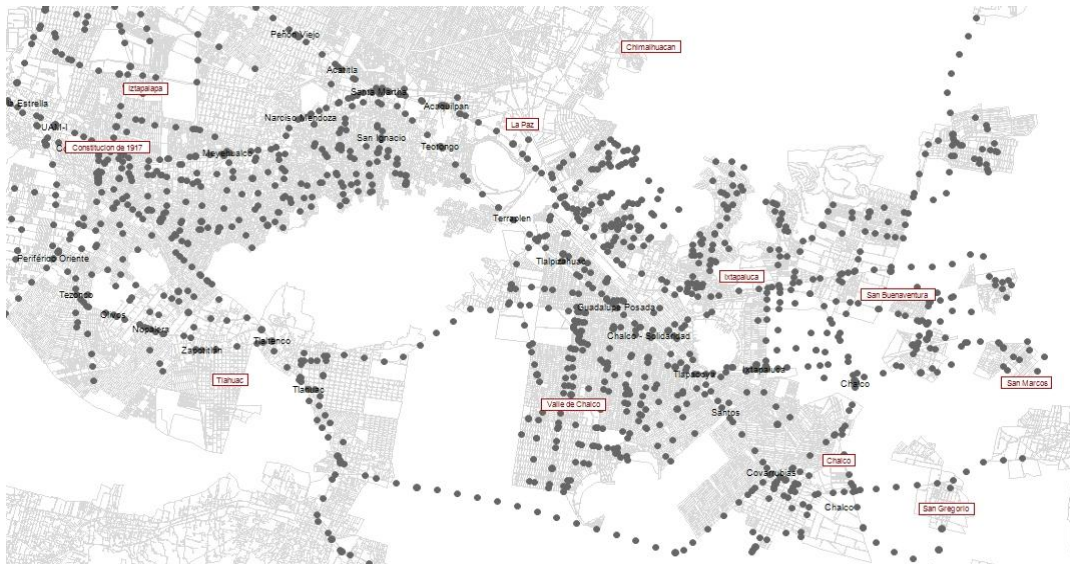
Estudios	Contratado	Propuesto
FyC	29 puntos	29 puntos
CC	160 rutas	196 rutas
A/D	2600 corridas	3140 corridas
O-D abordó	13000 encuestas	13000 encuestas
O-D metro (interceptación)	1500 encuestas	1500 encuestas
PD	2500 abordó del TP	1920 abordó del TP
		580 en tres CETRAMs
	1500 Automovilistas	1500 Automovilistas
	500 T.P Foráneo	500 T.P Foráneo
Aforos automáticos	4 Estaciones maestras	4 Estaciones maestras

Fuente: Estudio de Demanda del TS3, USTRAN, 2011. Nota: A la fecha de este reporte, USTRAN había completado el 70% de los trabajos con fecha de terminación programada para el 18 de marzo.

Consideraciones para la realización de los estudios de campo:

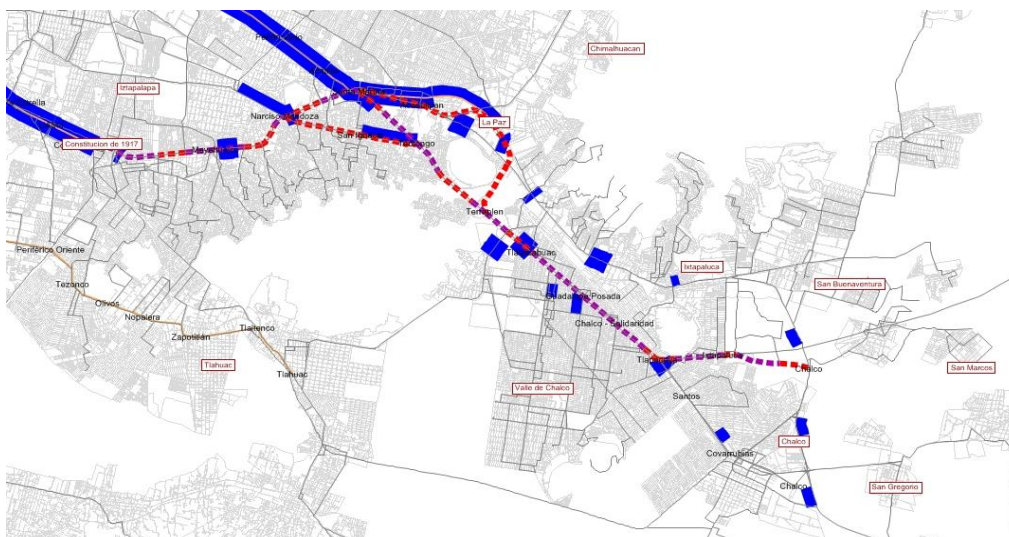
- Elementos de la red vial analizada: 3,110 nodos, 4,308 enlaces, 340 zonas y 7 sistemas de transporte representados
- Elementos de la red de transporte público: 1909 paradas de transporte

Figura 41 Elementos de la red de transporte: 1909 paradas



- Para el estudio de frecuencia y carga: se incluyó información de 29 puntos de frecuencia y carga. Esta información es utilizada para validar la calibración del modelo en términos del número pasajeros y vehículos que se transitan por cada punto.

Figura 42 Mapeo del estudio de frecuencia y carga



2.3.2 Situación actual de la demanda

Tabla 2. Población en área de influencia inmediata de estaciones (500 m)

Variables	Datos en área de influencia directa de estaciones 500m
Población	250,274
Hogares	59,888
Empleos	95,784

La problemática identificada en el área de influencia del proyecto es la siguiente:

- Conectividad limitada entre Chalco y Valle de Chalco e Ixtapaluca
- Desequilibrio entre población y empleos
- Tiempos de recorrido elevados
- Alto número de transbordos
- Líneas A y 8 en operación actualmente con remanentes del orden del 2 al 5% de total de viajes
- Infraestructura vial limitada en Chalco
- El 60% de las unidades de transporte son irregulares

Los trazos propuestos coinciden con los corredores de demanda de la zona oriente hacia el Centro de la Ciudad.

Figura 43 Ubicación de orígenes de viajes en periodo matutino

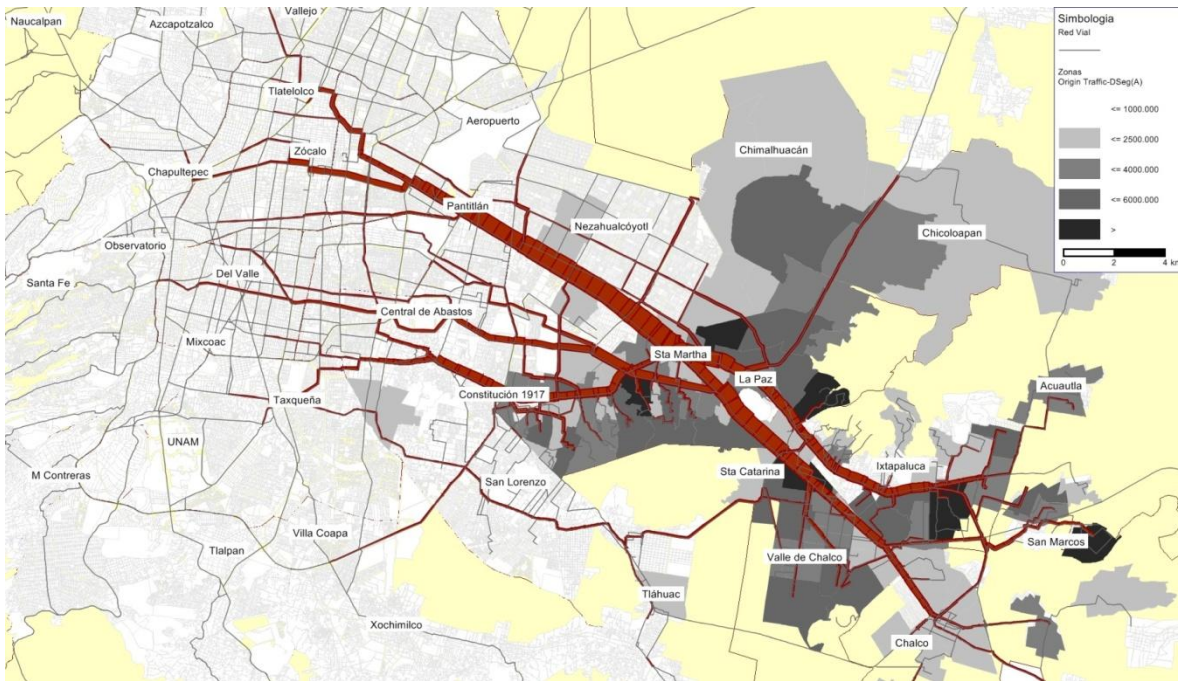
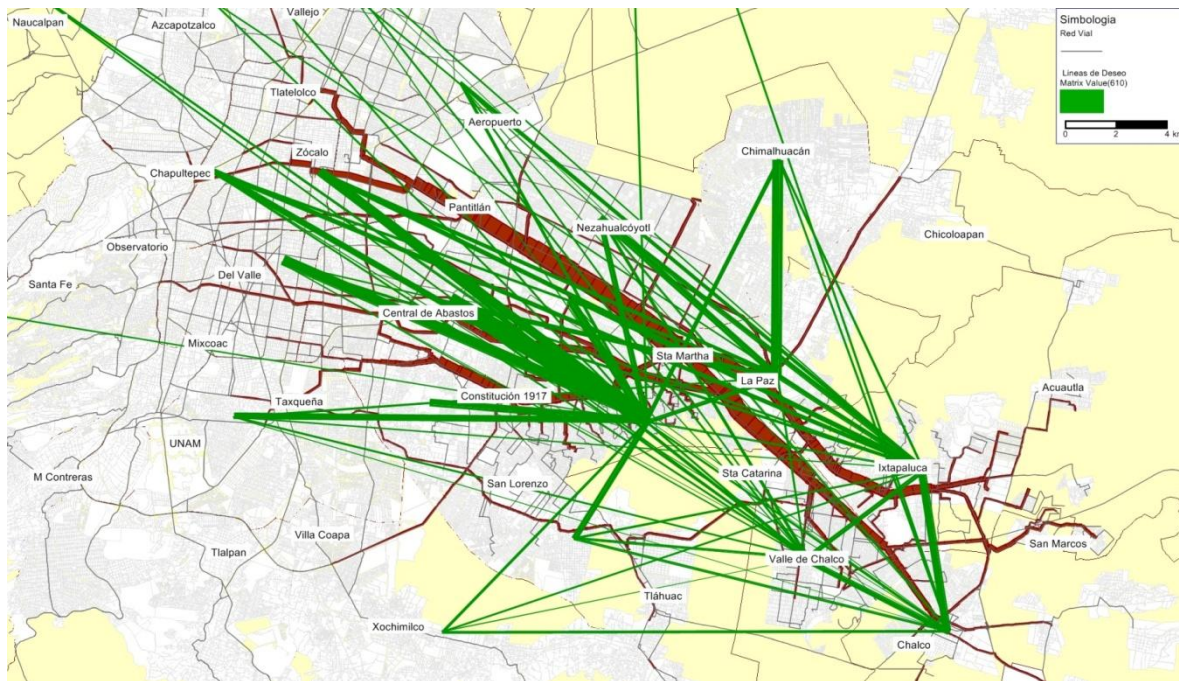


Figura 44 Ubicación de destinos de viajes en periodo matutino



Figura 45 Líneas de deseo en periodo matutino



Caracterización de la demanda

- La mayoría de viajes son con motivo trabajo, seguidos por el motivo estudio.
- Así mismo, la mayoría de los viajes se dan en transporte colectivo, seguidos por el metro y el automóvil.
- El mayor porcentaje de viajes es de entre 0 y 30 minutos. El tiempo de viaje promedio de los habitantes en la zona es de 74 minutos.
- Más del 34% de los viajes tienen un tiempo de viaje mayor de 1 hora.
- 40% de los hogares tienen un ingreso menor a los 5,000 pesos mensuales.

Figura 46 Caracterización de la demanda

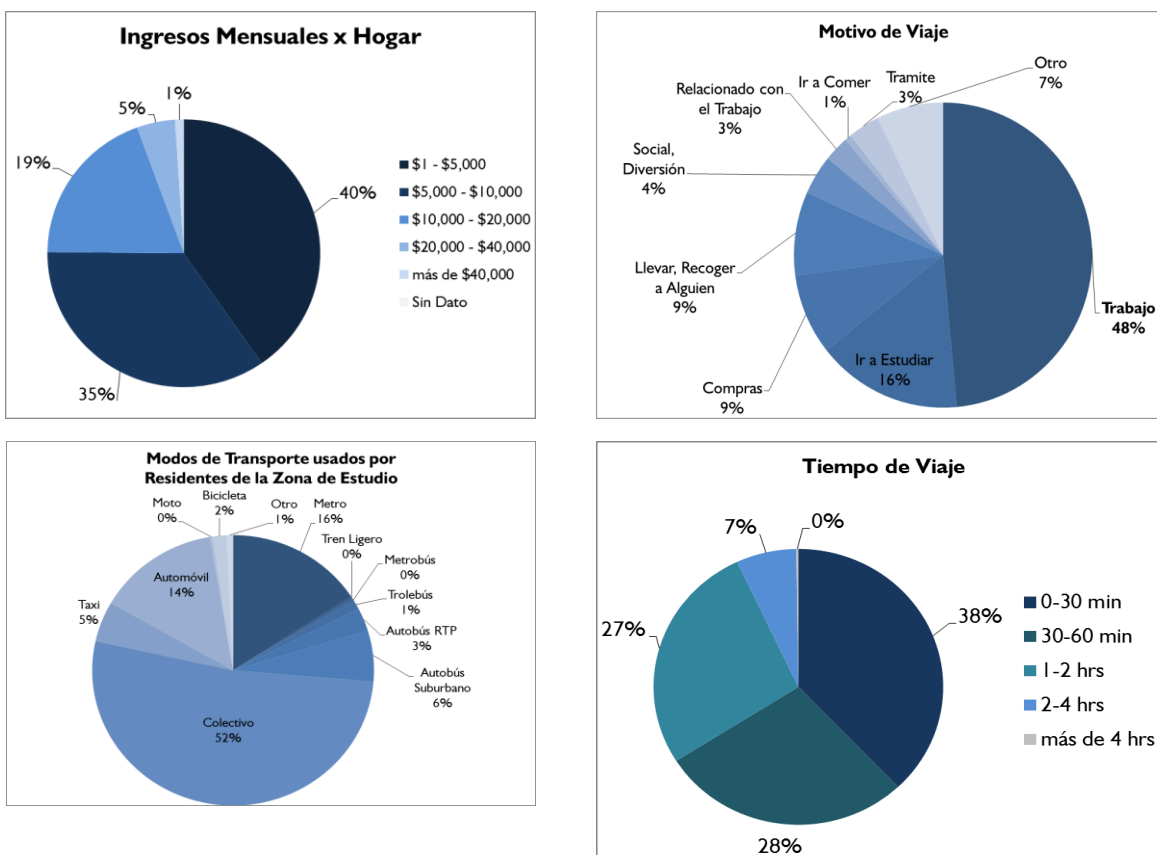


Tabla 10 Valor del tiempo por nivel de ingresos

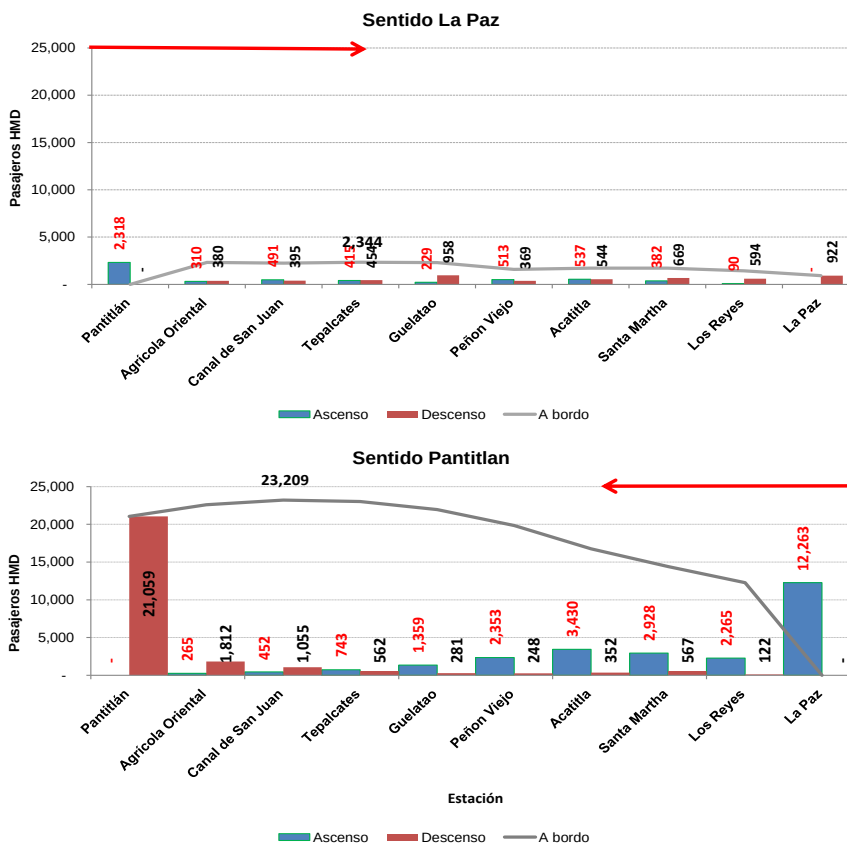
Tipo de Viaje		Tiempo en el Vehículo					
		Ingreso Bajo	% de respuestas	Ingreso Medio	% de respuestas	Ingreso Alto	Promedio Total
A bordo	DF Corto	\$11.12	55.70%	\$15.44	35.44%	N/A	\$13.00
	DF Largo	\$15.55	50.89%	\$16.85	42.45%	\$14.33	\$16.04
	Edo Mex Corto	\$9.15	57.07%	\$12.11	39.27%	\$10.61	\$10.43
	Edo Mex Largo	\$13.38	41.14%	\$14.06	48.83%	\$15.04	\$13.82
Autos		\$18.30	12.91%	\$25.80	54.95%	\$23.20	\$23.8

Notas: El valor de los porcentajes puede no ajustar a 100% debido a observaciones atípicas o con valores en blanco. **Ingreso Bajo** = \$0 a \$3,500; **Ingreso Medio** = \$3,501 a \$8,600; **Ingreso Alto** = \$8,601 a más de \$17,000.

Movimiento actual en el Sistema de transporte Colectivo Metro

- La mayoría de viajes son con motivo trabajo, seguidos por el motivo estudio.
- Así mismo, la mayoría de los viajes se dan en transporte colectivo, seguidos por el metro y el automóvil.

Figura 47 Polígono de carga línea A STC Metro



Distancia media recorrida por el usuario = 5.1km

Distancia media recorrida por el usuario = 9.5km

Figura 48 Remanentes línea A STC Metro

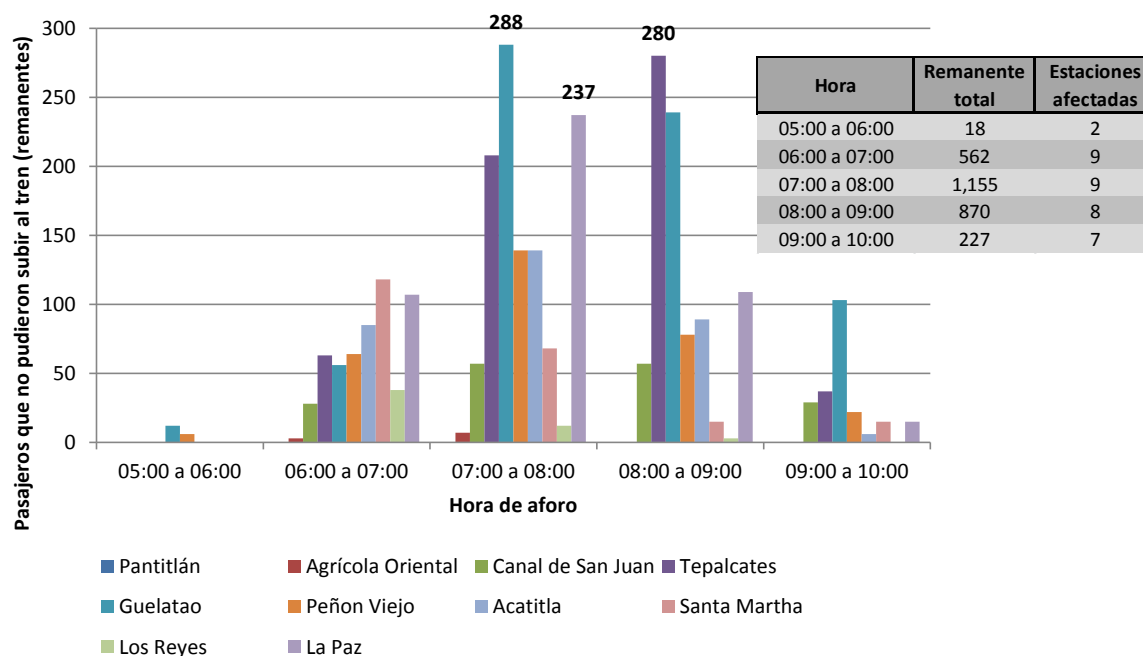
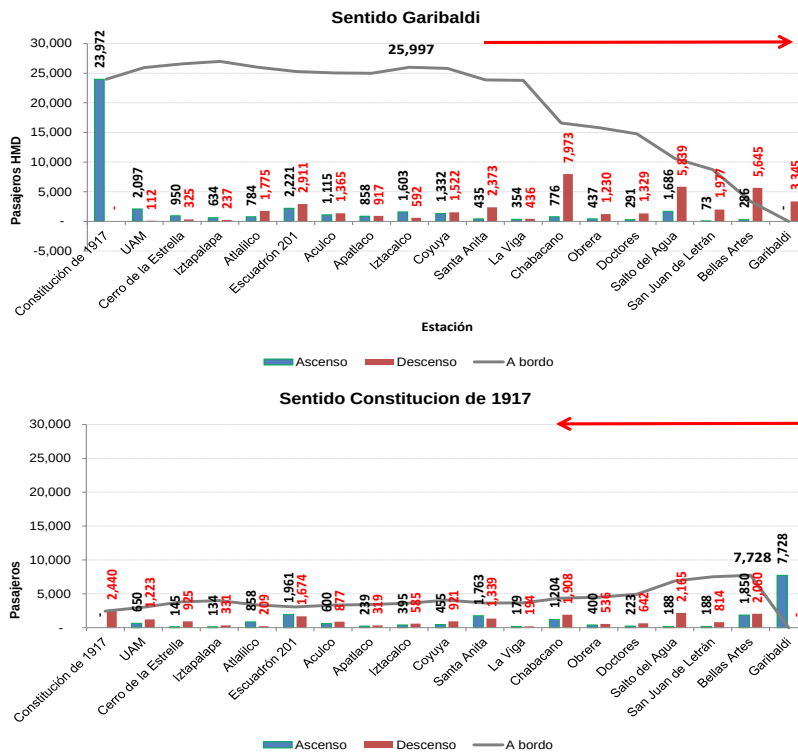


Tabla 11 Comportamiento Línea A STC Metro HMD (07:00 a 08:00hrs)

Estación	Ascensos HMD sentido Pantitlán	Ascensos HMD sentido La Paz	Suma	Afluencia diaria [lunes, 31.01.11]	Porcentaje HMD	Direccionalidad Pantitlán	Direccionalidad La Paz
Pantitlán	-	2,318	2,318	154,698	1.5%	0%	100%
Agrícola Oriental	265	310	575	9,413	6.1%	46%	54%
Canal de San Juan	452	491	943	12,750	7.4%	48%	52%
Tepalcates	743	415	1,158	15,578	7.4%	64%	36%
Guelatao	1,359	229	1,588	14,835	10.7%	86%	14%
Peñon Viejo	2,353	513	2,866	14,999	19.1%	82%	18%
Acatitla	3,430	537	3,967	17,162	23.1%	86%	14%
Santa Martha	2,928	382	3,310	22,848	14.5%	88%	12%
Los Reyes	2,265	90	2,355	21,057	11.2%	96%	4%
La Paz	12,263	-	12,263	33,660	36.4%	100%	0%
TOTAL	26,058	5,285	31,343	317,000	9.9%	83%	17%

Figura 49 Polígono de carga Línea 8 STC Metro



Distancia media recorrida por el usuario = 10.3km

Distancia media recorrida por el usuario = 4.4km

Figura 50 Remanentes Línea 8 STC Metro

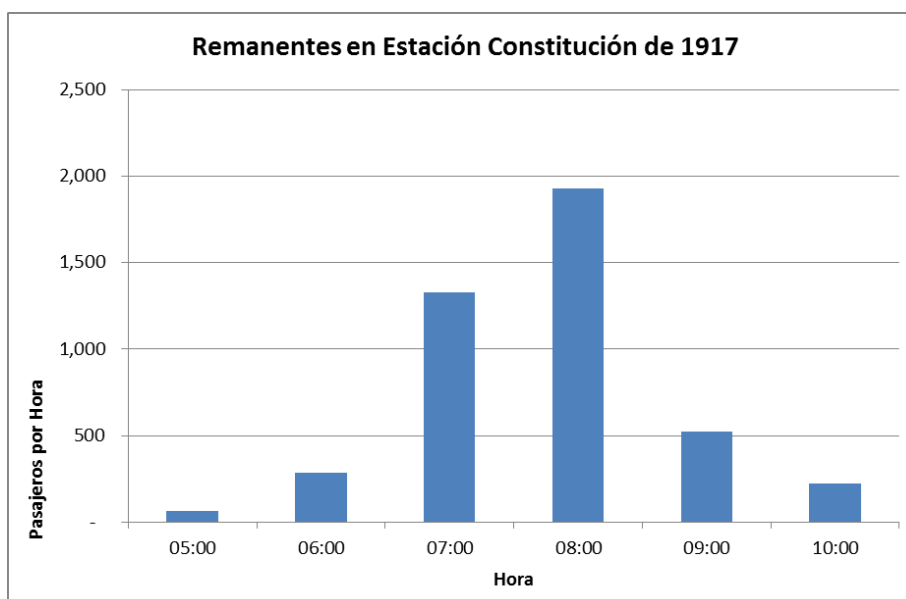


Tabla 12 Comportamiento L8 STC Metro HMD (07:00 a 08:00hrs)

Estación	Ascensos HMD sentido Garibaldi	Ascensos HMD sentido Constitución 1917	Suma	Afluencia diaria [martes, 01.02.11]	Porcentaje HMD	Direccionalidad Garibaldi	Direccionalidad Constitución 1917
Constitución de 1917	23,972	-	23,972	114,263	21.0%	100%	0%
UAM	2,097	650	2,747	31,759	8.6%	76%	24%
Cerro de la Estrella	950	145	1,096	11,909	9.2%	87%	13%
Iztapalapa	634	134	768	9,358	8.2%	82%	18%
Atlatilco	784	858	1,642	14,341	11.4%	48%	52%
Escuadrón 201	2,221	1,961	4,181	27,016	15.5%	53%	47%
Aculco	1,115	600	1,715	12,496	13.7%	65%	35%
Apatlaco	858	239	1,096	7,320	15.0%	78%	22%
Iztacalco	1,603	395	1,998	21,474	9.3%	80%	20%
Coyuya	1,332	455	1,787	22,721	7.9%	75%	25%
Santa Anita	435	1,763	2,199	6,180	35.6%	20%	80%
La Viga	354	179	533	6,974	7.6%	66%	34%
Chabacano	776	1,204	1,980	2,609	75.9%	39%	61%
Obrera	437	400	837	13,126	6.4%	52%	48%
Doctores	291	223	514	13,313	3.9%	57%	43%
Salto del Agua	1,686	188	1,875	16,586	11.3%	90%	10%
San Juan de Letrán	73	188	261	30,941	0.8%	28%	72%
Bellas Artes	286	1,850	2,136	18,829	11.3%	13%	87%
Garibaldi	-	7,728	7,728	17,523	44.1%	0%	100%
TOTAL	39,903	19,161	59,064	398,738	14.8%	68%	32%

2.3.3 Tramos analizados para la estimación de demanda

El estudio de demanda partió del análisis de los trazo propuestos por la SCT, de Chalco – Santa Martha – Constitución de 1917, denominado trazo A, y Chalco La Paz - Constitución de 1917, denominado trazo B.

Adicionalmente, se analizaron trazos alternos que pudieran incrementar la captación de demanda.

En la siguiente figura se muestra el conjunto de tramos analizados y la cobertura de las estaciones en un radio de 500m.

Figura 51 Tramos considerados en el estudio de demanda

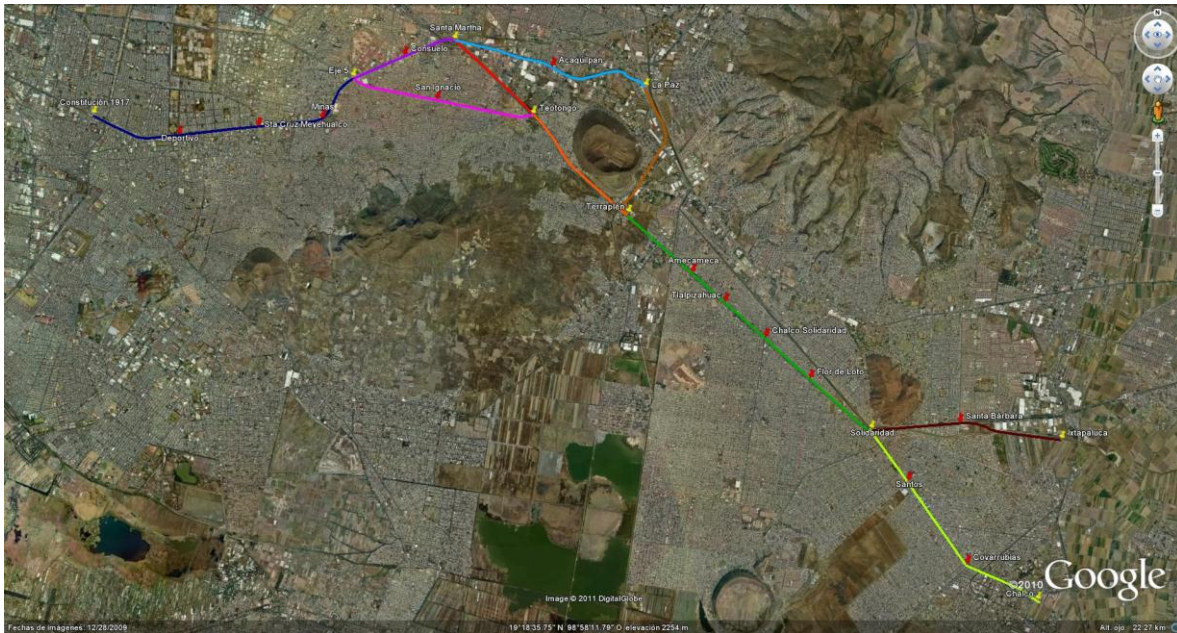


Figura 52 Cobertura de estaciones (500m)

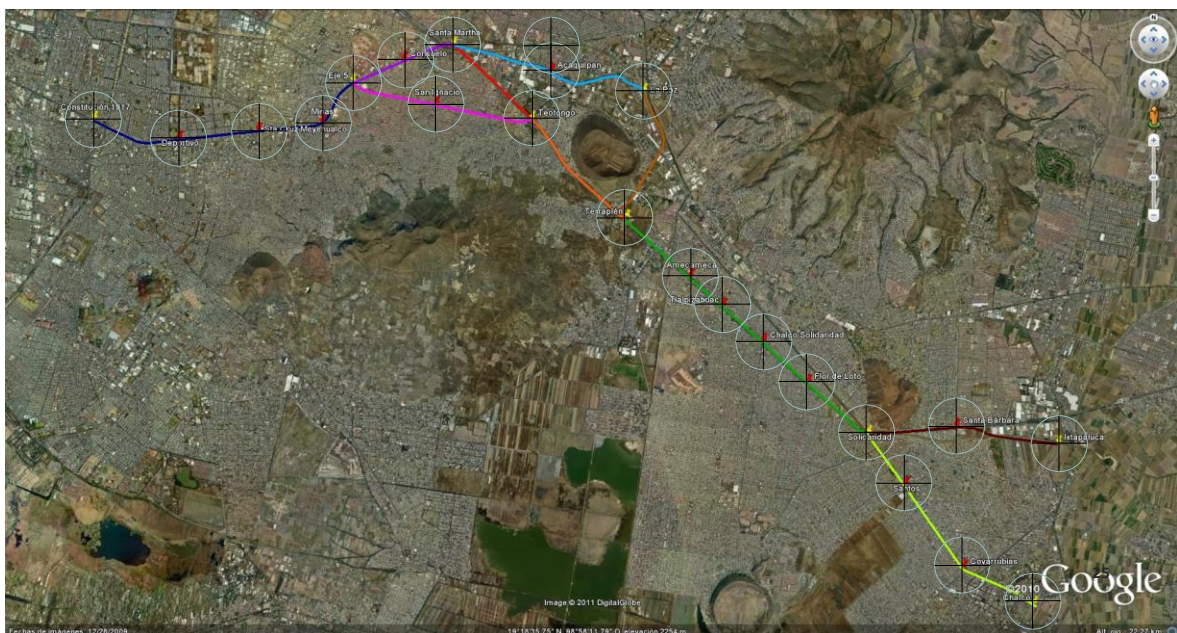


Tabla 13 Datos de población y socioeconómicos por estación

Estación	No. Manzanas	Población Total	No. Hogares	No. Empleos	Ingreso mensual promedio por área	Ingreso mensual promedio por manzana	No. Hogares pobres
Acahualtepec	72	13,216	3,636	6,051	321,184	4,461	186
Acaquilpan	38	8,010	1,878	3,013	231,658	6,096	170
Acaquilpan2	81	16,165	3,887	6,073	329,354	4,066	323
Amecameca	179	11,945	2,721	4,387	53,217	297	322
Aztahuacan	71	14,534	3,499	5,747	204,917	2,886	289
Chalco	baldío	sin población	baldío	baldío			
Chalco 1	26	2,508	597	874	116,979	4,499	33
Chalco-Solidaridad	137	11,288	2,529	4,205	61,293	447	325
Constitución	171	14,817	3,723	6,136	149,293	873	65
Consuelo	52	12,373	2,893	4,591	207,351	3,988	343
Covarrubias	105	10,871	2,506	3,731	99,110	944	322
Deportivo	107	12,851	3,086	4,903	152,074	1,421	125
Flor de Loto	136	13,983	3,148	4,912	78,051	574	458
Ixtapaluca	84	7,277	1,595	2,290	54,832	653	229
La Paz	30	2,858	660	977	124,843	4,161	81
San Ignacio	124	21,409	5,132	8,525	157,752	1,272	551
Santos	131	14,860	3,362	5,133	83,251	636	669
Solidaridad	86	9,288	2,640	4,037	97,538	1,134	488
Sta Cruz Meyehualco	114	14,313	3,355	5,603	132,132	1,159	251
Sta Martha	117	13,501	3,071	5,144	115,648	988	209
Teotongo	67	10,048	2,806	4,386	140,077	2,091	353
Terraplen	26	2,988	674	1,043	73,253	2,817	162
Tlalpizahuac	134	11,170	2,489	4,022	60,726	453	420
Se consideran áreas separadas para ambas paradas en Acaquilpan							

2.3.4 Supuestos y consideraciones para la estimación de demanda

Los resultados incluyen las siguientes consideraciones:

- Se utiliza la matriz INEGI OD 2007 actualizada al año 2010 con información censal y ajustada por datos de Frecuencia y Ocupación Visual

Figura 53 Chalco

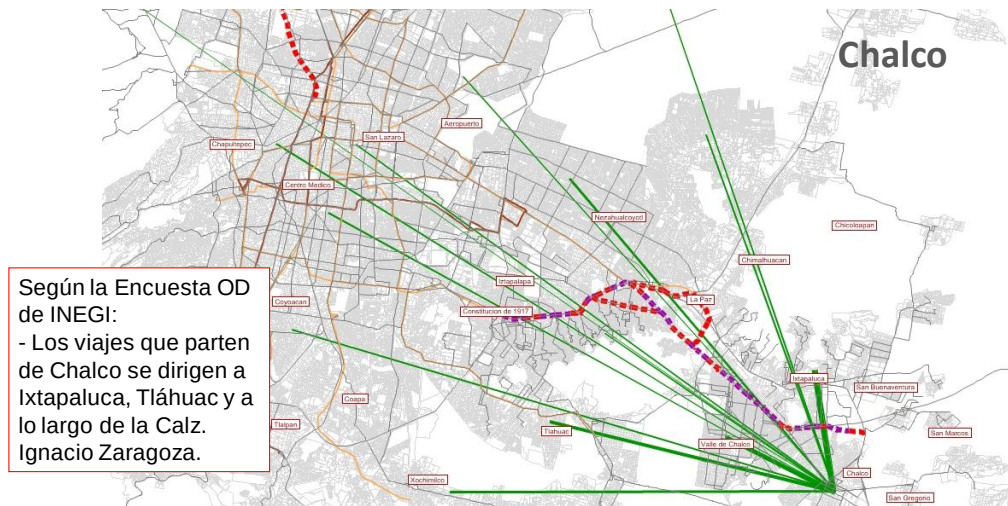


Figura 54 Iztapalapa Norte - Oriente

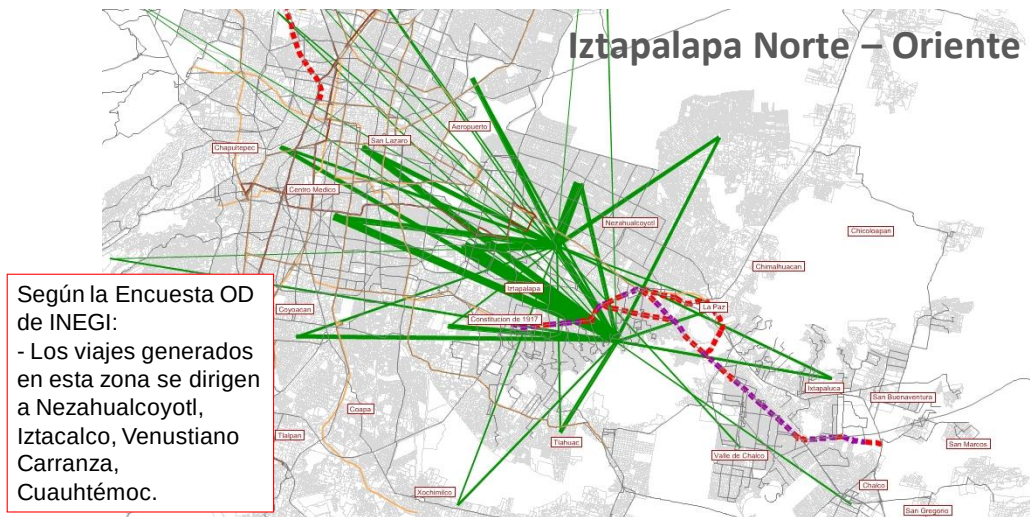


Figura 55 Valle de Chalcco

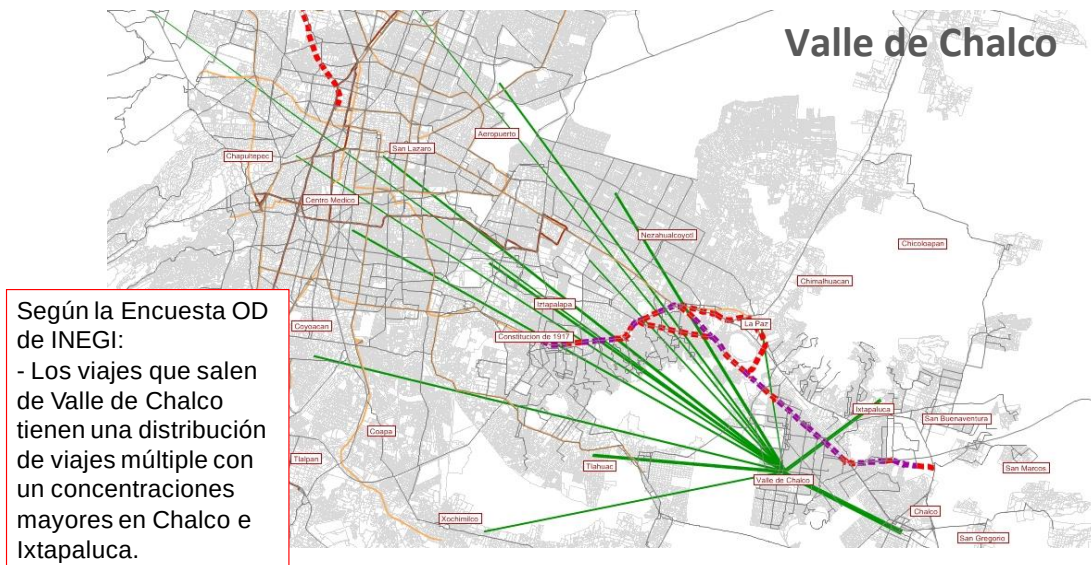


Figura 56 La Paz

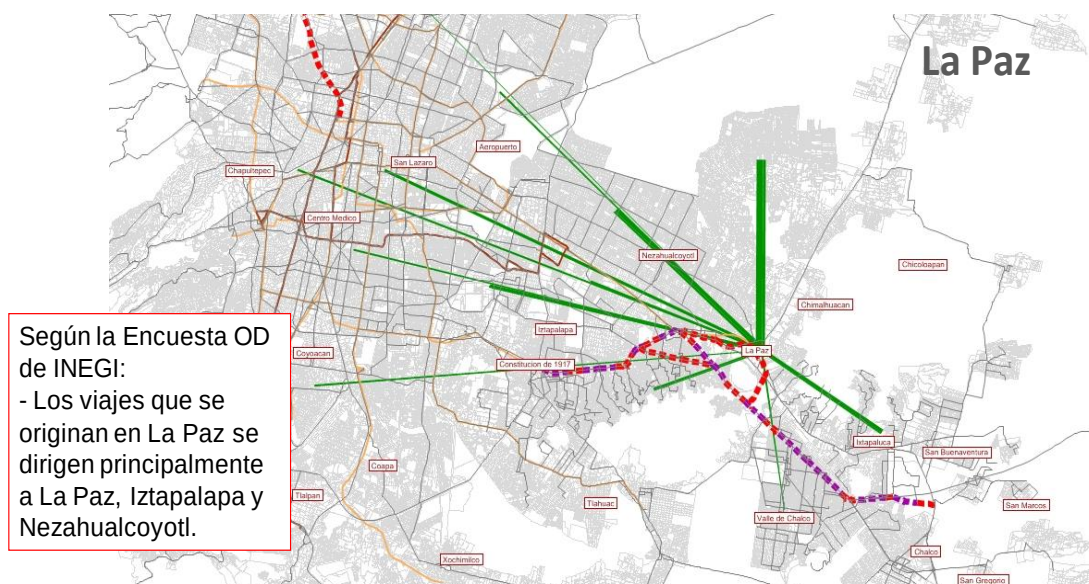


Figura 57 Chimalhuacán

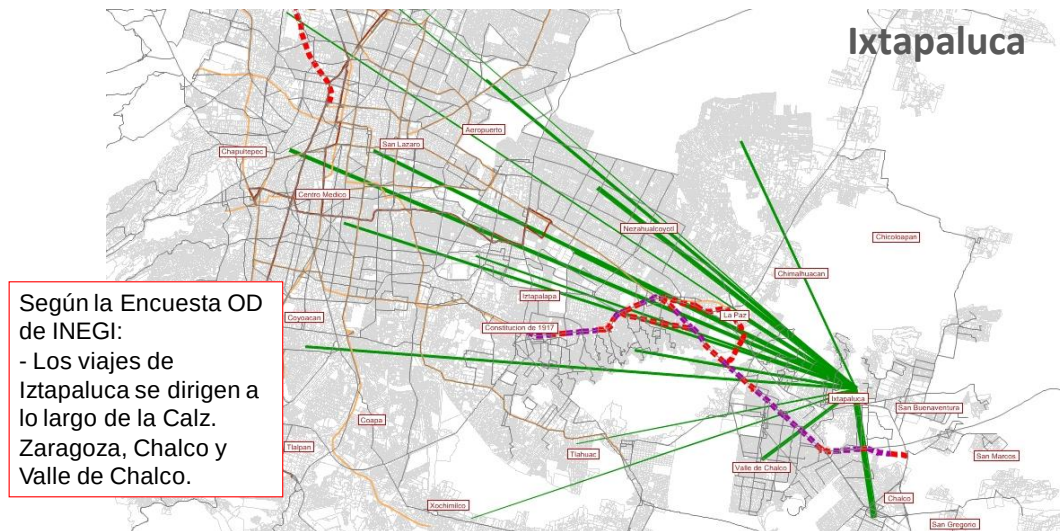
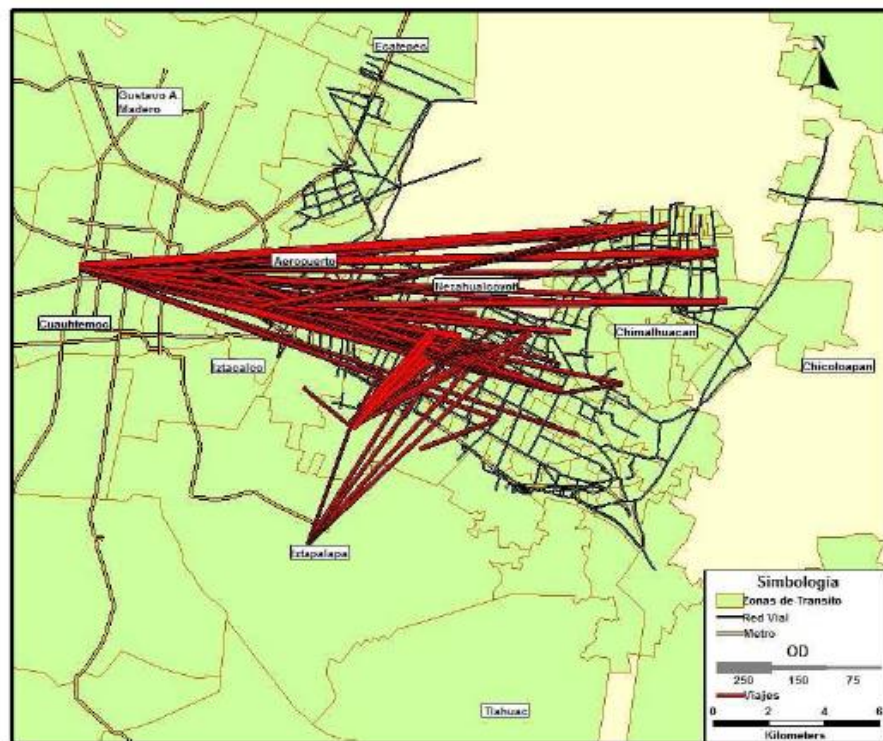


Figura 58 Ixtapaluca



- A partir de la revisión al estudio del BRT de Chimalhuacán realizado por Transconsult se llegó a lo siguiente:
 - Ninguna ruta de transporte cruza la Calz. Zaragoza hacia Mtro Constitución de 1917 proviene de Chimalhuacán, Chicoloapan o Texcoco.
 - Las rutas de deseo identificadas por Transconsult no tienen destino en Iztapalapa.
 - En el periodo de máxima demanda, 1,020 viajes tienen origen o destino en Texcoco o Chicoloapan dentro de las rutas de influencia del BRT.
 - De la misma forma, se encontraron menos de 600 viajes con destino con el potencial de ser servido por el TS3

Los supuestos establecidos para la estimación de demanda en el caso base de análisis son los siguientes:

- Las tarifas utilizadas en la modelación del proyecto son similares a las existentes en el transporte público del Estado de México y el Distrito Federal.
 - En el Estado de México
 - Hasta 5 kilómetros \$7.00
 - Cada kilómetro adicional \$0.16
 - En el Distrito Federal
 - Microbuses y Combis
 - Hasta 5 kilómetros \$3.00
 - De 5 a 12 kilómetros \$3.50
 - Más de 12 kilómetros \$4.00
 - Autobuses
 - Hasta 12 kilómetros \$4.00
 - Más de 12 kilómetros \$5.00
- Velocidades de operación estimadas por SINTRA.
- Matrices origen – destino basadas en información de INEGI
- Modelo calibrado con información de campo recopilada en estudios de Frecuencia y Carga.

De acuerdo con la encuestas realizadas en el estudio de demanda, el costo promedio es de 15.75 pesos incluyendo todos los elementos de la cadena de viaje de los encuestados y usuarios. La composición de pares origen destino entre el Distrito Federal y el Estado de México se muestra en la siguiente tabla, en donde se indica la distribución de viajes y su costo.

Tabla 14 Pares OD de usuarios potenciales del TS3

Distribución de Viajes	Distrito Federal	Estado de México
Distrito Federal	35.03%	8.43%
Estado de México	46.14%	10.40%

Costo de Viaje	Distrito Federal	Estado de México
Distrito Federal	\$12.68	\$17.23
Estado de México	\$17.25	\$18.26

Fuente: USTRAN

2.3.5 Demanda del proyecto

Se llevó a cabo una evaluación integral técnico- económica de las distintas alternativas de trazo considerando para ello la demanda, inversiones, indicadores de desempeño del sistema. Este procedimiento se aborda con más detalle en el apartado de análisis de alternativas.

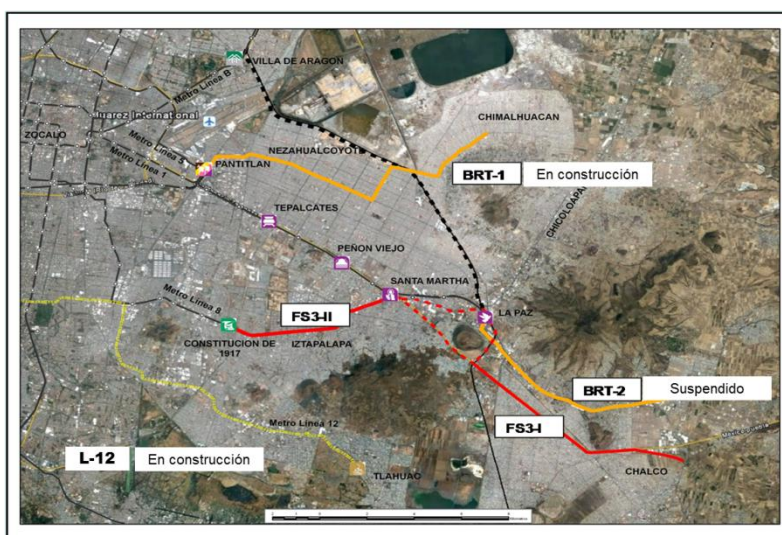
Para el trazo seleccionado, se elaboró la estimación de demanda con las siguientes:

Consideraciones para la demanda caso base

- Integración tarifaria como condicionante principal:
 - Tarifa transporte troncal TS3 considerada por zonas:
 - DF (\$4.00 por pax)
 - Edo Mex (\$5.5 por pax primeros 5 km + \$0.3 por km adicional)

- Considera alimentación con nuevas rutas en complemento a rutas actuales y sus tarifas
(7.0 Km primeros 5km + 0.16 km adicional)
- Modelo de redes basado en encuesta O-D 2007 expandida a 2010, calibración con línea A y 8 del STC-Metro, y trabajos de campo y encuestas en el transporte público actual.
- Considera presencia de línea 12 del metro y BRT Chimalhuacán-Neza-Pantitlán.

Figura 59 Consideración de Otros proyectos de Transporte Masivo



Escenario de crecimiento de la demanda

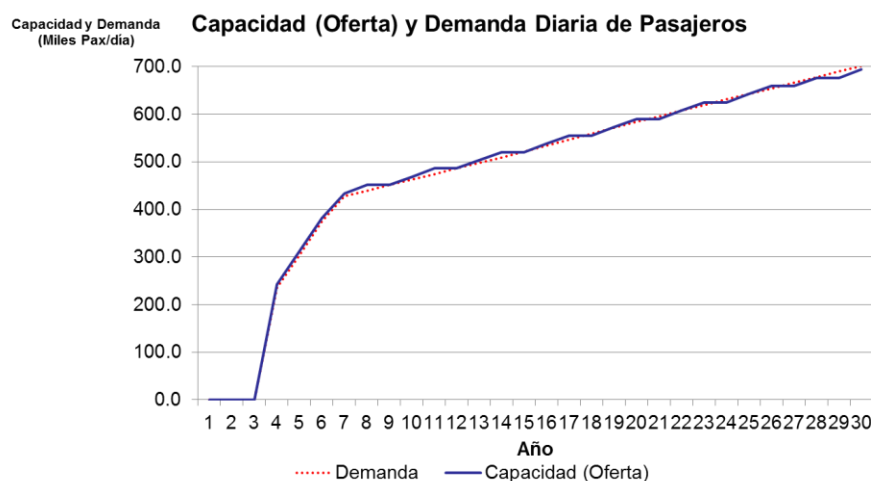
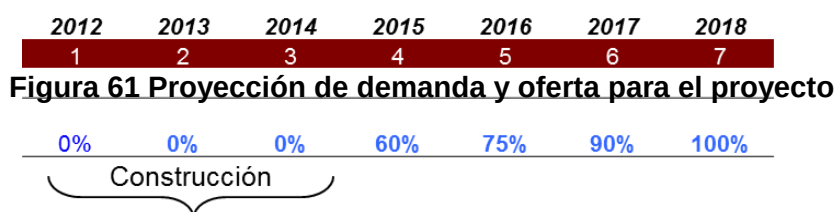
Se consideró una proyección de demanda con base en tasas decrecientes de crecimiento para la demanda potencial del proyecto.

Tabla 15 Tasas de crecimiento de la Demanda

Crecimiento anual (año 1 al 5)	3.137%
Crecimiento anual (año 6 al 10)	2.711%
Crecimiento anual (año 11 al 15)	2.387%
Crecimiento anual (año 16 al 20)	2.312%
Crecimiento anual (año 21 al 25)	1.927%
Crecimiento anual (año 26 al 30)	1.757%

Así mismo se tomó en cuenta un periodo de maduración de 4 años para alcanzar el 100% de la de demanda proyectada para ese año. En las siguientes figuras se muestra dicho periodo de maduración ó “ramp up”.

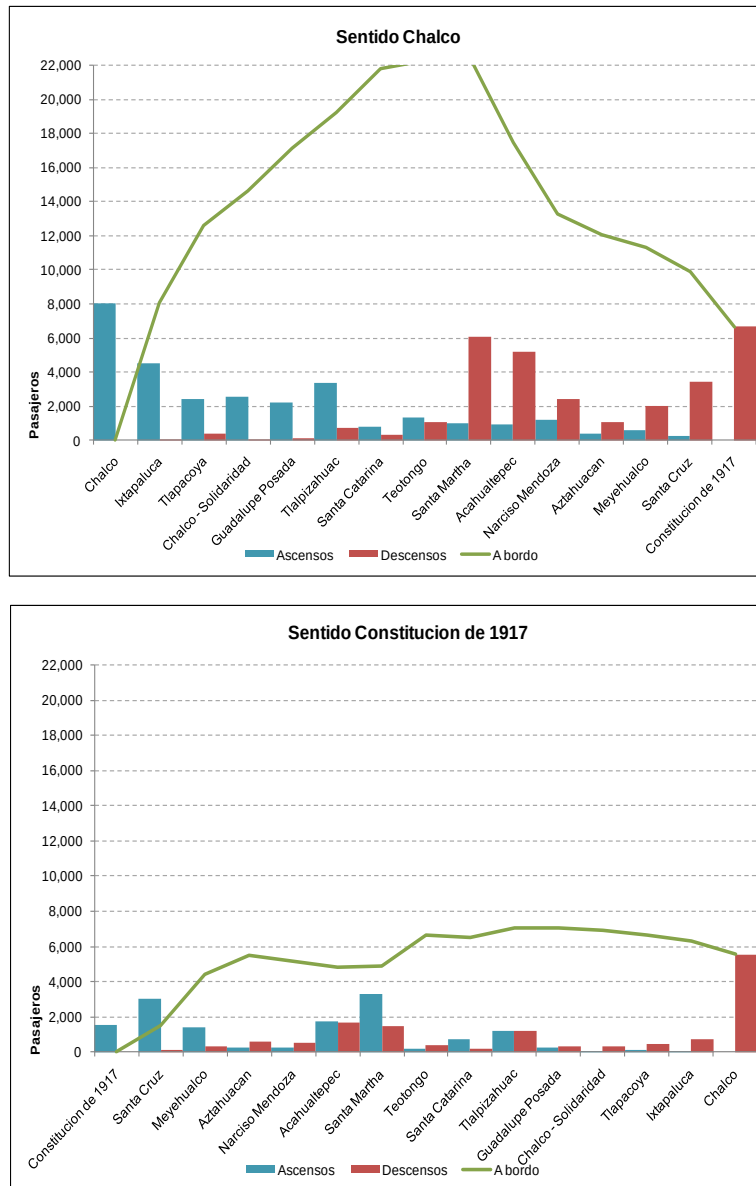
Figura 60 Porcentajes de Maduración de la Demanda



La demanda estimada para el año base de 2011 es de 347,400 pasajeros diarios, y una sección de máxima demanda de 22, 523 pasajeros en Hora Sentido más Cargado.

Los polígonos de carga para dicha demanda se muestran a continuación

**Figura 62 Polígono de carga en HMD en
sentido Chalco y sentido Constitución de 1917**

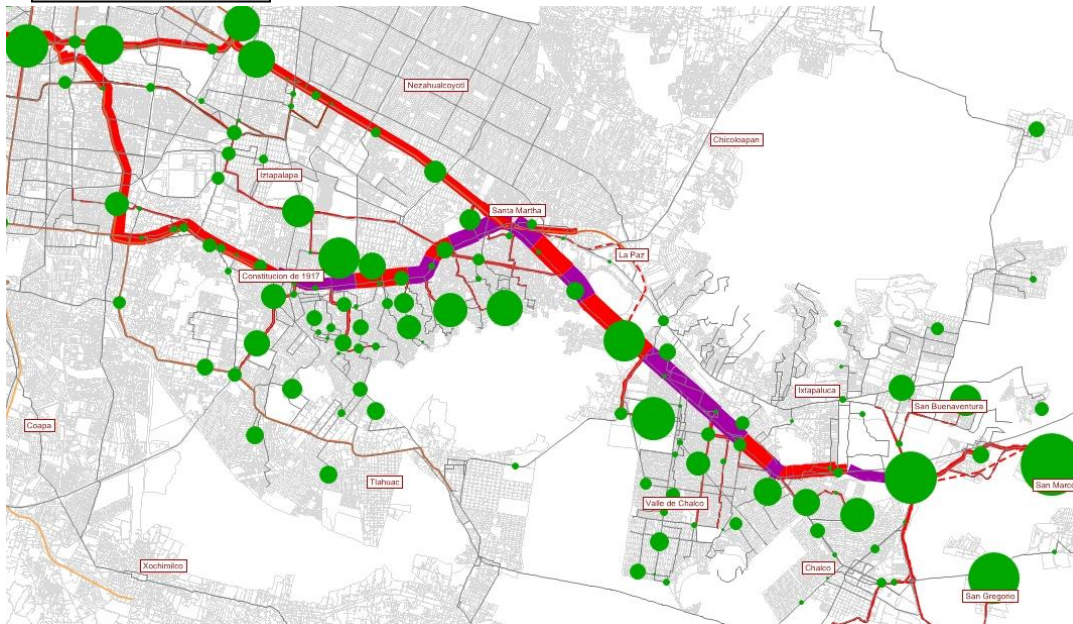


Fuente: Estudio de demanda TS3, USTRAN. Junio 2011

La demanda muestra una concentración diferencial de ascensos, descenso y transbordos a lo largo de la línea. En las siguientes figuras se muestran los puntos de concentración a lo largo de la línea, así como en paradas del sistema de rutas actuales que alimentan al proyecto

Ascensos

Figura 63 Ascensos y Descensos



Descensos

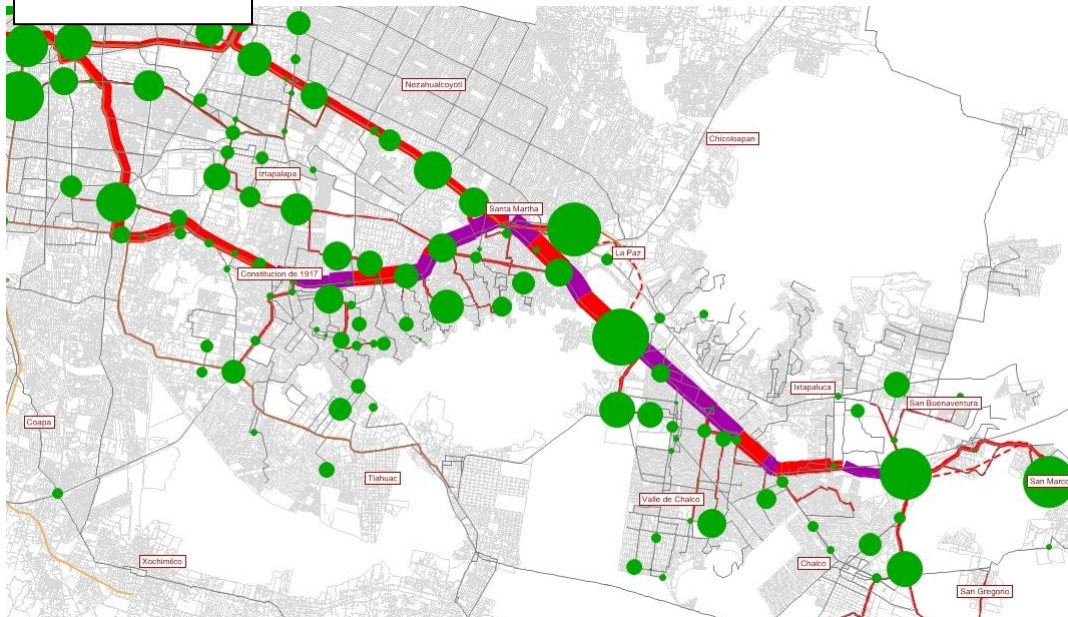
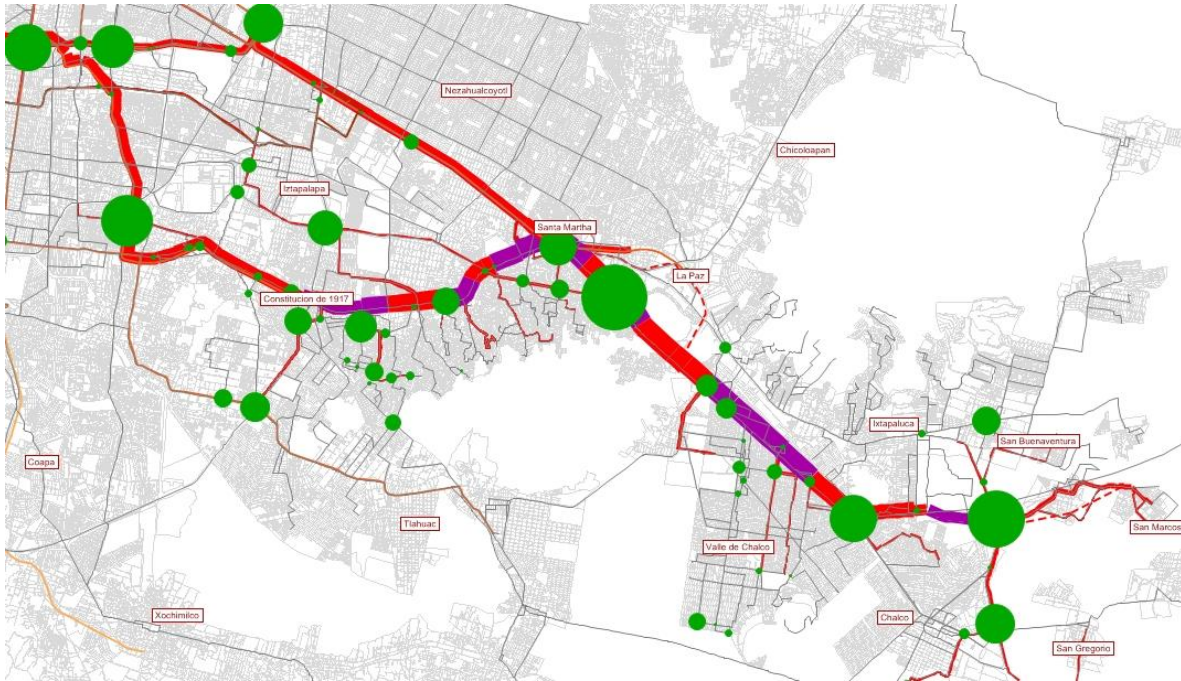


Figura 64 Traspardos



Fuente: USTRAN

2.4 Alternativas de Solución

2.4.1 Proyecto Licitación Original

Se llevó a cabo una primera licitación del S3 en diciembre de 2009, con el trazo de Chalco – La Paz – Nezahualcóyotl en una distancia de 30.4 km. La licitación tuvo una participación de un solo participante y fue declarada desierta al no cumplir con las expectativas de la Secretaría.

2.4.2 Alternativas de trazo

Además de las alternativas de tipo de servicio, habiendo ya elegido el suburbano, se observa que el proyecto de Sistema 3 del tren suburbano presenta diversas variantes para su solución.

Además de los dos trazos propuestos por la Secretaría:

- Trazo A: Chalco – Santa Martha- Constitución de 1917
- Trazo B: Chalco – La Paz – Constitución de 1917,

Figura 65 Trazos alternos del proyecto propuestos por la SCT



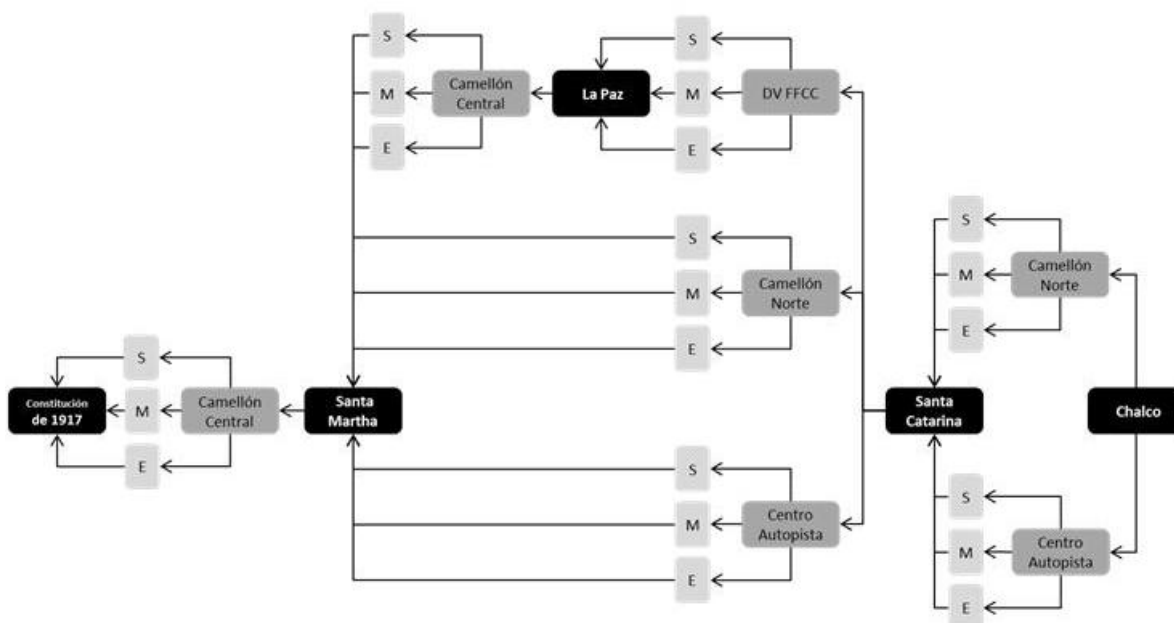
El proyecto puede ser resuelto a través de diversas variantes que están en proceso de evaluación. Éstas incluyen:

- Alineamiento por el centro ó por la lateral norte de la autopista México – Puebla en el tramo Chalco – Santa Martha.
- Solución vertical a nivel, elevada ó subterránea.

- Diversas intensidades de inter estación, que impactan en la velocidad, número de estaciones, inversión y captación de usuarios al proyecto.
- Variantes de trayectoria de ciertos tramos y ramales adicionales sobre los trazos propuestos por la Secretaría.

Esto implica 21 opciones de solución o alternativas de trayectoria que se ilustran a través de la siguiente gráfica

Figura 66 Configuraciones alternativas del trazo



Como parte de los trabajos de análisis se exploró una nueva configuración por el centro de la autopista propuesta por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, y que propone la construcción del derecho del vía para el Tren Suburbano por el centro de la autopista, la reposición de 2 carriles centrales y la construcción de 2 nuevos carriles laterales, dando por resultado un incremento de capacidad de un 25 % en relación con la situación actual, sin modificar la geometría de las estructuras existentes.

Esta solución concilia los intereses del proyecto así como de la concesión de la Autopista México – Puebla, por lo que se aceptó por parte de la DGTFM, la DGST, Banobras y Fonadin, como la solución deseable para el trazo del TS3 a lo largo de este tramo.

Tabla 16 Comparación de Opciones de Trazo por la Autopista México – Puebla

Por el Centro	Centro 2+2 carriles	Por el Camellón Norte
- Se requiere 2 años para liberar el Derecho de vía para iniciar las obras del Ferrocarril Suburbano. - El costo de las obras adicionales es de 507.25 millones de pesos. - Acceso a la obra del Suburbano se requiere cruzar los carriles centrales. - Mayores molestias a los usuarios de la Autopista México – Puebla, y a la comunidad del área de influencia. - Mala imagen por la demolición de 3 pasos vehiculares y 24 pasos peatonales y rectificación de la autopista	Mayor dificultad en su construcción por el acceso de maquinaria o vehículos solamente en el turno nocturno .	Forma barrera física entre los carriles centrales y la lateral norte.
- Trazo tradicional. Ejemplos: Tlalpan, Insurgentes, Río Consulado, entre otros. - Hay precompactación del suelo en 5 km. - Se afecta el proyecto original para ampliar la autopista.	- La capacidad de la autopista no se reduce - Mayor flexibilidad en proyecto y construcción - Trazo al centro del FS no hay barrera física permite accesos viales - A futuro, permite si se requiere integrar un quinto carril, sin acotamiento. - El tiempo para liberar el derecho de vía para el FS se puede realizar después de la construcción de los dos carriles centrales adicionales - Se logra una buena imagen ante la sociedad - Propuesta que compagina, proyecto, tiempo y costo.	- Se aprovecha el Derecho de Vía. - Se puede iniciar las obras del Suburbano después del proceso de licitación. - Causa menores molestias la obra en tiempo y procesos. - Se tiene mayor flexibilidad en su construcción al contar con mayores accesos. - La imagen es más positiva.

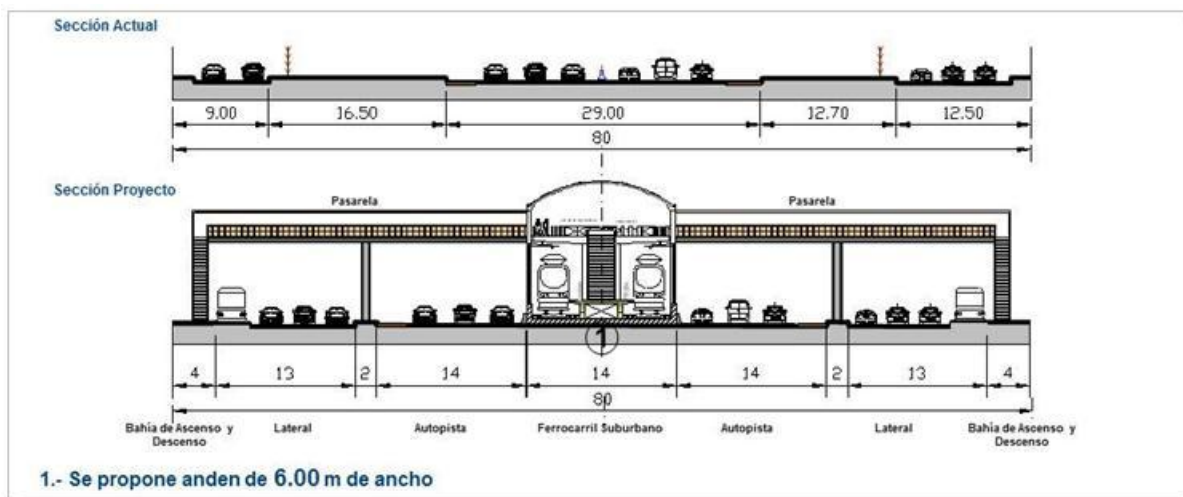
2.4.3 Soluciones de diseño analizadas

Se analizan las opciones de trayectoria por el centro de la autopista México – Puebla ó por el camellón norte que separa los carriles centrales de dicha autopista y las calles laterales locales.

Para ambos casos existen soluciones verticales.

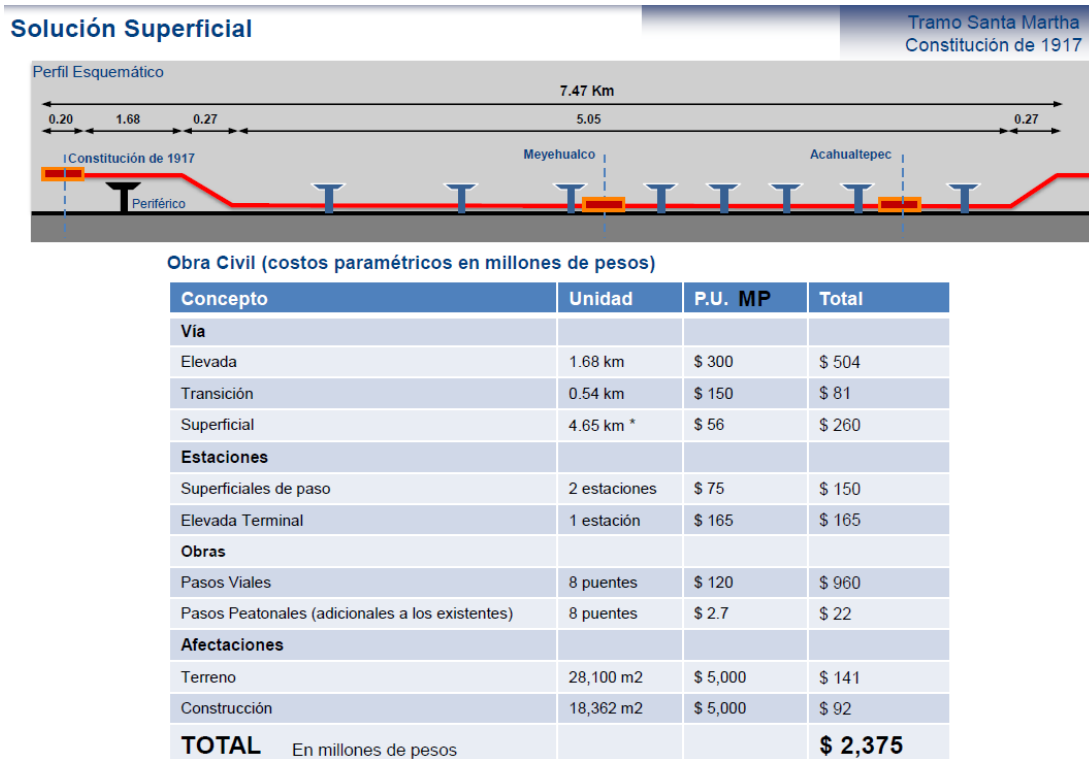
La solución a nivel implica la ocupación de un gálibo horizontal de 11 m en el tramo de vía y de 14 m en las estaciones, lo cual implica la ocupación de tres a cuatro carriles de la autopista. El gálibo vertical de esta solución permite que el tren pueda pasar por debajo de infraestructura existente como puentes vehiculares y peatonales. Esta solución es en general de menor costo de inversión en infraestructura, aunque puede implicar la necesidad de adquisición de reservas territoriales para el derecho de vía, ya sea del tren o de las calles laterales que demanda una solución integral de la autopista.

Figura 67 Esquema de solución a nivel



Fuente: Anteproyecto Conceptual del TS3. GCI, 2011

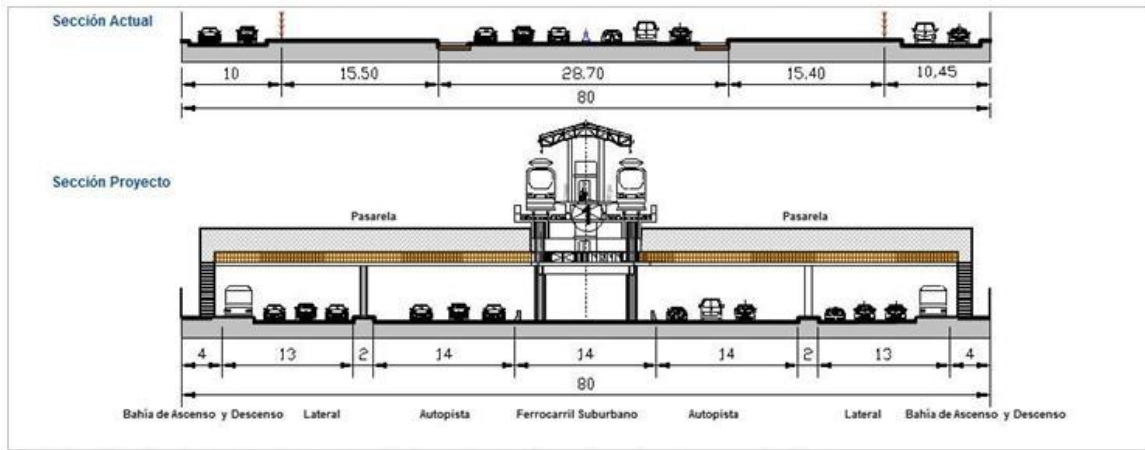
Figura 68 Esquema y costos de la solución a nivel



Fuente: Anteproyecto Conceptual del TS3. GCI, 2011

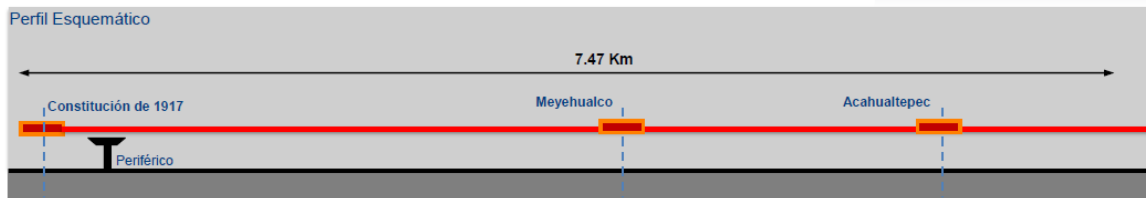
Por su parte la solución elevada sobre una estructura portante, reduce los requerimientos de gálibo horizontal, pero implica interferencias con puentes vehiculares y peatonales. Aun cuando es de mayor costo que a nivel superficial, esta opción permite mayor flexibilidad para acomodar el derecho de vía por debajo de la infraestructura a ser construida, y se cuenta con un importante experiencia reciente en soluciones técnicas de este tipo.

Figura 69 Esquema y costos de la solución a nivel



Solución Elevada

Tramo Santa Martha
Constitución de 1917



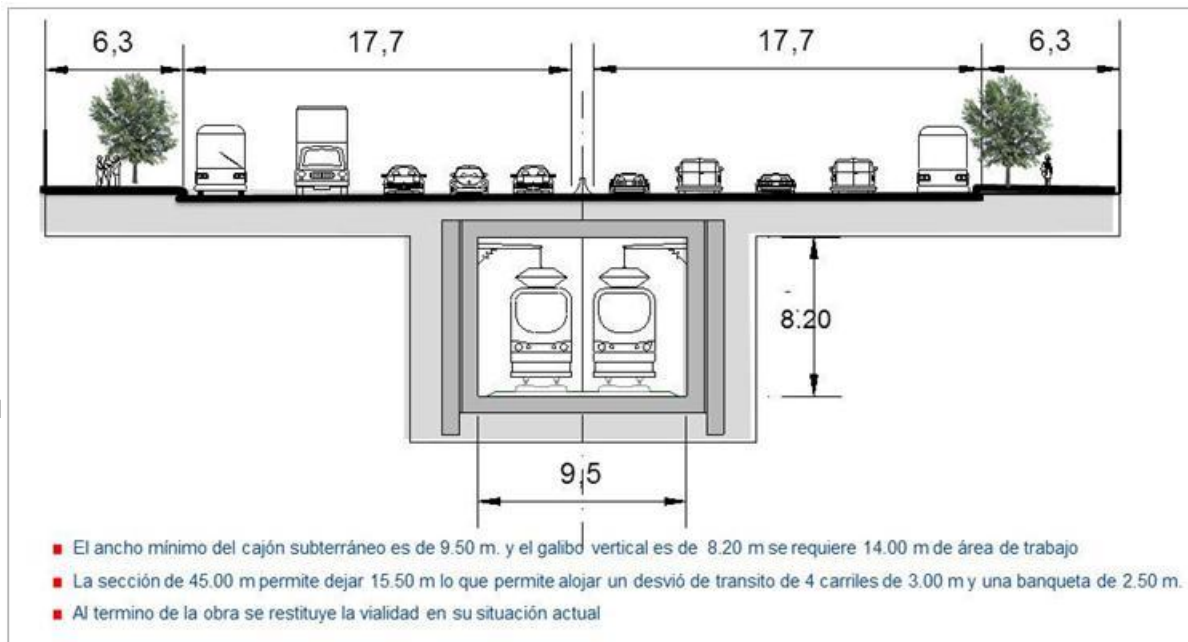
Obra Civil (costos paramétricos en millones de pesos)

Concepto	Unidad	P.U. MP	Total
Vía			
Elevada	6.87 km *	\$ 300	\$ 2,061
Estaciones			
Elevada de paso	2 estaciones	\$ 110	\$ 220
Elevada Terminal	1 estación	\$ 165	\$ 165
TOTAL En millones de pesos			\$ 2,446

* Las longitudes de vía se consideran sin estaciones

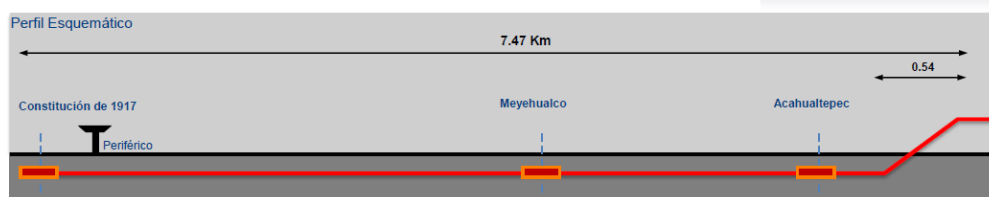
La solución subterránea permite la mejor convivencia entre la vialidad y el sistema de transporte al existir una separación completa en dos niveles diferentes. No presente interferencias de la infraestructura superficial, pero si conlleva a un alto riesgo de interferencias subterráneas de toda índole, incluyendo agua potable y drenaje, tubería de Pemex, fibra óptica, así como las cimentaciones de edificaciones y estructuras existentes. Por su sistema constructivo y los requerimientos de un sistema de trenes suburbanos, esta opción resulta la más costosa.

Figura 70 Esquema y costos de la solución a nivel



Fuente: Anteproyecto Conceptual del TS3. GCI, 2011

Solución Subterránea



Obra Civil (costos paramétricos en millones de pesos)

Concepto	Unidad	P.U.	MP	Total
Vía				
Subterránea	6.33 km *	\$ 600		\$ 3,798
Transición	0.54 Km	\$ 350		\$ 189
Estaciones				
Subterránea de paso	2 estaciones	\$ 300		\$ 600
Subterránea Terminal	1 estación	\$ 450		\$ 450
TOTAL	En millones de pesos			\$ 5,007

* Las longitudes de vía se consideran sin estaciones

Fuente: Anteproyecto Conceptual del TS3. GCI, 2011

2.4.4 Análisis de inter-estaciones (tipos de servicio)

Se analizaron varias alternativas de configuración para dar servicio a la zona de estudio, diferentes a un proyecto de tren suburbano, como se muestran a continuación:

Tabla 17 Alternativas de tipos de servicio

Tipo de servicio	Características
Servicio regional	Corredor con 3 o 4 estaciones
Servicio suburbano	Corredor con estaciones propuestas por GCI-SINTRA, 10/11 estaciones
Servicio urbano	Corredor con estaciones señaladas en el PMTE97, 24 estaciones

En el marco del estudio de demanda, el asesor Ustran llevó a cabo el análisis de estas tres alternativas de tipo de servicio, con base en las siguientes condicionantes preliminares:

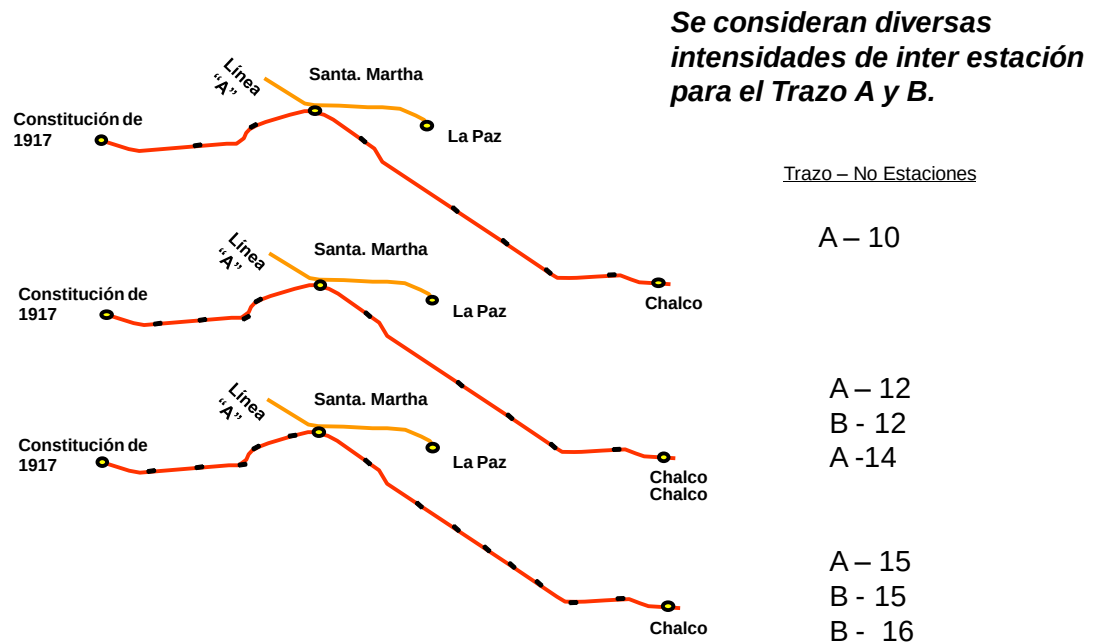
- Velocidad comercial en función de las distancias entre estaciones
- Tarifa similar a la actual
- Intervalo de 4min HMD
- A partir OD 2007, sin calibración: conocer efecto velocidad y efecto distancia entre estaciones

A continuación se presentan los resultados preliminares obtenidos:

De lo anterior, se desprende que la demanda se incrementa conforme aumenta el número de inter estaciones. Sin embargo, de igual manera la velocidad comercial del proyecto cae, ocasionando que los beneficios para los usuarios disminuyan por el menor ahorro de tiempo, como se muestra en el siguiente gráfico.

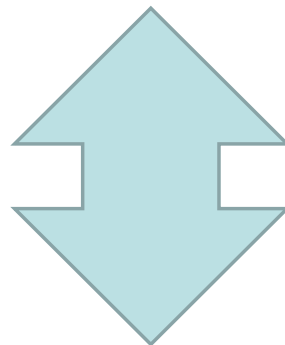
Se evaluaron diversas configuraciones por número de estaciones en un rango de 10 a 22 para los dos trazos propuestos por la Secretaría, así como variantes adicionales

Figura 71 Análisis de inter estaciones



A mayor distancia de inter estación:

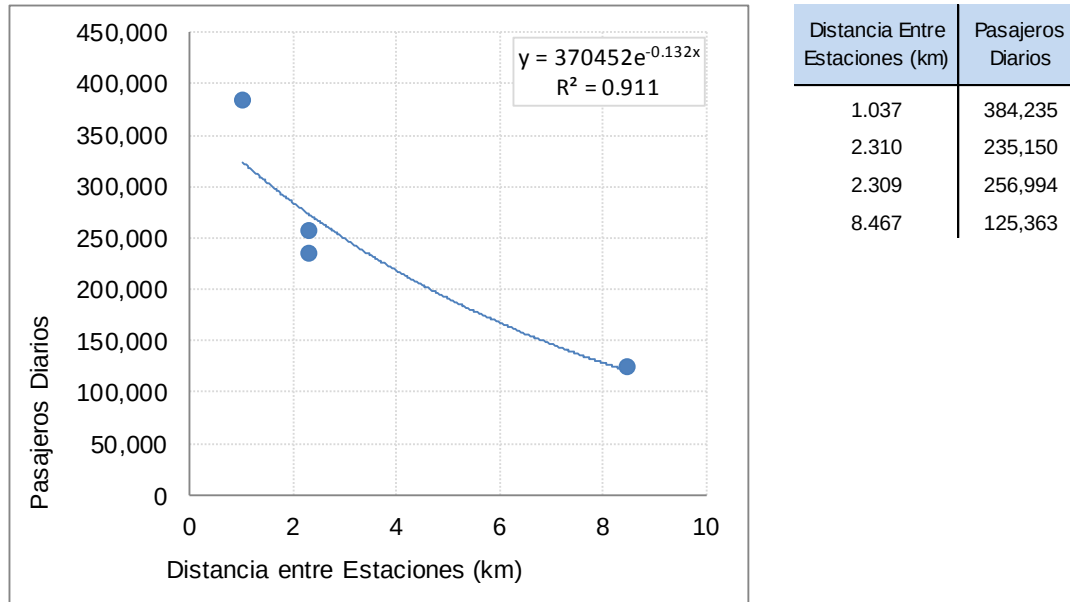
- Mayor velocidad
- Menor número de estaciones
- Menor inversión
- Menor captación



A menor distancia de inter estación:

- Menor velocidad
- Mayor número de estaciones
- Mayor inversión
- Mayor captación

Figura 72 Sensibilidad de la demanda a la distancia entre estaciones por tipo de servicio



Fuente: Estudio de demanda del TS3. Ustran. 2011

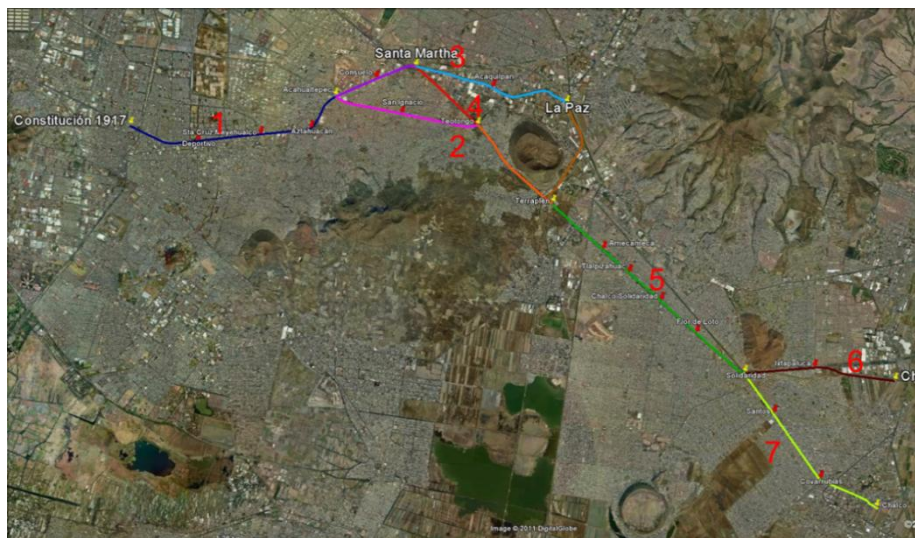
En el otro extremo, el servicio regional, con pocas estaciones, logra una captación menor de la demanda, con lo cual los beneficios asimismo declinan.

Las razones anteriores sustentan una configuración de servicio suburbano con un número suficiente de inter estaciones para captar un volumen de demanda alto pero sin castigar demasiado la velocidad del proyecto y por lo tanto los beneficios por ahorro de tiempo de los usuarios.

Trazos alternos, extensiones y ramales

Así mismo se analizaron otros trazos adicionales al A y B, así como variantes con ramales y extensiones a los mismos

Figura 73 Tramos alternativos evaluados



Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad con respecto a las alternativas, variantes de trazo y número de inter estaciones.

Como se comentó anteriormente, existen diversas variantes de trayectoria a partir de los dos trazos propuestos por la Secretaría. Se ha identificado la ubicación posible de puntos para el establecimiento de estaciones. En las siguientes figuras se muestran las estaciones planteadas desde el punto de vista de la demanda, y que están sujetas a su ratificación por parte del análisis técnico.

Con base en estas ubicaciones se prepararon diferentes opciones de interestaciones para el Trazo A (vía Sta. Martha), y para el Trazo B (vía La Paz), así como un Trazo C, que tiene una variante de trazo sobre Av. Las Torres para unir la trayectoria sobre la autopista con la Av. Ermita Ixtapalapa sin pasar por Santa Martha. Para estos trazos y sus variantes de interestaciones se realizó una estimación de demanda preliminar a partir del modelo de USTRAN.

Figura 74 Esquema de selección de alternativas de demanda



Tabla 18 Resumen de Resultados de alternativas analizadas

ID	Alternativa	Servicio	Viajes diarios		Sentido Cd de México		Sentido Chalco	
					Sección máxima demanda	Distancia recorrida promedio usuario [km]	Sección máxima demanda	Distancia recorrida promedio usuario [km]
1	A15 Base	Chalco-Santa Martha-Constitución 1917	333,600		21,124	11.34	6,537	8.86
2	A15+2	Chalco Sur-Chalco-Santa Martha-Constitución 1917	361,714		18,826	10.21	5,670	7.06
3	A15 ramal La Paz	Chalco-Santa Martha-Constitución 1917	361,481	289,386	13,638	8.09	5,315	6.15
		Chalco-La Paz (ramal)		72,094	53,332	8.38	1,236	3.69
4	B7+LA	Chalco-La Paz-Santa Martha-Pantitlán	285,017		20,467	13.7	3,754	9.43
5	B7+2+LA	Chalco Sur-Chalco-La Paz-Santa Martha-Pantitlán	316,711		19,973	13.64	4,892	8.19
6	B7+LA+ Constitución 1917	Chalco-La Paz-Santa Martha-Constitución 1917	420,117	197,269	5,361	7.56	5,293	4.11
		Chalco-La Paz-Santa Martha-Pantitlán		222,847	15,305	9.97	1,807	6.55
7	B7+2+LA+ Constitución 1917	Chalco Sur-Chalco-La Paz-Santa Martha-Const 1917	451,628	231,508	15,932	11.15	1,566	6.16
		Chalco Sur-Chalco-La Paz-Santa Martha-Pantitlán		220,119	5,336	7.47	5,391	4.68

$V_c=45\text{km/h}$; $i=4\text{min}$; tarifa igual a la actual

Estudio de demanda del TS3. Ustran. 2011

Tabla 19 Impacto STCMetro

ID	Alternativa	Servicio	Viajes diarios	Viajes diarios	
				LA	L8
1	A15 Base	Chalco-Santa Martha-Constitución 1917	333,600	283,000	486,000
2	A15+2	Chalco Sur-Chalco-Santa Martha-Constitución 1917	361,714	283,000	485,000
3	A15 ramal La Paz	Chalco-Santa Martha-Constitución 1917 Chalco-La Paz (ramal)	361,481	289,386 72,094	482,000
4	B7+LA	Chalco-La Paz-Santa Martha-Pantitlán	285,017	42,000	433,000
5	B7+2+LA	Chalco Sur-Chalco-La Paz-Santa Martha-Pantitlán	316,711	115,000	433,000
6	B7+LA+ Constitución 1917	Chalco-La Paz-Santa Martha-Constitución 1917 Chalco-La Paz-Santa Martha-Pantitlán	420,117	197,269 222,847	253,000
7	B7+2+LA+ Constitución 1917	Chalco Sur-Chalco-La Paz-Santa Martha-Const 1917 Chalco Sur-Chalco-La Paz-Santa Martha-Pantitlán	451,628	231,508 220,119	228,000
SA	Situación actual	STCMetro líneas A y 8, red autobuses urbanos y suburbanos		312,000	536,000

Estudio de demanda del TS3. Ustran. 2011

2.4.5 Evaluación de Alternativas

Para la evaluación de las diversas alternativas, FOA Consultores propuso una metodología que permitía la evaluación “en tiempo real” con la generación de resultados de demanda, estimación de inversiones en infraestructura y equipo según el número de estaciones.

El enfoque metodológico para la evaluación de alternativas se muestra en la siguiente figura.

Figura 75 Enfoque Metodológico para la Evaluación Integral



Resumen de la Evaluación de Alternativas

1. La alternativa por el centro de la autopista 2+2 concilia los objetivos de menor inversión, flexibilidad para el inicio de obras y expansión futura del corredor de transporte y carretera.
2. Las alternativas del trazo A resultaron superiores a las del trazo B, al presentar menor inversión, captación de demanda similar, y mayor eficiencia en cuanto al uso de inversión pública.
3. Las alternativas con menor número de estaciones (10 a 12) presentaron menores niveles de captación de demanda y TIRs por debajo del 12%
4. Alternativas con mayor número de estaciones (16, 17,20) presentan mayor captación, menores velocidades comerciales, y mayor requerimiento de inversión para una TIRs

5. Trazos alternos como el C (Av. Las Torres), resultan desfavorables frente a opciones A y B.
6. Extensiones y ramales incrementan captación en algunos casos, pero también la inversión requerida
7. La alternativa con mejor desempeño en evaluación integral al 30 de abril es A14

2.4.6 Alternativas tecnológicas evaluadas

Con base en los resultados del análisis de alternativa de trazo para la nueva línea del TS3 y a un proceso de análisis conjunto entre FOA Consultores, los asesores de demanda y técnicos de la DGTFM, para analizar las capacidades y costos de las diferentes soluciones tecnológicas para atender la demanda de transporte urbano del Corredor Chalco – La Paz/Santa Martha – Constitución de 1917.

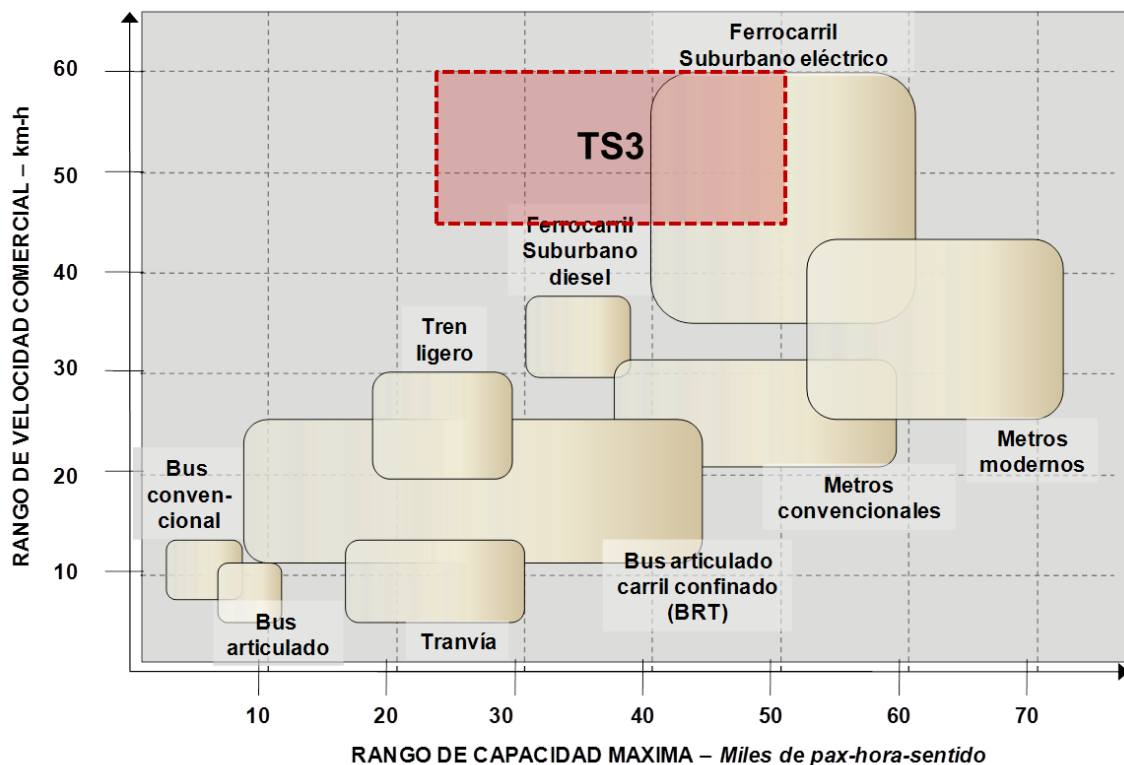
Del análisis de los umbrales de demanda que es del orden de los 20,000 pax por hora de máxima demanda en el sentido/tramo más cargado, se analizaron los tecnologías de BRT's, LRT, Trenes Suburbanos y Metro con los siguientes resultados:

Tabla 20 Evaluación de alternativas tecnológicas

Alternativa tecnológica	Ventajas	Desventajas
BRT	- Menores costos - Rápida instrumentación	- No oferta capacidad suficiente para atender demanda en HMD - Requeriría tomar más derecho de vía de lo disponible
LRT	- Compatible con solución técnica dentro de derecho de vía - Menor costo	No oferta capacidad suficiente para atender demanda en HMD
Tren Suburbano	- Capacidad para atender demanda del proyecto al largo plazo - Compatibilidad con redes de TS	Mayor inversión
Metro	- Capacidad para atender demanda del proyecto al largo plazo - Compatibilidad con sistemas existentes (STC-Metro)	- Mayor inversión - Dificultad de instrumentación institucional

La solución tecnológica a través de uso de trenes suburbanos satisface de mejor manera las condicionantes de atención a la demanda en periodo crítico con las velocidades esperadas para el desempeño del proyecto y la obtención de los beneficio socio económicos de ahorro en tiempo correspondientes.

Figura 76 Alternativas Tecnológicas según Capacidad de Atención de la Demanda



Fuente: Análisis FOA Consultores con información del Protran

3. Descripción del proyecto

3.1 Objetivo

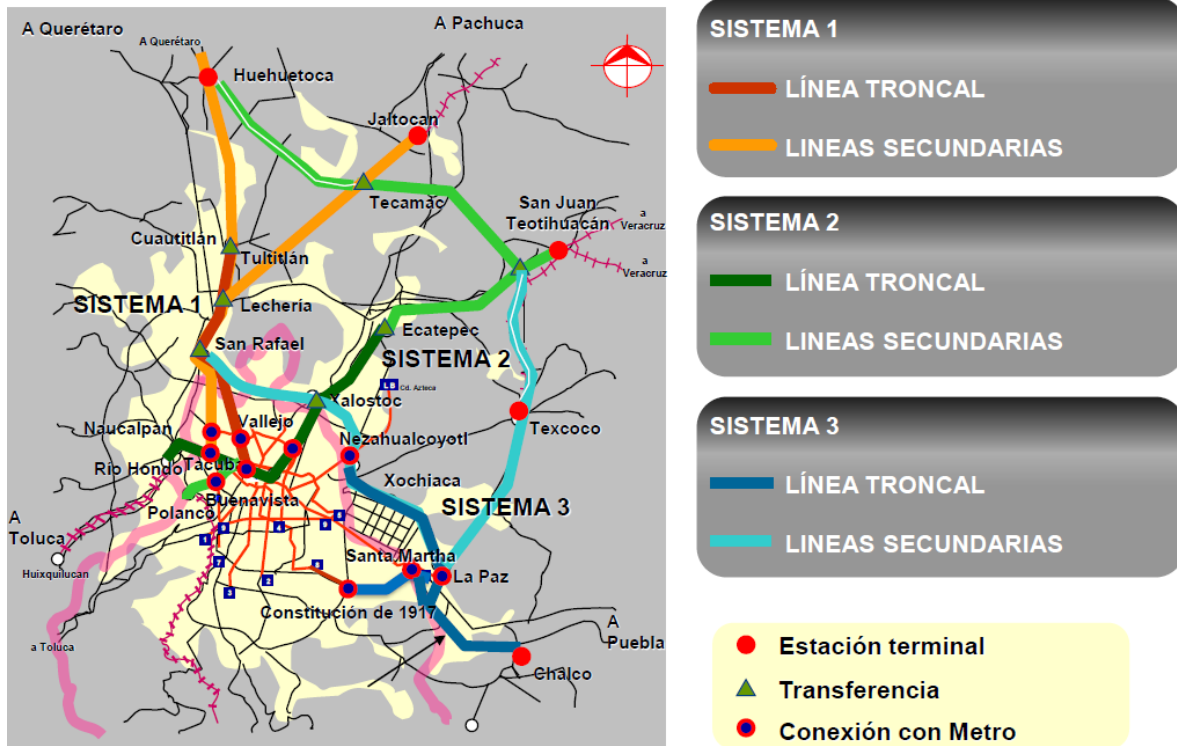
Ofrecer un servicio de transporte masivo seguro, competitivo y eficiente que mejore el bienestar social de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Se contempla la realización del proyecto en dos etapas, la primera del tramo Chalco a La Paz y en una segunda etapa se añadiría el tramo La Paz a Línea B.

“El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 señala como estrategias el ampliar la cobertura de los transportes en todas sus modalidades, modernizar la infraestructura y proporcionar servicios confiables y de calidad para toda la población, abatir el costo económico del transporte, aumentar la seguridad y la comodidad de los usuarios, así como fomentar la competitividad y la eficiencia en la prestación del servicio de transporte. Para ello establece como una línea de acción revitalizar el transporte ferroviario de pasajeros y continuar impulsando proyectos de trenes suburbanos o interurbanos, aprovechando la infraestructura existente”.

En este sentido el *“Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 del Sector Comunicaciones y Transportes prevé como estrategia impulsar el desarrollo de trenes suburbanos de pasajeros que reduzcan de manera significativa el tiempo de traslado de las personas entre sus hogares y sus centros de trabajo o estudio, al efecto establece como meta poner en operación la primera etapa de los Sistemas 1, 2 y 3 del Tren Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México.”*

La figura a continuación muestra la conectividad objetivo de la red de ferrocarriles suburbanos de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Figura 77 Red de Ferrocarriles Suburbanos en la Zona Metropolitana del Valle de México, Visión de largo plazo



Fuente: DGTFM, SCT

En este marco, el Gobierno Federal y el Gobierno del Estado de México celebraron el 11 de julio de 2007 un Convenio de Coordinación de Acciones, mediante el cual ambos gobiernos se comprometieron a aportar recursos para el desarrollo, entre otros, de la primera etapa del Ferrocarril Suburbano en la zona de Chalco-La Paz (Sistema 3). Asimismo, el 31 de agosto de 2007 ambos gobiernos celebraron con el gobierno del Distrito Federal, un Convenio de Coordinación de Acciones para el desarrollo de dicho proyecto, aprovechando los derechos de vía federales existentes.

El Sistema 3 del Ferrocarril Suburbano es de interés público y deberá ofrecer un servicio público de transporte ferroviario de pasajeros masivo, seguro y eficiente que contribuya a mejorar el bienestar social de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México, ahorre tiempo de traslado principalmente a los habitantes que utilizan actualmente los medios de transporte público disponibles, coadyuve en la solución del congestionamiento vial, de la contaminación ambiental y reduzca el consumo de energéticos, además de apoyar la conducción del desarrollo urbano de esa zona.

3.2 Propósito

Ahorrar en tiempo de transporte a los usuarios, evitando el congestionamiento existente en la Autopista y Carretera México-Puebla, en el tramo entre la Estación del Metro La Paz y la zona de Valle de Chalco y la Zona de Chimalhuacán con el Metro Pantitlán.

Contribuir con la solución al congestionamiento vial, de la contaminación ambiental y del excesivo consumo de energéticos, además de coadyuvar en la planeación ordenada del desarrollo urbano de la ZMVM.

Aprovechar de mejor manera el uso de la infraestructura existente y en particular del derecho de vía ferroviario en la ZMVM.

El proyecto del Sistema 3 del Ferrocarril Suburbano del Valle de México aportará las siguientes ventajas a la conectividad de su zona de influencia:

- Los usuarios tendrían la opción de la entrada directa al centro de la ciudad de México, con una sola correspondencia en la estación Constitución de 1917, de línea 8 del metro, en un tiempo aprox . de 60 minutos recorriendo 40.80 km y tiene la opción de hacer 7 Correspondencias A, 8, 4, 2, 1, 2 y B.
- Descongestiona las líneas: A, 1, 5 y 9 del metro y ayuda equilibrar el sistema.
- El sistema 3 del Suburbano conserva sus trazos y no altera la red.

3.3 Componentes

Para atender la problemática específica de la zona oriente de la ZMVM se propuso la conexión entre el municipio de Chalco con la línea A del STC Metro y un nuevo acceso a la Ciudad de México a través de la Línea 8 del Metro a través de un tren suburbano con una extensión de 23.4 kilómetros.

La obra física del proyecto se planteó como la construcción de una vía de ferrocarril en el centro de la autopista México – Puebla, incrementando la capacidad que actualmente ofrece esta vía a sus usuarios y minimizando las afectaciones durante la obra.

Se plantearon las siguientes características: El Ferrocarril Suburbano confinado corriendo por el centro de la autopista; cuatro carriles por sentido para la autopista con mejoras operativas por la reducción de unidades de transporte público; espacio suficiente para ampliar en el futuro dos carriles por sentido en la autopista; confinamiento completo del derecho de vía de la autopista; y, finalmente, dos carriles locales para acceso a estaciones y alimentación del sistema.

3.3.1 Trazo

El trazo del Ferrocarril Suburbano del Sistema 3 coincide con una de las denominadas puertas de entrada, que son la carreteras Federales a Texcoco y Puebla y la Autopista México Puebla, los poblados de La Paz, Ixtapaluca y Chalco estaban aislados a hora forman un continuo urbano, y sus habitantes que tienen que trasladarse a la Ciudad de México, tardan hasta más de dos horas para llegar a su destino lo mismo sucede a su regreso lo que hace que su movimiento se haga como un efecto péndulo. Para dar servicio a esta gran población se está proyectando un Ferrocarril Suburbano que venga a mejorar su tiempo de traslado en más de una hora por viaje.

Figura 78 Configuración propuesta de trazo y estaciones



3.3.2 Estaciones

Con la principal premisa antes mencionada del tiempo, se complementó con el estudio del medio físico, identificando las barreras orográficas, canales, ríos, y la estructura vial presente y futura entre otras, también un factor importante resultó la densidad de población por Delegación o Municipio y su accesibilidad por zonas. También se analizaron los planes de Desarrollo Urbano, con todos estos elementos se determinaron por tramos la localización de las estaciones resultando lo siguiente:

- Puntos obligados como son terminales o correspondencias con Metro, minimizando los problemas de afectaciones, definiendo espacios disponibles para las Estaciones, estableciendo ligas con núcleos de concentración urbana, conectándose con la estructura vial y transporte de superficie y coordinándose con el sistema de transporte colectivo para resolver correspondencias.

Para este análisis se han definido como Estaciones obligadas las terminales Chalco y Constitución de 1917, y la correspondencia con el Sistema de Transporte Colectivo Metro en Santa Martha, las características generales del trazo Chalco – Santa Martha – Constitución del 1917 tiene una longitud de 23.369km incluyendo cola de maniobras y 13 estaciones, de las cuales se proponen 9 nueve elevadas y 4 superficiales.

Figura 79 Perfil vertical del trazo propuesto



Localización de estaciones.

Se derivó de los estudios de demanda y del análisis físico, urbano, estructura vial presente y futura, así como la accesibilidad de las principales arterias con lo que se obtuvo la propuesta de ubicación de estaciones y sus longitudes aproximadas el trazo Chalco – Santa Martha – Constitución del 1917. A continuación se hace una breve descripción de la ubicación de las estaciones:

Consideraciones particulares para estaciones

A continuación se describe de manera sintética las consideraciones para la solución de las 13 estaciones de la configuración propuesta de inicio. El detalle de la solución arquitectónica se muestra en el Anexo 1. Las estaciones de Santa Catarina y Acahualtepec estarán sujetas a la evaluación por parte del licitante ganador para su eventual incorporación.

Estación Terminal Chalco

Resuelta con andén superficial en plataforma central de 8.00m de ancho, dentro del complejo que incluye los servicios de Terminal del sistema, tales como los CETRAMS de acceso y descenso con mayor número de bahías, cola u andén de maniobras, depósito de trenes y talleres de mantenimiento mayor y menor de los mismos.

Estación Ixtapaluca

Resuelta con andén elevado en plataforma central de 8.00m cuenta con dos áreas con bahías de acceso a la estación a cada lado de la autopista México – Puebla y pasarelas de acceso peatonal elevadas que comunican a la estación a las banquetas laterales.

Estación Tlapacoya.

Con andén elevado en plataforma centra de 8.00m de ancho, resuelta con bahías para el transporte público a cada lado de la autopista, para dar servicio a los cierres de circuito de los transporte de superficie y accesos peatonales con elevadores para acceso para personas con capacidades diferentes.

Estación Chalco Solidaridad

Resuelta con andén superficial en plataforma central de 8.00m de ancho, con 2 áreas con bahías de acceso para transporte público, además de pasarelas elevadas para el acceso peatonal desde las banquetas de las laterales, complementadas por escaleras convencionales, y elevadores para personas con capacidades diferentes.

Estación Guadalupe Posada

Resuelta con andén superficial en plataforma central de 8.00m de ancho, con 2 áreas con bahías de acceso para transporte público, además de pasarelas elevadas para el acceso peatonal desde las banquetas de las laterales, complementadas por escaleras convencionales, y elevadores para personas con capacidades diferentes

Estación Tlalpizahuac

Resuelta con andén superficial en plataforma central de 8.00 m, localizada en el sitio donde la autopista tiene mayor sección, por lo que es posible rectificar el trazo del cuerpo norte de la misma con objeto de aumentar el espacio para la estación y su intercambio de medios, al igual de las anteriores estaciones contara con pasarelas de acceso y elevadores.

Estación Teotongo

Resuelta con andén superficial en plataforma central de 6.00 m con 2 áreas donde se ubicaran bahías de acceso para el transporte público,, además de pasarelas elevadas para el acceso peatonal desde las banquetas de las laterales.

Estación Santa Martha de correspondencia con el Metro

Con andén elevado en plataforma central de 8.00 m de ancho, se tiene previsto pasarelas de comunicación y áreas para dosificación de usuarios, se aprovecharía el CETRAM existente del metro, los accesos de peatones se está resolviendo por medio de pasarelas y elevadores.

Las estaciones que se ubican sobre la calzada Ermita Iztapalapa y la propia terminal de correspondencia Constitución de 1917, se proponen en solución elevada porque es el perfil que ofrece las mayores ventajas, lo que a continuación se hace una descripción general de las estaciones **Narciso Mendoza, Aztahuacan, Meyehualco y Santa Cruz**, estaciones son de plataforma central de 8.00 m de ancho con vestíbulo ubicado por debajo del andén donde se comunica, por medio de pasarelas a zona de banquetas en ambos extremos, conectándose a escaleras convencionales y elevadores para personas con capacidades diferentes.

Estación Terminal Constitución de 1917

Esta estación contara con un esquema de dos andenes de 8.00 m de ancho y tres vías para dar mayor flexibilidad a la operación del Ferrocarril Suburbano, la conexión con la estación del metro se hará por medio de pasarelas y áreas para el control de usuarios dosificación y zona de torniquetes, de la zona del CETRAM actual se accederá con escaleras convencionales y elevadores para personas con capacidades diferentes.

3.3.3 Proyecto de vía

Con la situación geográfica de los puntos terminales de la Línea, se tiene el espacio suficiente para el desarrollo de los talleres en el extremo de Chalco, donde existen condiciones adecuadas para el proyecto y la buena operación de los talleres.

Para la distribución de los talleres primero se obtuvieron las necesidades de material rodante que la línea requería. Esto en base a la demanda pronosticada a lo largo de la misma.

Los datos de entrada considerados fueron:

- Longitud aproximada entre estaciones terminales **L= 22.698km**
- Velocidad Comercial, está calculada en base a las simulaciones preliminares de la línea $V_c = 60\text{km/h}$
- Intervalo mínimo con el que se quiere operar la línea $I=180\text{ seg.}$

Con estos datos es posible calcular la duración total de la vuelta, conocer el tiempo de maniobra y por lo tanto conocer el número de trenes necesario para para la operación en hora pico de la línea.

El número que se requiere en la línea es de 17 además se debe considerar un tren de reserva lo cual nos arroja 18 trenes para la hora pico de la operación.

Para este número de trenes es necesario considerar 3 trenes en mantenimiento, que continuamente se rotarán para darles servicio y no tener fallas en la operación normal.

En mismo predio donde se ubicarán los talleres se incluye la estación terminal de Chalco, y también el área para el intercambio de medios para los usuarios ó CETRAM.

En este punto se extremo de la línea se ubica el origen de cadenamientos el Km 0+000.000 procedemos a describir los puntos importantes a considerar para la elaboración del proyecto geométrico, tanto en planta como en perfil.

Requerimientos Geométricos

Para el proyecto del Tren suburbano Sistema 3 es necesario considerar los siguientes parámetros:

1. La velocidad máxima de diseño de hasta 130 km/h.
2. La trocha (escantillón) de 1,435 mm.
3. La entrevía mínima será determinada en el Proyecto Ejecutivo con base en el gálibo dinámico de los trenes.
4. Para el trazado de la línea en vías principales deberán considerarse radios mayores o iguales a 500m en las curvas horizontales, en casos excepcionales se podrá incluir un radio mínimo de 350m.
5. Para el trazo de la vía en zona de estación, éste deberá quedar en tangente en toda su longitud, en el caso excepcional de una curva cercana a las cabeceras de estación, se deberá hacer el análisis geométrico de distancias entre el andén y el piso del tren para garantizar que no existe roce entre ambos. La distancia del eje de la vía a la nariz de andén deberá ser de 100mm, +0.00 mm/-20.00 mm. La altura entre la superficie superior del hongo del riel (rasante de la vía) y la superficie superior del andén deberá ser preferentemente de 1100mm +20.00 mm/-0.00 mm.

El ancho de los trenes deberá proporcionarlo el licitante de material rodante ganador.

6. El proyecto de perfil de la rasante de la línea deberá proyectarse considerando que la pendiente máxima no deberá ser superior al 5.0 %.El diseño de los trenes considerará un factor de seguridad en cuanto a la potencia para vencer estas pendientes.
7. El radio mínimo, para las curvas verticales será de 6500 m y en casos especiales, los cuales deberán ser autorizados por la autoridad correspondiente ante la presentación de argumentos válidos se podrá utilizar radios de 3000m.
8. Para compensar la fuerza centrífuga se elevará el riel exterior con relación al riel interior de la curva. Esta sobre elevación no deberá exceder de 160mm considerando una insuficiencia de peralte de 150mm
9. La aceleración no compensada o residual, no deberá ser superior a 0.1g (donde g = fuerza de aceleración de la gravedad).
10. Las estaciones, las vías de maniobra, de terminal y de estacionamiento deberán quedar en pendiente nula o no mayor a ± 0.2 %, para evitar aplicar los frenos estando en alto total.

3.3.4 Estrategia para la alimentación al sistema

La alimentación a través de la red de transporte público es fundamental para el éxito del proyecto. Como parte del estudio de demanda se analizaron la totalidad de las rutas existentes, las cuales confluyen de manera natural hacia los corredores de transporte por donde pasa el proyecto del TS3 (Autopista México – Puebla, Calzada Ermita Ixtapalapa y Calzada Zaragoza). En este sentido la red actual de transporte pudiera proporcionar una alimentación natural con una cobertura importante. Sin embargo la calidad de dicha oferta, así como el esquema tarifario actual no permiten contar con una situación óptima para la alimentación del proyecto.

En este sentido se plantea una estrategia de reestructuración de la red que versa en tres escenarios principales:

- Utilización de red actual incluyendo paradas en las estaciones del tren
- Creación de nuevas rutas expreso para alimentar de manera directa a estaciones del tren, permitiendo ascenso a lo largo del trayecto, y con cierre de circuito en las propias estaciones.
- Una re estructuración completa de la red actual que corte las rutas en las estaciones del TS3 y elimine competencia del transporte público a lo largo de los corredores de transporte, como se muestra en las figuras 84 y 85.

Figura 80 Estrategia de reestructuración de la red

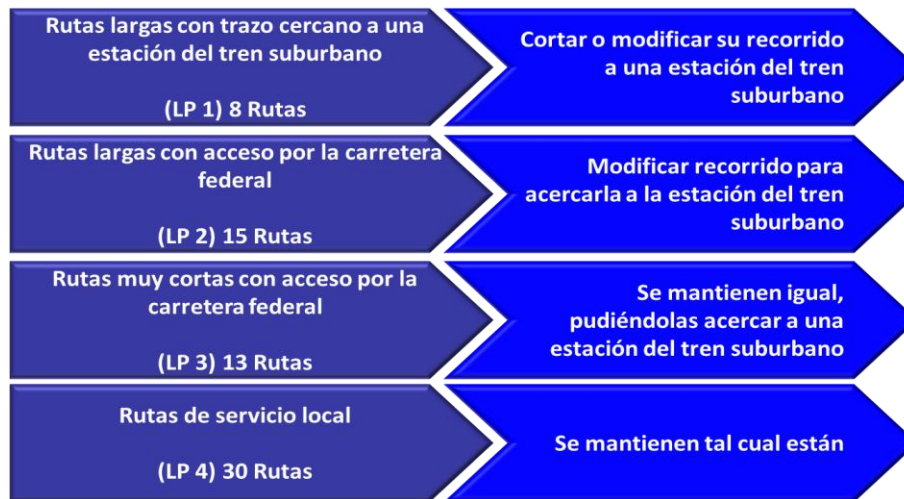
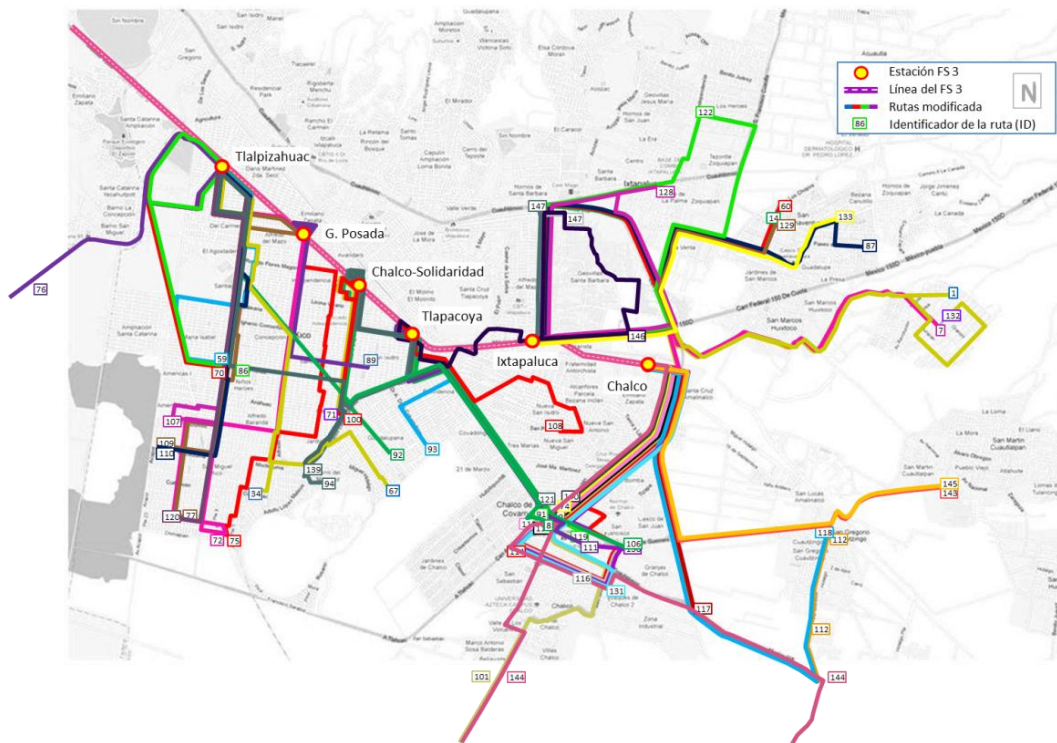


Figura 81 Red alimentadora: rutas inducidas



Fuente: Estudio de Demanda y Alimentación al TS3. USTRAN. 2011

Las estrategias que involucran la reestructuración de la rutas ó la creación de nuevas rutas, están alineadas a uno de los objetivos fundamentales del proyecto que es el re – ordenamiento del transporte público en la zona oriente del Valle de México

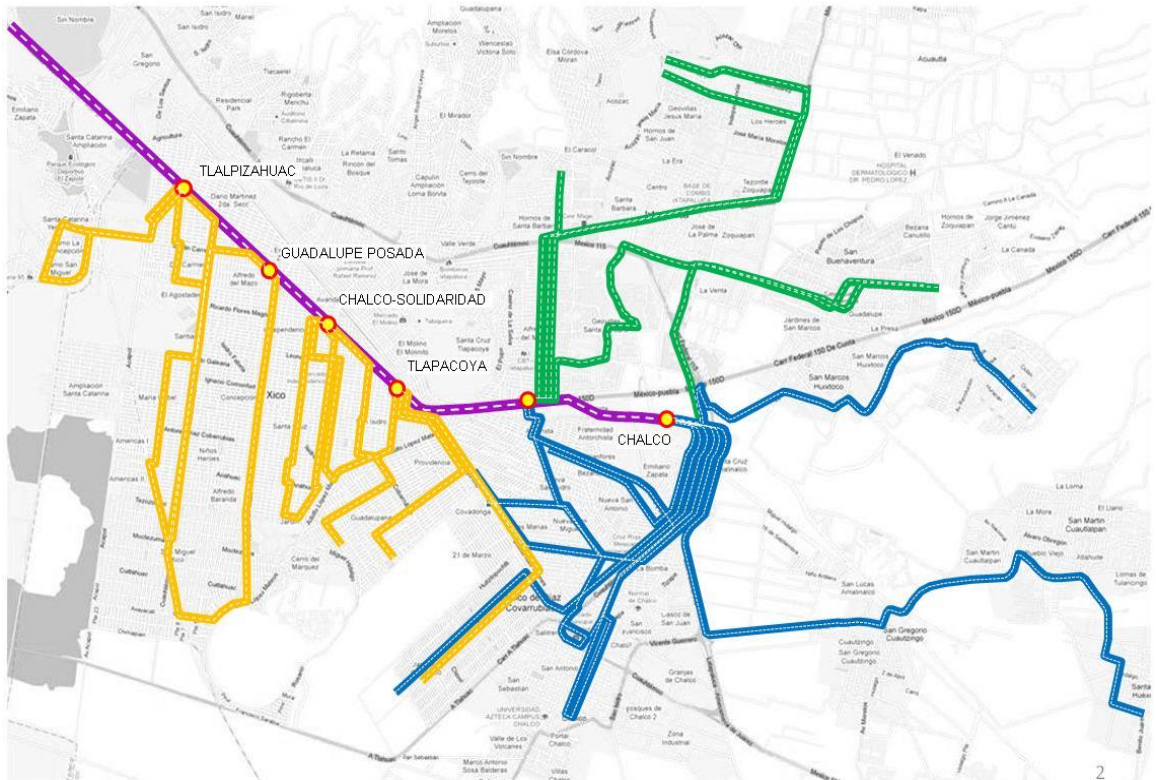
Un escenario alternativo de quizá mayor factibilidad de instrumentación es el de crear nuevas rutas expreso para la alimentación del sistema, que coexistan con las rutas actuales

- La red de alimentación integrada está constituida por 22 rutas
- Se requiere la creación de 3 empresas de transporte para operar las rutas, una en cada Municipio (**Valle de Chalco, Chalco e Ixtapaluca**, con **8, 9 y 5** rutas respectivamente)

Se propone una estrategia de instrumentación del plan de alimentación basada en un esquema atractivo para el concesionario a través de una modalidad de pago por bus-km y contratos para la prestación del servicio que permitan hacer bancable el negocio de la

alimentación. Este esquema se detalla en la sección 6.4 Mitigación de Riesgos de Demanda.

Figura 82 Red alimentadora: rutas inducidas



Empresa	Número de rutas	Longitud (km)	Flota en operación
Valle de Chalco	8	63.3	102
Chalco	9	110.75	141
Ixtapaluca	5	72.8	87
Total	22	246.9	330

Fuente: Estudio de Demanda y Alimentación al TS3. USTRAN. 2011

Determinación de áreas para intercambio de medios de transporte de superficie

Los criterios de cálculo y del dimensionamiento se basan en las cifras del estudio de demanda y se reflejan en los anteproyectos conceptuales elaborados por GCI.

Consideraciones:

- La captación utilizada es la estimada para el horizonte 2041. Cálculo de GCI
- En cada bahía se estima una rotación de 6 autobuses por hora.
- Tiempo de permanencia de 10 minutos controlados por medios electrónicos.
- Capacidad por autobuses igual a 40 pasajeros.
- Longitud de bahía de ascenso y descenso 15 m.
- Área requerida por bahía en CETRAM Chalco 250 m².

Considerando el proyecto de vialidad en la autopista México Puebla con la alternativa 2+2 y en la Calzada Ermita Iztapalapa dar continuidad a 3 carriles por sentido más el carril de transporte colectivo lateral en cada sentido que permitirá ubicar bahías de ascenso y descenso.

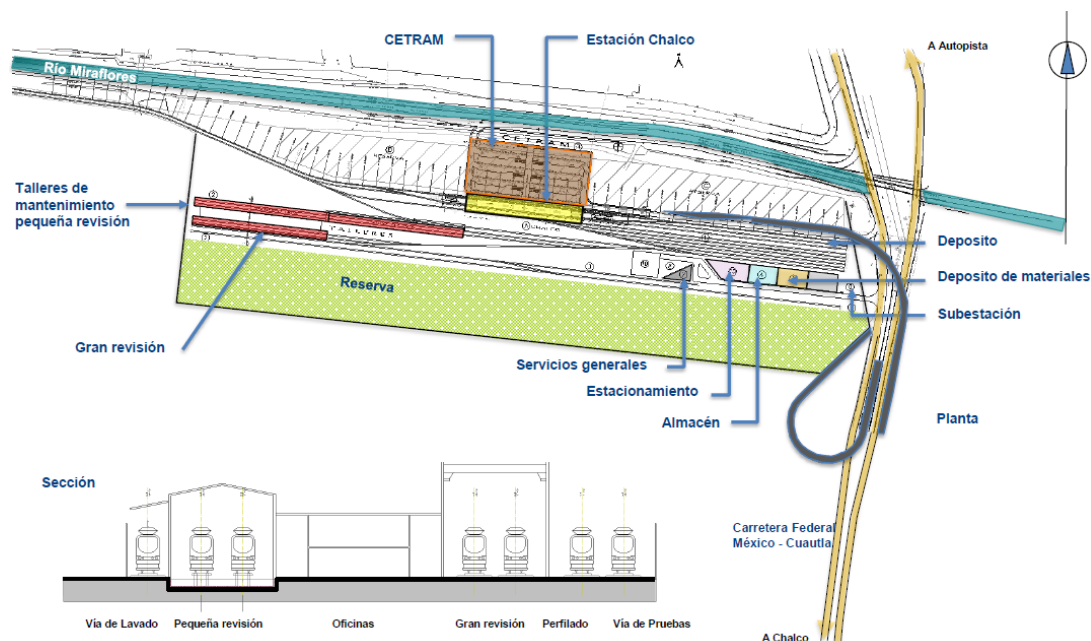
En la estación Chalco debe considerarse un área mínima de 70 bahías x 250 m² c/u = 17,500 m² pero de esta será necesario construir 8,250 m² en primera etapa.

Este análisis debe ser ratificado por el estudio de demanda que el concesionario debe llevar a cabo y por la reasignación de rutas de transporte de superficie.

3.3.5 Talleres de Mantenimiento

Se ubicarán en el predio de la terminal de Chalco, que cuenta con la superficie suficiente para su instalación.

Figura 83 Talleres de Mantenimiento Chalco



Fuente: Anteproyecto Conceptual de Obras Ferroviarias. GCI. 2011

Los servicios necesarios para la operación del sistema se definen a continuación de la siguiente forma

a) Sistema interno de Vías

Es el conjunto donde se llevará a cabo y se coordinarán las tareas de mantenimiento del equipo ferroviario, de los subsistemas técnicos e instalaciones fijas.

Este concepto estará integrado por las vías de: Estacionamiento de trenes y depósito, Servicios, Reperfilado y Vías de Pruebas, Limpieza de las EMU's interna y bajo bastidores y conexiones con la vía principal.

El esquema de vías y talleres propuesto en este documento es indicativo y deberá ser ratificado o rectificado por el concesionario de acuerdo a los resultados del "Estudio de capacidad de los talleres de mantenimiento" que deberá realizar.

El diseño definitivo de este esquema, deberá tomar como base las características y número de trenes del equipo ferroviario, los requerimientos de los subsistemas técnicos, los programas de mantenimiento y la cantidad del personal requerido y se podrá planear en etapas teniendo en cuenta dichas necesidades a lo largo de toda la concesión.

b) Talleres de mantenimiento de trenes e instalaciones fijas

El mantenimiento de trenes se divide en Mayor, Menor y Auxiliares

A continuación se define las necesidades mínimas de las naves destinadas a ellos.

Nave de mantenimiento mayor

Su longitud la definirá el material rodante, contara con las vías necesarias, sin electrificar, en la entrada del taller se ubicará la mesa baja para bogíes, una batería de gatos de levante para un vehículo, juego de gira bogíes, zona de reparación de bogíes y grúa viajera.

Es optativo para el concesionario ubicar de manera adosada una vía adicional para nave de pintura la que podrá contener 2 módulos; uno de preparación y pintura y otro de horneado.

Se equipará al menos con la siguiente maquinaria específica:

Prensa de calado y decalado de ruedas

Torno de ruedas

Prensa de precarga

Mesa baja de bogíes

Compartido con la nave de mantenimiento menor, taller de pantógrafos, intervención de equipos de freno, volantes y amortiguadores, limpieza de componentes y áreas de trabajo de distintas especialidades.

Nave de Mantenimiento Menor

Tendrá una longitud definida suficiente para alojar composiciones del material rodante de acuerdo a la explotación prevista.

Se preverá al menos vías con foso y catenaria, polipastos a la entrada para la extracción de equipos sobre techo, plataformas a lo largo del taller para acceso al techo del tren, una zona de oficinas en 2 plantas, puestos de trabajo de mantenimiento y locales técnicos.

Las vías deben incluir:

Conexiones para aire comprimido, iluminación en fosas para facilitar los trabajos de visita bajo caja, conexiones para suministro de energía a tensión comercial e industrial, rampas para acceso con ancho suficiente que permita la circulación de carretillas elevadas

Cabina de sopleteado y extracción de polvos en las áreas laterales y centrales de las fosas.

Se deberán prever los elementos para el mantenimiento al equipo ferroviario, que contendrán entre otros los equipos e instalaciones fijas, fosas de revisión e intercomunicación y acceso a los tres niveles de los trenes que a continuación se indica:

- Inferior Bogíes
- Intermedio Caja o estructura
- Superior Techo y pantógrafos

Estas preparaciones civiles y de espacio estarán de acuerdo con las características físicas del equipo ferroviario propuesto.

Talleres Auxiliares

En ellos se llevarán a cabo actividades de mantenimiento específico y su dimensionamiento estarán de acuerdo a los requerimientos de su equipo.

De acuerdo a su clasificación podrán estar divididos de la siguiente manera:

Para trenes

- Talleres de mantenimiento del equipo ferroviario
- Taller de vías
-
- Taller de subsistemas de energía
- Taller de catenaria
- Talleres de señalización
- Otros

Para las instalaciones fijas del Ferrocarril Suburbano

- Taller de carpintería
- Taller mecánico
- Taller eléctrico
- Taller soldadura y pailería
- Albañilería y acabados
- Otros

c) Construcciones auxiliares

Son espacios y construcciones donde se realizarán las actividades de apoyo a los talleres y patios, de acuerdo a la siguiente descripción:

- Almacén.- Es el edificio o nave donde se guardará y controlará todo el material, herramientas e insumos y los equipos que se emplearán en el Ferrocarril Suburbano.

- Depósito de materiales pesados para las instalaciones fijas.- Consistirá en una plataforma donde se estibarán los materiales pesados para el mantenimiento de las instalaciones fijas.
- Subestación eléctrica.- Para alumbrado y fuerza, sus dimensiones dependerán de las características específicas de los equipos.
- Caseta para la acometida de energía eléctrica.- Es la edificación que alojará los equipos de medición de la suministradora de energía eléctrica con lo que se determinaron en conjunto sus dimensiones.

Edificio de Servicios Generales

Contará con al menos los espacios para los servicios descritos a continuación:

- Administración
 - Archivo técnico con sala de consulta
 - Capacitación con aulas y cuarto de material didáctico
 - Servicio médico con espacio para ambulancia
 - Comedor y cocina
 - Patio de servicio
-
- Cisterna y cuarto de máquinas.- Se determinará el volumen de celdas y el equipamiento en función del requerimiento del conjunto para servicio y se deberá considerar las reservas y el volumen de protección contra incendio.
 - Depósito para Basura Industrial.- Depósito transitorio para los desechos inorgánicos producto de la operación de talleres, una caseta donde se almacenará de manera clasificada la basura industrial solida o líquida en contenedores especiales y los residuos considerados peligrosos.
 - Vialidades internas del conjunto de talleres.- El conjunto de patios y talleres deberá contar con las vialidades internas, externas, accesos y caseta de control para comunicar entre si las áreas y con el exterior.

d) Centro de control de tráfico y edificio administrativo.

Debido a la disponibilidad de espacio en el complejo terminal de Chalco se propone localizar en este el centro de control de tráfico y el edificio administrativo.

CENTRO DE CONTROL (CC).- es la construcción desde la cual se controlará y regulará la operación del servicio así como el suministro de energía eléctrica.

Deberá permitir realizar las siguientes operaciones:

- CTC.- Control de Mando Centralizado. Opera, supervisa y controla a distancia el subsistema de señalización.
- CCE.- Centro de control de Energía.- Manda, supervisa y controla a distancia el subsistema de suministro de energía.
- Telesupervisión y Telemando de equipos auxiliares opcional. Manda remotamente los equipos electromecánicos de las estaciones a través del SCADA.
- CS.- Control de Seguridad y Emergencia.- Coordina y enlaza el personal de vigilancia con los servicios de emergencia.

Se deberán prever, en las zonas de locales técnicos y operativos áreas para equipos, seguridad y mantenimiento y para el caso de sustitución de los equipos, el espacio y la ruta para la movilización de los mismos hacia montacargas o partes especiales.

El edificio deberá contar con zonas para:

- Control.- Supervisará y controlará el mando de los equipos para la regulación del servicio.
- Gabinetes.- Para elementos de intrafase y control
- Cableado.- Para ordenamiento y conducción de cables que conectan a los gabinetes.
- Batería.- Respaldo de energía para los equipos de control.
- Administración y Capacitación.- Oficinas administrativas del centro de control, incluyendo sala de juntas y aulas para capacitación.

- Permanencias de Personal Técnico.- Locales donde se desarrollarán tareas del personal de mantenimiento
- Servicios sanitarios

Edificio Administrativo.

Es el edificio donde se alojarán las oficinas generales del Ferrocarril Suburbano del Sistema 3 y podrá estar integrada entre otras por las siguientes áreas:

- Dirección
- Recursos humanos
- Jurídica y vigilancia
- Programación e informática

Para el diseño del edificio se deberá realizar el programa de necesidades y arquitectónico basado en la operación del sistema propuesto.

Es conveniente ubicar el edificio administrativo y el centro de control en la misma zona que ocupan los otros edificios de la línea con la finalidad de optimizar los servicios.

3.3.6 Confinamiento

El trazo está ubicado en dos entidades en el Estado de México en una longitud aproximada de 15.00km y en el Distrito Federal en una distancia de 8.00km, el trazo inicia en la Estación Chalco y prosigue en forma paralela al Río Miraflores cruza éste, terrenos industriales, y la Autopista México - Puebla donde se ubica el trazo al centro de esta.

Para el tramo entre las estaciones de Santa Martha y Constitución de 1917 sobre la Calzada Ermita Iztapalapa, la solución es en toda su longitud elevada, por lo que se tiene un confinamiento aéreo para tramos y estaciones.

Figura 84 Secciones de tramos sobre la Autopista México - Puebla

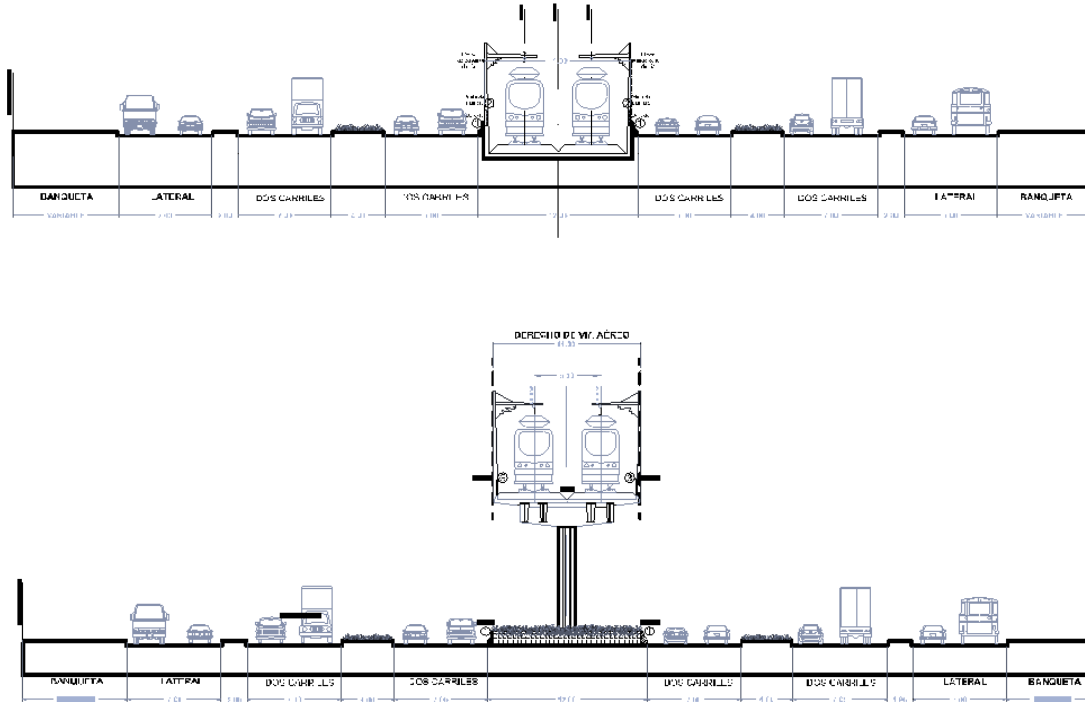
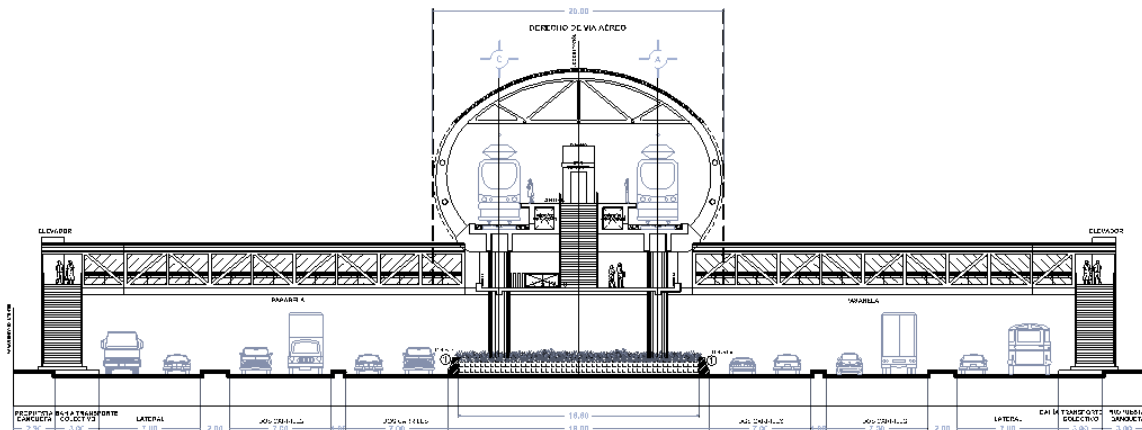
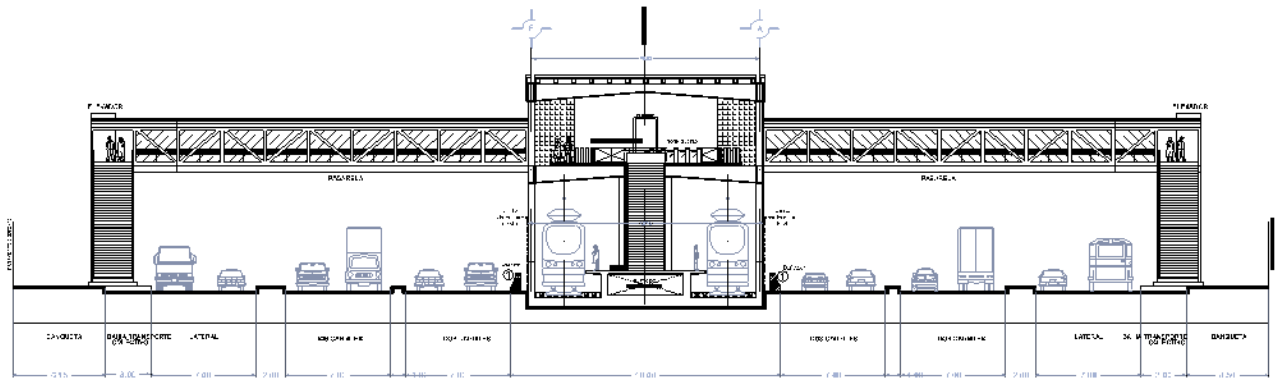


Figura 85 Secciones de estaciones sobre la Autopista México - Puebla



Fuente: Anteproyecto Conceptual de Obras Ferroviarias. GCI. 2011



Fuente: Anteproyecto Conceptual de Obras Ferroviarias. GCI. 2011

Para el tramo sobre la Calzada Ermita Iztapalapa, las condiciones de confinamiento son las siguientes

Figura 86 Sección de estación tipo sobre el tramo Ermita - Iztapalapa

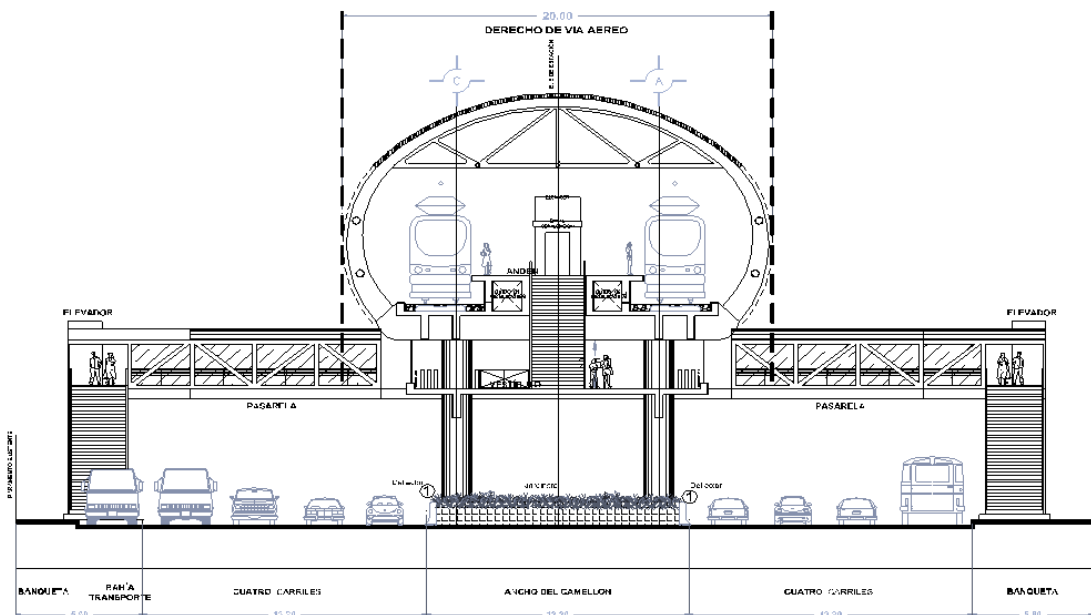
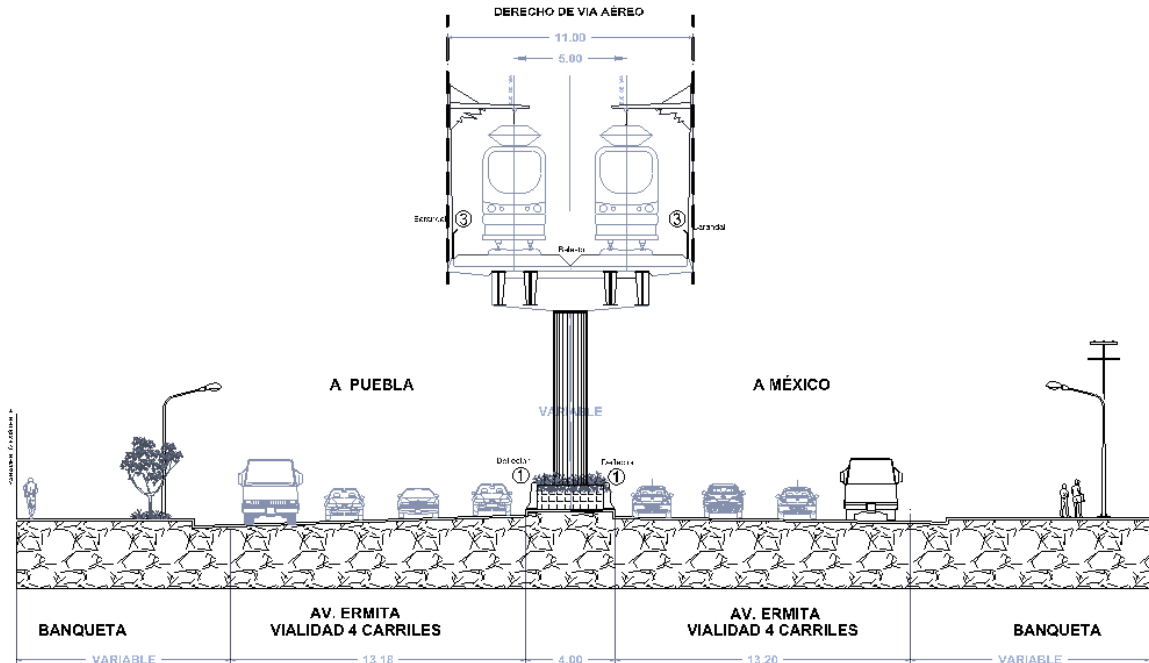


Figura 87 Sección tipo de estructura elevada sobre Ermita - Iztapalapa



Fuente: Anteproyecto Conceptual de Obras Ferroviarias. GCI. 2011

3.3.7 Lineamientos técnicos y funcionales de los subsistemas ferroviarios.

A continuación se describen los requerimientos y parámetros que se han considerado para determinar las características que deben tener los diferentes subsistemas técnicos que conforman el sistema de transporte ferroviario FS 3, que formará parte de la red de transporte ferroviario suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México así como los avances que se tienen a la fecha.

Queda establecido que el servicio que se está definiendo corresponde a un sistema de transporte ferroviario masivo, de tipo suburbano, con tracción eléctrica.

a) Vías

A continuación se establecen los requerimientos funcionales generales de la vía:

- Trocha de estándar internacional de 1,435 m, utilizada en México.
- La velocidad de diseño de 130 km/h.
- El perfil de la línea deberá proyectarse considerando que la pendiente máxima no deberá ser superior al $\pm 5.0 \%$.
- Para el trazado de la línea en vías principales deberán considerarse radios superiores a 500 m en las curvas horizontales, en casos excepcionales de 300 m.
- El radio de curvatura para las curvas verticales será de 6,520 m, en casos excepcionales de 3,900 m.
- Las estaciones, las vías de maniobra, de terminal y de estacionamiento deberán quedar en terreno con pendiente nula o no mayor a $\pm 0.2 \%$, para evitar la deriva de un tren cuyos frenos no estén activos.
- El riel a utilizar será tipo 115 RE, bajo normas UIC 860-R o equivalente.
- La vía será aislada y elástica, con inclinación de 1/40 y largo riel soldado (LRS).
- Durmientes de concreto monobloque preesforzado.
- Aparatos de vía instalados sobre durmientes de concreto compatibles con el riel 115 RE, que permitan el tránsito de los trenes a la velocidad máxima de diseño. Las agujas provistas con cerrojos mecánicos y electrónicos, accionadas por motores con el mando a distancia.

b) Suministro de Energía Eléctrica

La energía de tracción adoptada para este tipo de sistemas de transporte de pasajeros, es la energía eléctrica en corriente alterna (CA), ya que presenta grandes ventajas sobre la corriente continua (CC). La CA monofásica en la frecuencia comercial de México (60 Hz) y

el nivel de tensión de 25 kV, resultan lo más conveniente por la generalidad de su uso, por el dimensionamiento adecuado de la catenaria, los menores valores de corriente eléctrica, mayor rango operativo y bajas caídas de tensión (de acuerdo a las normas UIC).

Este sistema también es el que presenta más ventajas económicas sobre el sistema de CC por menor diámetro de conductores y menor número de subestaciones de tracción entre otros. El uso de esta alimentación permitirá en un futuro la integración con otras líneas férreas electrificadas en México, como es el FS-1.

El suministro de energía, después de la conexión en alta tensión con el suministrador (CFE), estará compuesto por dos secciones: una para tracción, que energizará la catenaria y otra para alimentar los servicios auxiliares.

El suministro de energía de tracción contará con protecciones eléctricas, puestos de seccionamiento y maniobra por telemando, para dar seguridad y flexibilidad a la operación de los trenes en condiciones normales como en situaciones de falla y labores de mantenimiento.

La catenaria distribuirá de una manera eficiente la energía eléctrica a los trenes de acuerdo con las condiciones de operación, los intervalos entre trenes, la aceleración de los trenes y las velocidades máximas permitidas.

Por lo tanto, el subsistema de suministro de energía incluirá: La subestación de energía de tracción, la de energía auxiliar y su telemando.

c) Subsistema de señalización y control

El subsistema de señalización y control, tiene el propósito de proteger y operar con seguridad los trenes y elevar la eficiencia del tráfico del sistema.

Este sistema deberá ser concebido con altos estándares de seguridad.

Permite el control, la regulación de la marcha de los trenes y vigilancia centralizada de la operación, evitando la colisión entre trenes, que se rebasen las señales en rojo, que excedan los límites de velocidad autorizados.

Todos los componentes de seguridad deberán ser altamente confiables, considerando que cualquier falla del hardware o del software, que comprometa la seguridad, generará un estado más restrictivo.

El subsistema deberá permitir y asegurar la operación de trenes para una velocidad máxima de 130 km/h y un intervalo mínimo de 3 minutos.

El subsistema de señalización que se ha contemplado está basado en el estándar ERTMS (European Rail Traffic Management System, Sistema de Gestión de Tráfico Ferroviario Europeo) Nivel 1, ampliamente usado en Europa, Asia y América Latina.

Los objetivos para sugerir la utilización del ERTMS son:

- Estandarizar los subsistemas de señalización y control a implantar en México.
- Aumento de capacidad de las líneas reduciendo el intervalo entre trenes.
- Aumentar los niveles de seguridad.
- Utilizar sistemas abiertos que permitan terminar con proveedores exclusivos.
- Posibilidades de evolución al Nivel 2 del ERTMS.

d) Subsistema de comunicaciones

Proporciona los enlaces de comunicación requeridos en la operación.

Los equipos que deberán estructurar la red de comunicaciones son los que se describen a continuación:

- Radio comunicación digital.- Proporcionará la comunicación entre el CTC con los trenes, la comunicación entre los diferentes grupos de mantenimiento y sus centros de trabajo, envío de mensajes del CTC a los usuarios dentro de los trenes y otras funciones de apoyo.
- Telefonía.- Permitirá establecer la comunicación entre las diferentes áreas operativas y técnicas del FS3, proporcionando dos grupos funcionales e independientes, la telefonía directa y la telefonía automática.

- Los equipos de Grabación.- Serán el medio en el que se respaldarán todas las comunicaciones que por su importancia incidan en la seguridad de la operación.
- Difusión sonora.- Enviará mensajes de interés a los usuarios en las estaciones.
- Reloj de Sincronía.- Este reloj o grupo de relojes, serán sincronizados vía GPS, fungirán como servidores horarios que permitirán, distribuir un tiempo y fecha únicos a los equipos de los otros subsistemas.
- Pantallas de información a usuarios.- Permitirán mostrarán a los usuarios y al personal del Ferrocarril Suburbano, la hora y fecha y otras informaciones de interés.
- El SCADA.- Contará con puestos de supervisión que permitirán visualizar el estado de los diversos subsistemas y la condición de los mismos en tiempo real e histórico, mediante un ambiente gráfico.

e) Boletaje

El control de entrada y salida se realizará por medio de dispositivos versátiles y estar preparado para un sistema tarifario en el que el costo del viaje dependerá del recorrido realizado, es decir, del punto de ingreso y del punto de egreso del usuario.

Estará basado en el uso de tarjetas inteligentes sin contacto (títulos de transporte),

Los títulos de transporte serán vendidos o recargados a través de máquinas expendedoras automáticas o taquillas.

Registrará cualquier transacción realizada (venta, recarga, entrada salida, etc.) Las transacciones se registrada en una base de datos, que por lo menos deberá contener la siguiente información:

- estación donde se registró la transacción,
- acceso donde se registró la transacción,
- fila donde se registró la transacción,
- equipo de control de acceso donde se registró la transacción,

- tipo de título de transporte de la transacción que se registró (por ejemplo: pases, abono y viajes, entre otros),
- fecha y hora en que se registró la transacción,
- equipo de control de acceso donde se registró la transacción.

f) Material Rodante

El material rodante para este Sistema de Transporte deberá tener una alta capacidad de pasajeros, a fin de que pueda ofrecer una alta oferta de transporte para un servicio de tipo suburbano.

Los trenes serán nuevos, de accionamiento eléctrico, formados por Unidades Múltiples Eléctricas (EMU) de rodadura férrea, bidireccionales.

Serán alimentados eléctricamente con 25 mil volts monofásicos, 60 Hz. La captación de energía de la EMU se realizará por pantógrafos superiores.

La tracción eléctrica contará con motores de corriente alterna trifásicos alimentados por onduladores a microprocesadores. Contará con un frenado eléctrico con recuperación de energía.

Los trenes estarán protegidos en la operación por un sistema ATP (Automatic Train Protection), compatible con el sistema de señalización de la línea.

En el compartimiento de pasajeros y en la cabina de conducción se contará con equipos de aire acondicionado.

Los trenes contarán con pasillos de intercomunicación entre coches.

g) Capacidad de pasajeros de los trenes

Las plazas ofrecidas por tren estarán en función de la demanda de pasajeros esperada en la Interestación más cargada y el intervalo de operación.

El área ocupada por cada pasajero sentado deberá ser al menos de 0.41 metros cuadrados.

Como mínimo el 20% del número total de pasajeros, por EMU en carga nominal, deberán ir sentados. Cada coche deberá contar con 1.5 m² destinado a ubicar una silla de ruedas para discapacitados.

En el cálculo de la capacidad de un tren se considerará la cantidad de coches de cada tipo que forma una unidad (EMU) acoplados en forma semipermanente (coches con cabina y sin cabina) y la cantidad de asientos y de superficie libre de cada uno.

La densidad máxima de pasajeros de pie por m² no deberá rebasar los 6 pasajeros de pie por m² como promedio en la hora pico.

h) Formación de los trenes e intervalos de operación

Un tren podrá estar compuesto de una o más unidades múltiples, en congruencia con la longitud del andén. En el cálculo de capacidad de un tren se considerará la cantidad de unidades múltiples que forman el tren.

El valor del intervalo propuesto deberá permitir brindar un servicio de calidad y no podrá ser mayor a 5 (cinco) minutos en horas pico ni mayor de 10 minutos en horas valle; en las cuales se podrá prestar un servicio con un intervalo entre trenes de hasta 15 (quince) minutos cuando se compruebe que la demanda real es menor al 80% de la oferta programada.

El tiempo de tolerancia para recuperar atrasos en el recorrido del tramo Chalco – Constitución de 1917 o viceversa será de 3 (tres) minutos.

i) Horario del servicio comercial

Cada día hábil se prestará el servicio comercial, al menos, entre las 05:00 a.m. (inicio del recorrido del primer tren de cada Terminal) y las 00:30 a.m. (inicio del recorrido del último tren de cada Terminal) del día siguiente, sin excepción.

Los Sábados se prestará el servicio comercial, al menos, entre las 06:00 a.m. (inicio del recorrido del primer tren de cada Terminal) y las 00:30 a.m. (inicio del recorrido del último tren de cada Terminal) del día siguiente, sin excepción.

Para los Domingos y días festivos el servicio comercial dará inicio al menos a las 07:00 a.m. y terminará por lo menos a las 00:30 a.m.

j) Franjas horarias

El programa de servicio establecerá las franjas horarias adoptadas y su duración en función del volumen de pasajeros esperado para cada una de ellas, clasificándolas en: horas pico, horas valle y, de considerarlo necesario, en horas intermedias, brindando la calidad de servicio esperada

k) Oferta de transporte en las franjas horarias

La oferta mínima de servicios que deberá brindar deberá igualar o superar la demanda diaria de transporte, en el segmento entre estaciones con mayor carga de pasajeros, en las diferentes franjas horarias de los días hábiles, sábados, domingos y días festivos.

El servicio de calidad establecido regirá para todos los años de vigencia de la Concesión.

De acuerdo con las proyecciones de crecimiento de la demanda deberá contar con el Equipo Ferroviario para brindar un servicio de calidad.

l) Velocidad comercial

La velocidad comercial deberá ser superior a 46 km/h. La velocidad comercial es calculada mediante la relación de la distancia entre las terminales y el tiempo que tarda un tren en servicio comercial en recorrer esta distancia, incluyendo los tiempos de las detenciones intermedias en las estaciones.

Los tiempos de detención en estaciones deberán estar acordes a la demanda de pasajeros, la capacidad de los trenes y los intervalos de operación previstos.

Se considerará una velocidad máxima de los trenes de 130 km/h.

Para cumplir con seguridad esta velocidad máxima, la Vía Férrea deberá cumplir las características establecidas en el subsistema de Vías.

m) Tiempo de viaje

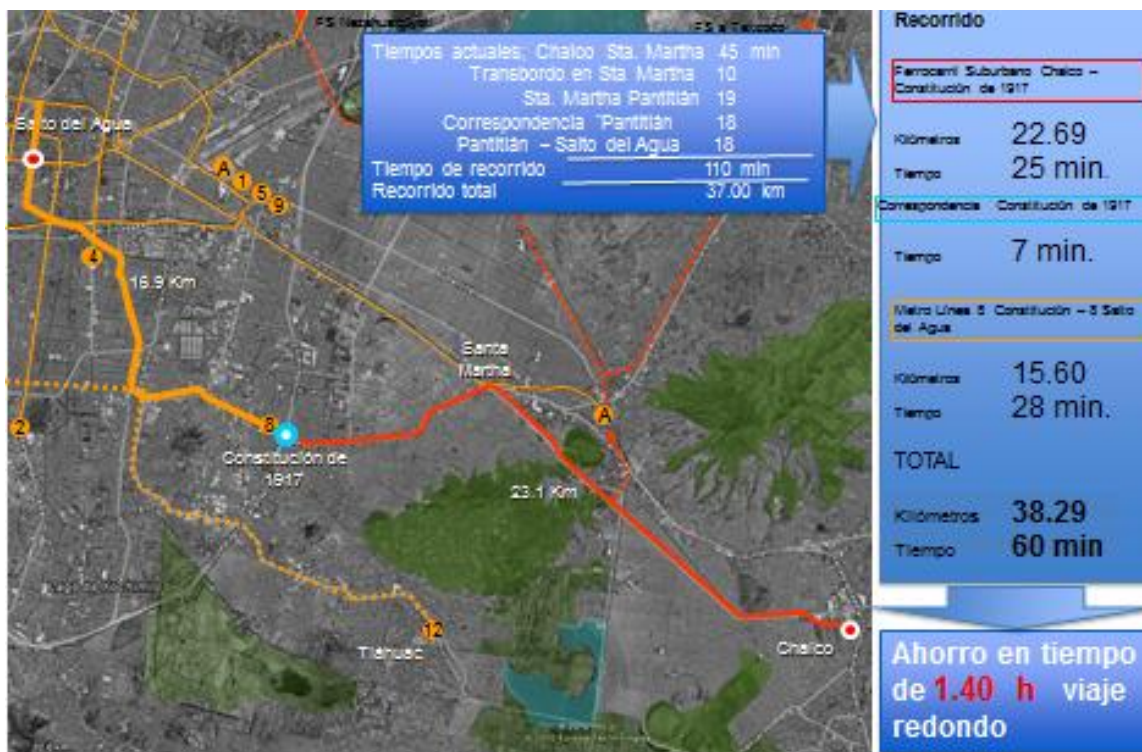
Deberá respetar los valores máximos de tiempo del viaje comercial entre las terminales, el cual se calcula como la distancia entre las terminales dividido entre la velocidad comercial establecida.

Se considerará un 8% del tiempo de viaje como reserva de tiempo.

Podrá brindar un servicio cuyo tiempo de viaje sea menor al establecido, en tanto se respeten los tiempos de detención mínimos establecidos.

Se podrá acordar la modificación del tiempo de viaje si el crecimiento de la demanda obligara a aumentar el tiempo de detención en las estaciones

Figura 88 Ejemplo de tiempo de recorrido actual vs. TS3



Fuente: GCI

n) Indicadores de desempeño.

Calidad de servicio

- La calidad del servicio de pasajeros se apegará a la Norma UNE-EN 13816.
- El servicio de transporte será altamente seguro, similar a los sistemas de metro.

Estándares de seguridad

- Índice de seguridad “A”. Índice de accidentes que ocasionan muertes o lesiones graves.
- Índice de seguridad “B”. Índice de accidentes en la operación de trenes que ocasionan daños a los bienes o a los equipos

Vigilancia

- Contará con una organización de vigilancia que actuará en las estaciones, trenes y demás dependencias del Ferrocarril Suburbano.
- Existirán mecanismos de colaboración con las entidades y dependencias de seguridad pública para asegurar una rápida y eficiente comunicación en caso de requerirse su intervención.

Confiabilidad del servicio

- Existirán medidas técnicas y organizativas que permitan razonablemente mantener la prestación del Servicio de Transporte aún en caso de falla o de averías.

Cumplimiento de la oferta de trenes

- Se contarán con índices de medición del cumplimiento de servicio.
- Se propone la elaboración de un manual detallado para el cumplimiento de los indicadores de desempeño de la concesión.

Regularidad y puntualidad

- Se contarán con índices de medición para la regularidad y puntualidad de los programas del servicio

Eficiencia del servicio

- Las obras, el Equipo y Subsistemas Ferroviarios y los procesos operativos y de mantenimiento deberán ser planificados, implantados y ejecutados para lograr el máximo de su utilización al menor costo posible.
- Se contará con índices de medición de la eficiencia del servicio de transporte

Accesibilidad del servicio

- Accesibilidad externa. Las instalaciones de las estaciones y terminales permitirán una accesibilidad adecuada para peatones.
- Accesibilidad interna. En las estaciones y terminales, el flujo de los pasajeros tendrá prioridad absoluta sobre otras funciones del edificio.

Expedición de títulos de transporte

- La venta de títulos de transporte estará disponible durante la totalidad del horario de servicio en todas las estaciones y terminales de la línea.

Accesibilidad para personas con capacidades diferentes

- Las instalaciones proporcionarán accesibilidad a las personas con capacidades diferentes de conformidad con las disposiciones legales aplicables.

Información a usuarios sobre el servicio

- Información general e información relativa al viaje en condiciones normales y extraordinarias. Contará con medios para brindar información general y señalamientos dirigidos a los usuarios del servicio, en condiciones normales y de afectación del servicio por medios acústicos o visuales.
- Sistema de atención a usuarios. Se contará con un sistema de atención al usuario, con personal debidamente capacitado.

3.4 Calendario de actividades

Para la estructuración del proyecto y su licitación se propone realizarlas durante el segundo semestre de 2011. El proceso de licitación durará 6 meses y la ejecución de las obras durará dos años y medio para la puesta en marcha del sistema ferroviario

3.5 Tipo de proyecto

El proyecto Suburbano 3, se cataloga como un proyecto de infraestructura económica de acuerdo a los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, Sección II:

“Los proyectos de infraestructura económica, cuando se trate de construcción, adquisición y ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios en los sectores de agua, comunicaciones y transporte, electricidad, hidrocarburos y turismo....”

El objetivo principal del TS3 es el de mejorar la movilidad de la Zona Oriente de la ZMVM, en este sentido el proyecto permitirá:

- Incrementar la eficiencia del transporte de pasajeros entre zonas de trabajo y de vivienda
- Elevar la competitividad de las delegaciones y municipios de la zona de influencia

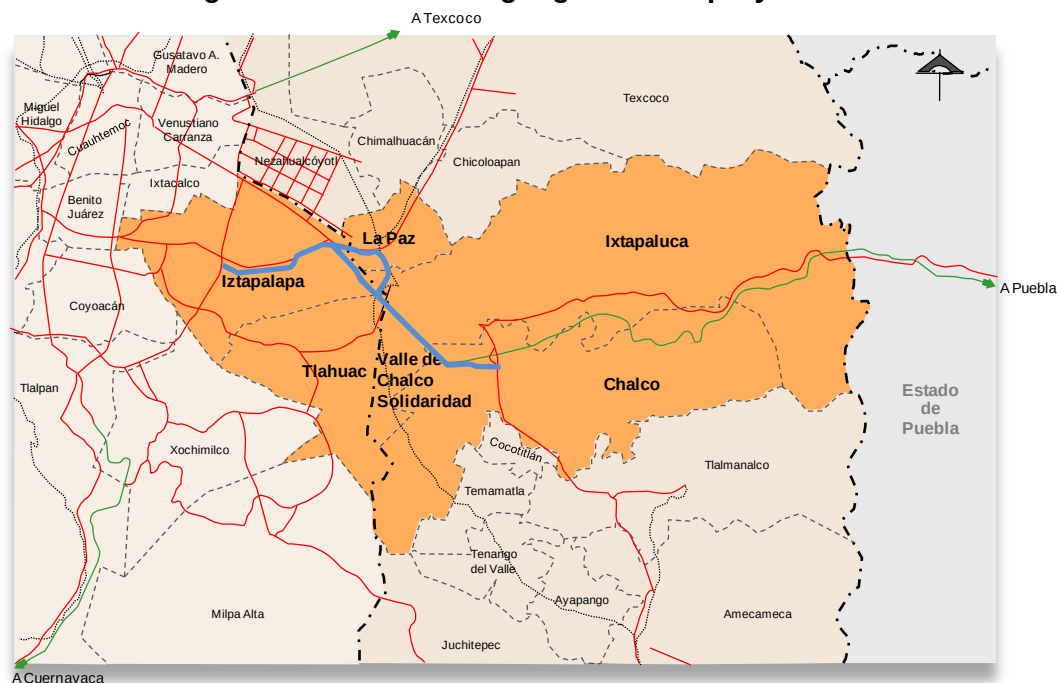
- ### 3.6 Localización geográfica

La zona de influencia del Sistema 3 del Ferrocarril Suburbano tiene una población de 3.6 millones de personas al año 2010. Se estima que 2.2 millones son usuarios potenciales del proyecto.

La oferta actual de infraestructura (STC Metro, red vial, Autopista y carretera federal México – Puebla) se encuentra rebasada por la demanda, generando demoras que afectan a sus usuarios.

La movilidad está condicionada por un gran número de unidades de transporte público de baja capacidad con limitadas opciones de transporte masivo.

Figura 89 Localización geográfica del proyecto



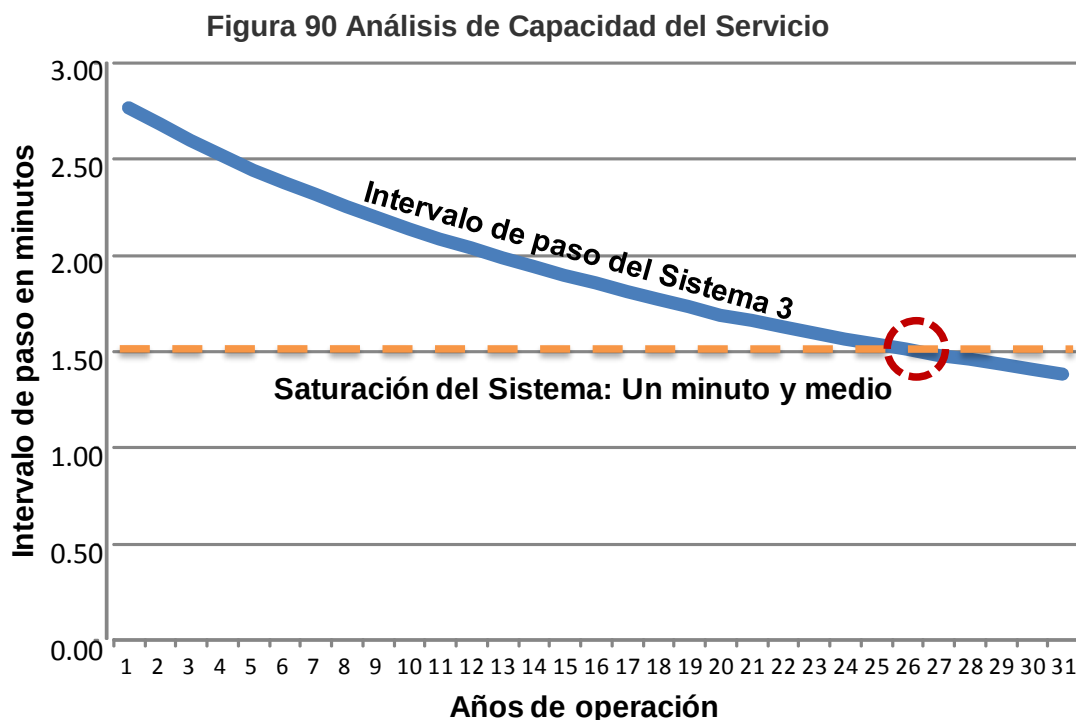
3.7 Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación

Se considera una vida útil del proyecto a 30 años, considerando el adecuado mantenimiento de éste. Este periodo es igual que el establecido en la vigencia del Título de Concesión que se licitará.

3.8 Capacidad instalada

En este tipo de sistemas, trenes suburbanos, ligeros y metro, el índice de capacidad generalmente utilizado es el intervalo de paso, esto es el tiempo de espera promedio entre un convoy y otro. Para que un sistema tenga un buen desempeño el intervalo de paso no debe ser menor a un minuto y medio, a partir de ese momento se considera que el sistema comienza a saturarse.

En el caso del Sistema 3, al final de horizonte de evaluación la operación se encuentra en esos niveles, como se muestra en la figura siguiente



Fuente: Estimación FOA Consultores.

Tomando como base la información de oferta y demanda, a continuación se presentan los indicadores de capacidad del proyecto, la cual es inicialmente de 18,729pasajeros en hora pico, pero evolucionará en el horizonte hasta alcanzar más de 43 mil pasajeros en hora pico.

Tabla 21 Análisis de capacidad

Indicadores Operativos	UNIDAD	2014	2015	2020	2025	2030	2035
Capacidad en la HP	<i>pax/hora</i>		14526	27790	31368	35191	38862
Capacidad diaria	<i>miles pax/día</i>		224	429	484	543	599
Indicadores operativos							
Trenes-km en horas pico - día hábil	<i>miles/día</i>	-	5	9	10	12	13
Trenes-km en horas valle - día hábil	<i>miles/día</i>	3	3	3	3	3	3
Trenes-km en fines de semana	<i>miles/día</i>	5	5	5	5	5	5
Trenes-km anuales	<i>miles</i>	1,081	2,337	3,485	3,795	4,126	4,443
EMUs-km anuales	<i>miles</i>	1,081	2,337	3,485	3,795	4,126	4,443
Coches-km anuales	<i>miles</i>	4,322	9,350	13,941	15,179	16,502	17,773
Pasajeros año	<i>miles</i>	-	83,858	160,427	181,082	203,154	224,341
Pasajeros/tren día habil		-	1,393	1,712	1,762	1,807	1,843
Pasajeros/tren		-	839	1,077	1,117	1,152	1,182
Pasajeros/coche.kilómetro		-	8.97	11.51	11.93	12.31	12.62

Fuente: Estimación FOA Consultores.

3.9 Metas anuales

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las siguientes:

Tabla 22 Metas físicas anuales

Concepto	Año	Año
	2012	2014
Terrenos	100%	0%
A. Obra Carretera y Urbana	100%	0%
B. Infraestructura Ferroviaria y electromecánica	30%	100%
C. Terminales	30%	100%
D. Estaciones	30%	100%
E. Talleres y Encierros	30%	100%
F. Centro de Control, comunicaciones y control	0%	100%
G. Equipo de cobro y boletaje	0%	100%
H. Equipo de Transporte	0%	100%
I. Otros (permisos, impacto ambiental, proyecto ejecutivo, supervisión de obra, etc.)	30%	100%

3.10 Beneficios anuales y totales

Identificación, cuantificación y valoración de beneficios

Se implementará un nuevo sistema de transporte público con mayor capacidad que desarrolle nueva infraestructura confinada de transporte público, que operaría a mayores velocidades y que genere menores niveles de contaminación y de accidentes.

En resumen, el proyecto traerá consigo los siguientes beneficios o externalidades positivas.

Tabla 23 Beneficios identificados para el proyecto

Beneficios	Tipo
Ahorros en costos de operación vehicular	Beneficios Económicos Cuantificable
Ahorros en tiempo de traslado de los usuarios	Beneficios Económicos Cuantificable
Disminución en los niveles de emisión de contaminantes	Beneficios Económicos Cuantificable
Disminución de accidentes	Beneficios Económicos Cuantificable
Liberación de Infraestructura	Beneficios Económicos Cuantificable
Incremento en los niveles de seguridad y confort para el usuario	Beneficios Sociales no Cuantificables
Mejora en la calidad de vida al reducir el tiempo dedicado al transporte	Beneficios Sociales no Cuantificables
Posibilidades de integración física, financiera y tecnológica con otros sistemas de transporte urbano	Beneficios Sociales no Cuantificables
Incremento en la competitividad de la ciudad	Beneficios Sociales no Cuantificables

De lo anterior, los beneficios que se derivarían de la realización del proyecto se identificaron, fueron cuantificados y valorados sobre la base de las situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto en un horizonte de evaluación de 30 años, como se presenta a continuación.

Los beneficios que se derivarían de la realización del proyecto y con metodología para su cuantificación, se identificaron y valoraron sobre la base de las situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto en un horizonte de evaluación de 30 años.

Se identificaron los siguientes conceptos o rubros de beneficios que se describen más adelante:

- Ahorros en costos de operación vehicular
- Beneficios por liberación de infraestructura de transporte
- Ahorros en tiempo de los usuarios del transporte
- Beneficios por reducción de accidentes mortales

3.11 Descripción de aspectos técnicos, legales y ambientales

3.11.1 Aspectos Legales

Régimen Legal aplicable a la Licitación

- La Licitación se desarrollará con base en los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, del Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 y con fundamento en los artículos 28 y 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 36 fracciones I, VII, VIII y XXIV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 2, 3 fracción I, 4, 6 fracciones I, II, III, IV y IX, 7 y 9 y 17 de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; 3 fracción III, 4, 6 fracciones VI y XX, 9, 16, 28 fracción V y 72 de la Ley General de Bienes Nacionales; 4 y 58 del Reglamento del Servicio Ferroviario; 6 fracciones XII y XVII y 10 fracción XVI y 23 fracción II del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; y demás disposiciones legales aplicables.

Régimen Legal aplicable a la Concesión

- La construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de las vías férreas y la prestación del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros, en la modalidad de regular suburbano en la ruta Chalco-Santa Martha-Constitución de 1917 y sus ampliaciones, incluyendo los servicios auxiliares; el uso, aprovechamiento y explotación de los bienes inmuebles del dominio público de la Federación, así como los demás derechos y obligaciones establecidos en la Concesión, se sujetarán a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, a la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario y su Reglamento, la Ley de Vías Generales de Comunicación, la Ley General de Bienes Nacionales, , la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Federal de Competencia Económica, la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, los tratados internacionales firmados por el Gobierno de México y aprobados por el Senado de la República, en caso de ser aplicables, así como las demás leyes, reglamentos, decretos, normas oficiales mexicanas, normas mexicanas, las condiciones establecidas en el Título de Concesión y las normas internacionales que resulten aplicables.

3.11.2 Aspectos relevantes de los estudios físicos y ambientales

Existen barreras físicas que han condicionado el desarrollo de la vialidad en la zona oriente del Área Metropolitana del Valle de México en la que se encuentran localizados las dos delegaciones y cuatro municipios donde se encuentra el tramo de la línea del Ferrocarril Suburbano.

Estas barreras se deben a varios aspectos: Orografía, Infraestructura Hidráulica e Infraestructura Vial.

Orografía

Como barreras orográficas que han limitado el crecimiento urbano podemos mencionar los siguientes:

En las delegaciones Iztapalapa y Tláhuac se ubican la Sierra de Santa Catarina, y el Peñón del Marqués. En el municipio de los Reyes La Paz, encontramos tres regiones geomorfológicas, la planicie lacustre en la zona poniente del municipio, lomeríos y piedemonte de colinas redondeadas como los volcanes El Pino y Chimalhuache y la sierra de Santa Catarina en la que se localiza el volcán la Caldera que presenta 2 cráteres comúnmente conocidos como las Calderas Chica y Grande, las cuales tienen un uso agrícola en su interior y rebasa los 2500 metros sobre el nivel del mar y su laderos tienen pendientes de más del 30%.

En el municipio del Valle de Chalco sólo existe una zona con pendientes mayores al 25% que se localiza al oriente del municipio en los límites municipales del Ixtapaluca Tlalmanalco que se encuentra en zonas boscosas y en la que no se observa afectación alguna al desarrollo urbano.

Ixtapaluca tiene como característica una topografía accidentada en el 70% de su superficie, el 91% de su suelo no está ocupado con usos urbanos, sin embargo es receptor de migraciones, situación que hace que exista una gran presión para ocupar nuevas tierras. Se observa una gran concentración en la cabecera municipal y una gran dispersión en el resto del territorio que se localiza ya en las estribaciones de las sierras de los grandes volcanes.

Hidrología

En la delegación Ixtapaluca no encontramos aspectos hidrológicos que afecten el trazo de la línea, en Tláhuac en la colindancia con el Estado de México existe una zona de inundación permanente llamada Ciénega de Tláhuac.

En el municipio de Los Reyes La Paz se localiza un tramo del Canal de la Compañía, que desaloja las aguas negras de los municipios de Chalco, Ixtapaluca, Chimalhuacán, La Paz y Nezahualcóyotl; y desemboca en el Gran Canal de la Ciudad de México. Su trayectoria proviene del municipio de Ixtapaluca, al sureste de La Paz y atraviesa el municipio hacia el poniente en dirección al límite entre los municipios de Nezahualcóyotl y Chimalhuacán.

Actualmente está en proceso la solución hidráulica de una zona inundable que se localiza en los alrededores de la Estación Santa Martha del Metro y el Distribuidor Vial La Concordia.

El municipio del Valle de Chalco se encuentra localizado en una de las áreas más bajas de la zona oriente del Valle de México, motivo por el cual se generan lagunas en el límite de la delegación Tláhuac, procedentes de los escurrimientos del Cerro de Xico. En época de lluvias es necesario el bombeo de aguas pluviales para evitar inundaciones importantes utilizando los ríos y canales existentes en la zona que son 3: Canal de la Compañía, Río Amecameca y Río Acapol.

El Canal de la Compañía se encarga de conducir las aguas residuales provenientes de los municipios de Tlalmanalco, Ixtapaluca y Valle de Chalco. El Río Amecameca drena la parte sur del municipio reutilizando sus aguas en zonas agrícolas y el Río Acapol drena la parte poniente del mismo.

Es muy importante mencionar que la trayectoria del Canal de la Compañía aunado al nivel de sus aguas que es más elevado en 5 ó 6 metros con respecto al terreno natural, provoca una barrera física en el sentido oriente – poniente y grandes Zonas de Riesgo sujetas a inundaciones periódicas localizadas al oriente y al poniente del puente donde la Autopista México – Puebla cruza sobre el Canal, localizado en las estribaciones del Cerro del Elefante, lo que se une al hecho que desde el aspecto geotécnico se forma un punto

duro que ha provocado el comportamiento irregular en los asentamientos del lecho del Canal.

Esta problemática ha generado que la Comisión Nacional del Agua haya construido un túnel profundo paralelo al canal, que disminuirá los riesgos de inundaciones, sin embargo el uso del canal superficial continuará sobre todo en épocas de estiaje ya que permitirá dar el mantenimiento requerido.

En el municipio de Ixtapaluca y formando su límite con el municipio de Valle de Chalco se localiza también el Canal de la Compañía cuya problemática ya fue descrita.

Por otra parte la región hidrológica de la cual forma parte está integrada por el Río San Francisco ubicado al sur del municipio y los escurrimientos más importantes vienen de norte a sur, por los arroyos que conforman la Barranca de los Muertos, el Río Santo Domingo, la barranca el Petrero y el Río San Francisco. De éstas deberán ser tomadas en cuenta las obras hidrológicas tales como el vaso regulador que se ubica en la confluencia de la Autopista México – Puebla y la Carretera Federal a Cuautla, zonas adyacentes a los terrenos propuestos para la terminal de la línea.

3.12 Avances en la integración del expediente técnico

El avance en la obtención de los elementos requeridos para iniciar la ejecución del proyecto es el siguiente:

Tabla 24 Avances en los requerimientos del proyecto

Elemento	Existe (SI/NO)	Avance (%)
Proyecto ejecutivo	No	50%
Derecho de vía	Parcial	60%
Permisos	Parcial	30%
Manifestación de impacto ambiental	No	
(Indicar otros)		

3.13 Costo total del proyecto

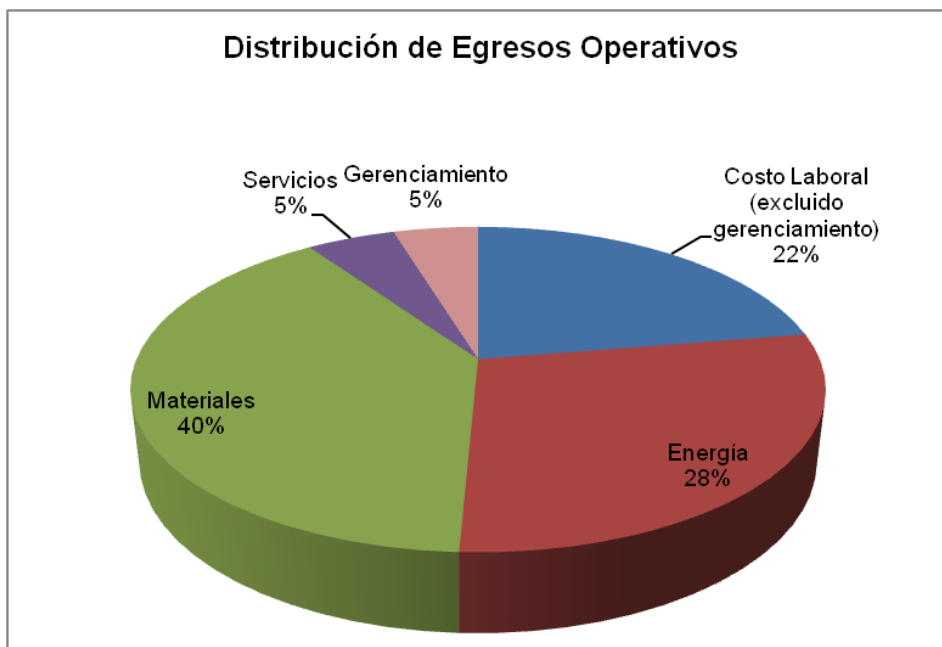
Etapa de ejecución

El proyecto integral que incluye las componentes de infraestructura ferroviaria, sistemas ferroviarios y obras de infraestructura carretera, urbana e inducida, así como la adquisición de terrenos, requiere de una inversión inicial estimada de \$12,631 millones de pesos.

Etapa de operación

Durante la etapa de operación, se consideran los costos laborales, de energía, materiales, servicios, gerenciamiento y otros.

Figura 91 Distribución del Valor Presente de Egresos Operativos Con Proyecto



Fuente: Estimaciones FOA Consultores

3.14 Fuentes de recursos

Para tratar de garantizar el éxito del proyecto, se requiere contar con una participación importante de subvención pública.

Para la estructuración de la licitación del Sistema 3, se analizaron tres configuraciones posibles de empaquetamiento de las inversiones requeridas: Una concesión integral con toda la inversión, una concesión dual en dos paquetes y una concesión dual en tres paquetes.

3.15 Supuestos técnicos y socioeconómicos

La tabla a continuación presenta el análisis de tecnologías aplicables para la solución de la problemática a través del proyecto. Los resultados presentados reflejan el avance del asesor Sintra.

Tabla 25 Supuestos técnicos del proyecto

Concepto	Descripción
Vías	• Vía para una velocidad de operación de 130 km/h • La trocha de la vía será de 1,435 mm. • Vía en largo riel soldado (LRS) con riel 115 RE bajo norma UIC 860-R o equivalente, es el utilizado en México. • Vía constituida por durmientes de concreto sobre balasto. • Los enlaces de vía de tramo recto o tangente a la vía en curva y viceversa, se realizarán mediante clotoides. • Los aparatos de vía compatibles con el riel 115 RE, con accionamiento por motor eléctrico y provisto de controladores de posición y cerrojos mecánicos, sobre durmientes de concreto. • Radios en vía principal superiores a 500 m, en casos excepcionales podrán ser de 350 m. • Curvas verticales con radio mínimo de 6500 m.
Suministro de energía y catenaria	• Conexión del suministro de energía comercial a 230 kV trifásico • Dos subestaciones de tracción de 230/25 kV monofásicos 60 Hz • Servicios auxiliares en media tensión (trifásico). • Energía de respaldo para la alimentación auxiliar de los subsistemas (UPS y grupos electrógenos: CTC, Telemando, Señalización, etc.).

Concepto	Descripción
	• Línea aérea de contacto (catenaria), poligonal vertical, regulada alimentada a 25 kV 60 Hz. • Control remoto centralizado (telemando), mediante sistema SCADA.
Señalización y control	• Equipos concebidos en seguridad. • Basado en ERTMS versión ETCS Nivel 1 • Indicación de la ocupación de la vía con circuitos de vía • Protección automática de trenes (ATP) • Señalización lateral y a bordo de las cabinas de conducción. • Asegurar la operación de trenes para la velocidad máxima de 130 km/h e intervalos mínimos de 3 min.
Comunicaciones	• Radio comunicación digital, • Telefonía, • Grabación, • Información sonora en estaciones, • Reloj de sincronía (reloj maestro), • Pantallas de información a usuarios, • Equipo de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión), • Equipo SCADA, • Medio de transmisión de datos.
Boletaje	• Uso de tarjetas sin contacto. • Controles de acceso bidireccionales, unidireccionales y para personas con capacidades diferentes. • Máquinas de venta de títulos de transporte. • Máquinas de recarga. • Terminal portátil de recarga y verificación de títulos de transporte. • Equipos de venta y recarga de taquilla. • El Subsistema deberá poderse integrar a un medio multimodal de cobro de tarifas • Versatilidad en modalidad de cobro. • Control estricto de entradas y salidas de pasajeros. • Control estricto de ingresos por concepto de entrada de pasajeros.
Material rodante	• Material rodante nuevo. • Trenes de alta capacidad de pasajeros para un servicio de tipo suburbano. • Trenes eléctricos formados por “ElectricalMultipleUnit” (EMU), de rodadura férrea, bidireccionales. • Alimentados eléctricamente con 25 mil volts monofásicos, 60 hz. • Tracción eléctrica con motores de corriente alterna trifásicos alimentados por onduladores a microprocesadores. • Velocidad máxima de 130 km/h. • Aceleraciones y desaceleraciones alrededor de 1 m/s² • Velocidad comercial próxima a 60 km/h

Concepto	Descripción
	• Aire acondicionado en salón de pasajeros y en la cabina del conductor. • Trenes protegidos con sistema ATP (Automatic Train Protection). • Trenes con pasillos de intercomunicación entre coches de la misma EMU.

3.16 Infraestructura existente y proyectos en desarrollo afectados

3.16.1 Estructura Vial Actual.

Las barreras físicas y el desarrollo de las áreas urbanas del oriente del Valle de México ha provocado que la infraestructura vial existente se desarrollara principalmente como regional comunicando éstas con el oriente y el sureste del país, ya que tradicionalmente la comunicación hacia estas regiones ha cruzado la delegación Iztapalapa y los municipios metropolitanos del Estado de México por donde cruza el trazo de la línea.

Entre estas vialidades regionales podemos mencionar:

- La Carretera Federal a Puebla y su conexión a la Federal a Texcoco.
- La Autopista de cuota a Puebla.

En el caso de las carreteras federales, éstas han propiciado el desarrollo urbano al actuar como ejes estructuradores del mismo, pero con la Autopista de cuota se han creado problemas ya que se constituyó una nueva barrera física debido a su condición original de vialidad confinada, situación que a la fecha se ha contaminado con la mezcla del tráfico regional y de largo destino con el local. Dicho problema se denota principalmente con el transporte colectivo de pasajeros ya que debido a la falta de opciones con continuidad invade los cuerpos centrales provocando un elevado índice de accidentes causado por las diferentes características de los tipos de tráfico tal como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y los diversos municipios han detectado en sus correspondientes planos de desarrollo urbano.

Esta situación unida a la falta de opciones viales continuas en el sentido norte sur ha provocado la creación de grandes flujos viales en el sentido oriente poniente que

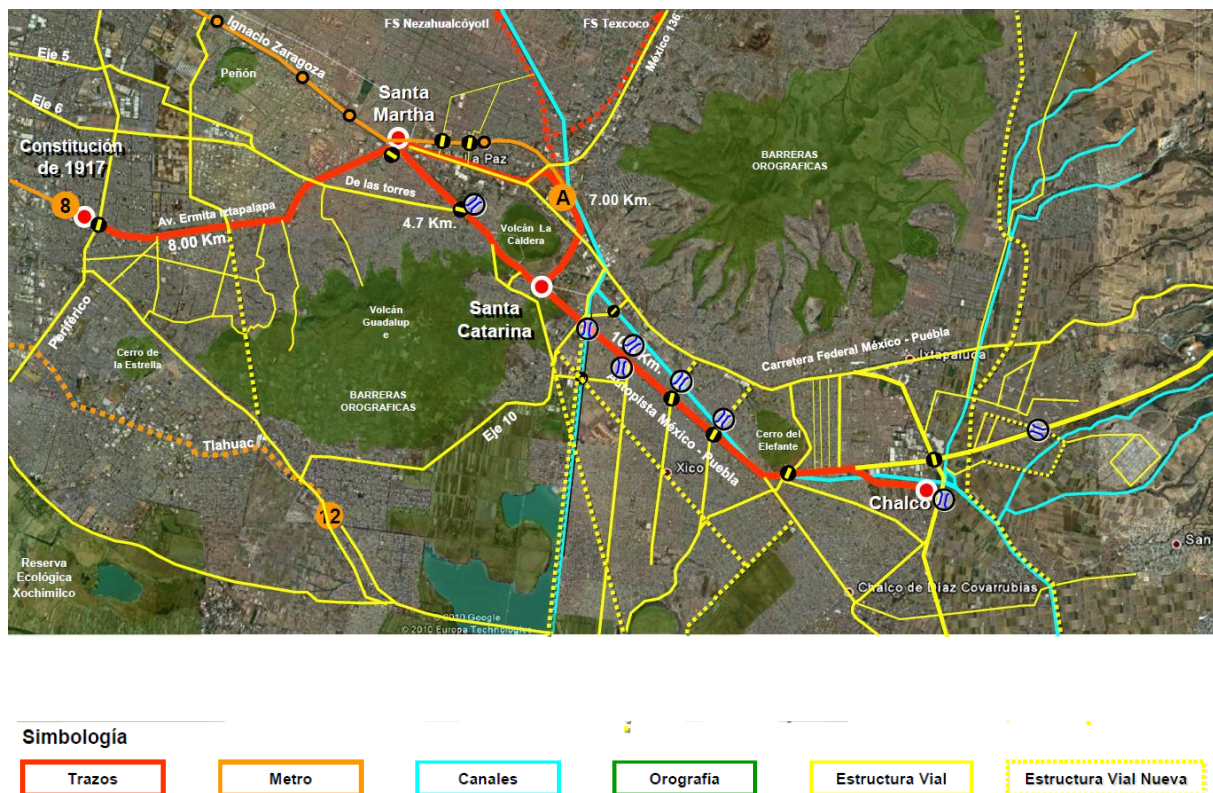
confluyen a las zonas anexas al distribuidor vial de la Concordia principalmente en el municipio Los Reyes La Paz donde se generan grandes conflictos de vialidad y transporte.

El trazo de la línea se ubica también en la Calzada Ermita Iztapalapa, donde encontramos características urbanas diferentes en su estructura ya que en esta vialidad a pesar de tener un carácter regional al soportar el tráfico foráneo principalmente el dirigido a la Central de Abastos, conviven también el local.

Estructura vial futura y posibilidades de alimentación de usuarios al corredor

El proyecto del Ferrocarril Suburbano debe considerarse mediante un enfoque integral que permita contribuir a resolver la problemática de la vialidad existente y la alimentación de usuarios a las estaciones.

Figura 92 Estructura Vial Actual y Futura



Para lograr este objetivo se proponen una serie de acciones que se mencionan a continuación:

- **Integración de la vialidad regional en el sentido norte – sur.**

La propuesta considera soluciones viales que permitan dar continuidad a las existentes o futuras sobre la Autopista México – Puebla, mediante la construcción de puentes sobre el Canal de la Compañía.

Estos puentes son: la continuación de los puentes Rojo y Blanco, el Iturbide y los dos puentes Cuauhtémoc, uno sobre la Autopista y otro sobre el Canal de la Compañía.

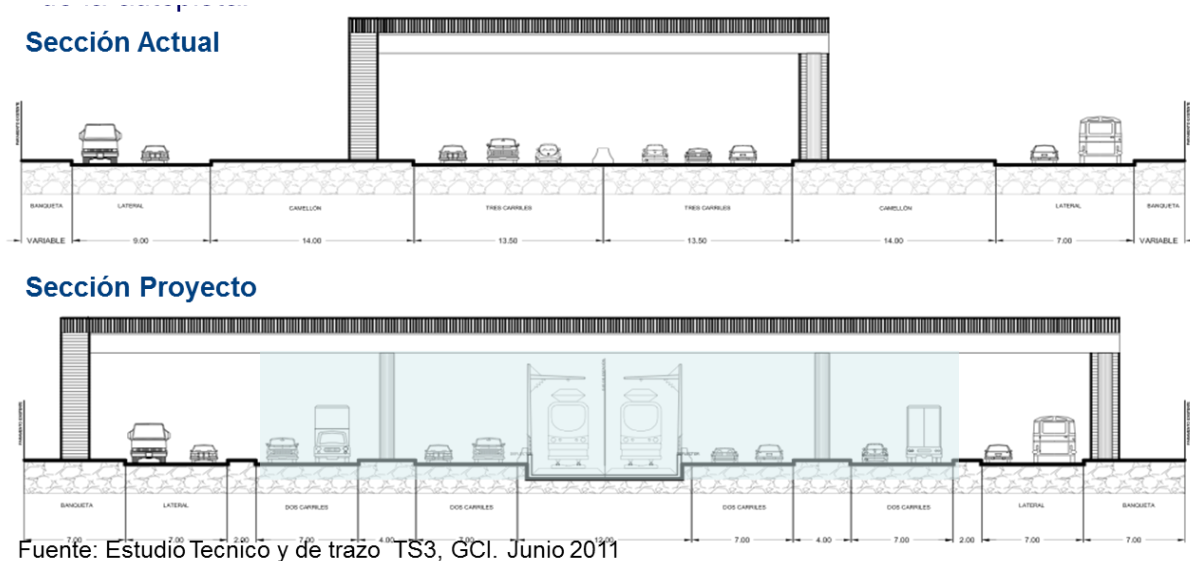
También se considera la construcción de un nuevo puente paralelo al Tlapacoya existente debido a las malas condiciones estructurales de éste.

- **Regeneración de la Autopista México – Puebla en su tramo comprendido entre las casetas de cuota Chalco y el Distribuidor Vial La Concordia.**

El trazo del Ferrocarril Suburbano al Eje de la Autopista a Puebla, esta propuesta considera dejar 2 carriles más dos carriles separado por un camellón el que permite que no se modifiquen la posición de los apoyos vehiculares y peatonales, también se considera las laterales extremas de tres carriles dos de circulación donde se reubicara el transporte colectivo y uno de estacionamiento de servicio para al sin número de accesorias comerciales, las laterales se adecuaran en la zona donde se ubican las estaciones, quedando la sección con 14 carriles. Es necesario ampliar los pasos a desnivel para peatones que actualmente libran los cuerpos centrales hasta las banquetas extrema, eliminando las actuales escaleras ubicadas al límite de los carriles centrales.

Con objeto de lograr la continuidad a la propuesta 2 + 2 es necesario ejecutar diversas obras que permitan ampliar en el sentido transversal a ambos lados del eje de trazo, los puentes de cruce con el Canal de la Compañía, el canal de la Avenida Toluca, el Eje 10, la Vía del Ferrocarril a Cuautla, así como las alcantarillas que se están ampliando sus gálibos horizontales y verticales entre otras obras.

Figura 93 Nuevo esquema propuesto para la sección de la autopista México - Puebla



Nota: Solución conceptual sugerida y aprobada por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT.

Para hacer viable la construcción de la obra en el centro de la autopista, se deberá primeramente sustituir los carriles que tomará el derecho de vía del Tren. En la solución 2+2, no solamente se sustituye un carril, sino que se construye un carril adicional. Así mismo una vez obtenido el espacio por el centro de la autopista, se deberán tomar las medidas para la ejecución de la obra aprovechando durante el día exclusivamente el espacio central, y se deberá de contar con un plan de desvíos para las actividades a realizarse durante la noche.

Redistribución del Distribuidor Vial La Concordia.

La propuesta considera la canalización del tráfico de los cuerpos centrales de la Autopista a los puentes superiores del distribuidor y dirigir el tráfico de superficie de las laterales a los niveles inferiores efectuando adecuaciones menores en la Geometría del proyecto original existente todavía.

Vialidad de acceso al complejo terminal.

Se propone la construcción de un distribuidor vial que solucione el acceso regional al complejo terminal de la línea mediante su comunicación con la alimentación canalizada a través de la Carretera Federal a Cuautla y tal como se ha solicitado recientemente por las autoridades del Estado de México, conciliar con este proyecto la ampliación de 3 carriles por sentido de dicha carretera en su distribuidor vial que conecta con la Autopista México – Puebla.

Posibilidades de alimentación de usuarios al corredor

La estructura vial actual y futura que da forma al desarrollo urbano, canalizará la alimentación de usuarios a las estaciones cuya ubicación es derivada de varios factores entre los que se considera esta.

Dichos factores son la densidad de población a lo largo de la zona de influencia del corredor, la demanda actual e inducida y la estructura vial ya que a través de ella se reorganizará el transporte colectivo de pasajeros superficial.

Este transporte de pasajeros superficial permite dar al sistema una mayor cobertura regional lo que contribuye a fomentar sus características de transporte suburbano ya que la localización de estaciones considera una velocidad comercial de 60km/h que permita a los usuarios tener tiempos de traslado adecuados desde los suburbios hasta la zona central del área metropolitana, los viajes se desarrollarán en conjunto con el Sistema de Transporte Colectivo Metro, el que tiene una velocidad comercial menor.

Soluciones generales a pasos peatonales.

Para el análisis de pasos peatonales perpendiculares al trazo de la línea se ha dividido ésta en 4 tramos en los que las características de ellos son diferentes de acuerdo a la siguiente descripción:

- **Tramo Chalco – Santa Catarina.** Existen actualmente 14 pasos peatonales elevados que libran los cuerpos centrales de la Autopista México – Puebla. La propuesta consiste en ampliarlos hasta los paramentos de los derechos de vía como ya se comentó cuando se mencionó el criterio para la “Regeneración de la

Autopista México – Puebla en su tramo comprendido entre las casetas de cuota Chalco y el Distribuidor Vial La Concordia”. De estos catorce se sustituyen 3 por estaciones del Suburbano y se requiere un paso nuevo en el complejo de la estación terminal de Chalco.

- **Tramo Santa Catarina – Santa Martha.** En este tramo existen actualmente 8 pasos peatonales elevados de cuales se tendrán que sustituir 4 por el proyecto de perfil del suburbano, 3 ampliaciones modificaciones. También existen 4 alcantarillas subterráneas que se han habilitado como pasos viales restringidos ya que su gálibo es de solo 3.00m. el criterio en este tramo es continuar los pasos elevados hasta el paramento nororiente ya que en el norponiente la Secretaría de Comunicaciones ha constituido ya la lateral correspondiente lo que hizo necesaria la ampliación de estos pasos hasta el paramento. En el caso de las alcantarillas inferiores el criterio es similar, ya que es necesario construir losas que permitan el paso del Ferrocarril Suburbano a la lateral en su caso.

Tramo Santa Martha – Constitución de 1917.

En este tramo existen 14 pasos peatonales elevados, de ellos dos se sustituyen por las estaciones del Suburbano y uno se modifica. Esto se debe a que el perfil en este tramo es en solución elevada.

Localización de interferencias visibles

Se describen de acuerdo a la siguiente relación:

Aspectos viales y puentes vehiculares existentes y en proyecto

El trazo del Ferrocarril Suburbano entre los Cadenamientos 1+940 y 14+780 aproximadamente se localiza, dentro y al centro del derecho de vía de la autopista México – Puebla.

La autopista se remodelará, con objeto de obtener los niveles de servicio necesarios para los aforos existentes de tráfico de largo recorrido y local, por lo que el trazo definido en este proyecto conceptual se ha coordinado con la “Dirección de Servicios Técnicos” de la “Secretaría de Comunicaciones y Transportes” con objeto de permitir la implantación de la

alternativa denominada 2+2, que consiste en 2 carriles por sentido en los cuerpos centrales para el tráfico de largo recorrido, 2 carriles por sentido dentro del derecho de vía federal para el tráfico de carga y 3 carriles por sentido en los derechos de vía municipales para el tráfico local.

Esta localización del trazo del Ferrocarril Suburbano al centro y los 2 carriles por sentido para el tráfico de largo recorrido, permite respetar los apoyos de las soluciones viales existentes y los claros centrales de algunos de los pasos peatonales.

En estos puntos se crean interferencias que es necesario considerar sobre todo en los aspectos de gálibos verticales.

Las interferencias con puentes viales existentes son:

- Puente Tlapacoya
- Puente Blanco
- Puente Rojo
- Puente Avenida de las Torres
- Distribuidor vial de la Concordia

Con puentes viales futuros en proyecto por la Secretaría son:

- Cuauhtémoc
- Nuevo Puente Tlapacoya

Además de los puentes viales, es necesario considerar como interferencias las incorporaciones de las zonas laterales al carril central de la autopista que se presentan en 2 casos sobre las laterales de la autopista.

- Incorporación oriente entre los cadenamientos 1+910 al 2+150 aproximadamente
- Incorporación Norponiente entre los cadenamientos 14+400 al 14+750

En el distribuidor vial de la Concordia, es necesario considerar los cruces con vialidades elevadas donde los gálibos verticales definen el perfil y cruces con vialidades superficiales en los cadenamientos aproximados siguientes:

- Cruce con vialidad México Puebla en el Cadenamiento 14+490
- Cruces con vialidades superficiales en los cadenamientos 15+500, 15+270, 15+180, 15+080

En la salida del distribuidor de la Concordia y ya sobre la Calzada Ermita Iztapalapa, es necesario considerar otra incorporación del trazo al centro de la autopista de los cadenamientos 15+640 al 15+760

Sobre la calzada Ermita Iztapalapa el trazo se localiza al centro, en estructura elevada y será necesario considerar en la localización de los apoyos los cruces de las vialidades transversales existentes.

En el extremo poniente de la línea al llegar a la estación Constitución de 1917, el trazo sobre elevado cruza sobre el distribuidor vial con el anillo periférico.

Pasos Peatonales Elevados Y Subterráneos En Alcantarillas Existentes

A lo largo de la línea existen 36 estructuras elevadas perpendiculares al trazo de la línea, de las que 13 se localizan en la calzada Ermita Iztapalapa de los que 11 se conservan y se suprimen 2 debido a que se utiliza la pasarela de acceso a las estaciones como paso peatonal.

- Es importante mencionar que el proyecto de las estaciones elevadas de paso, permite la utilización de sus pasarelas de acceso como pasos peatonales y en la terminal Constitución de 1917, las pasarelas existentes sobre el paradero del METRO se conservan.
- En el distribuidor vial de la Concordia existen 2 pasos peatonales de gran longitud, que es necesario modificar de la siguiente manera:

El localizado al poniente que comunica la bahía de ascenso y descenso de la circulación vehicular de Ermita Iztapalapa a Zaragoza, con la banqueta sur de la Calzada, debe reacondicionarse de tal manera que pase bajo la estructura del Ferrocarril Suburbano.

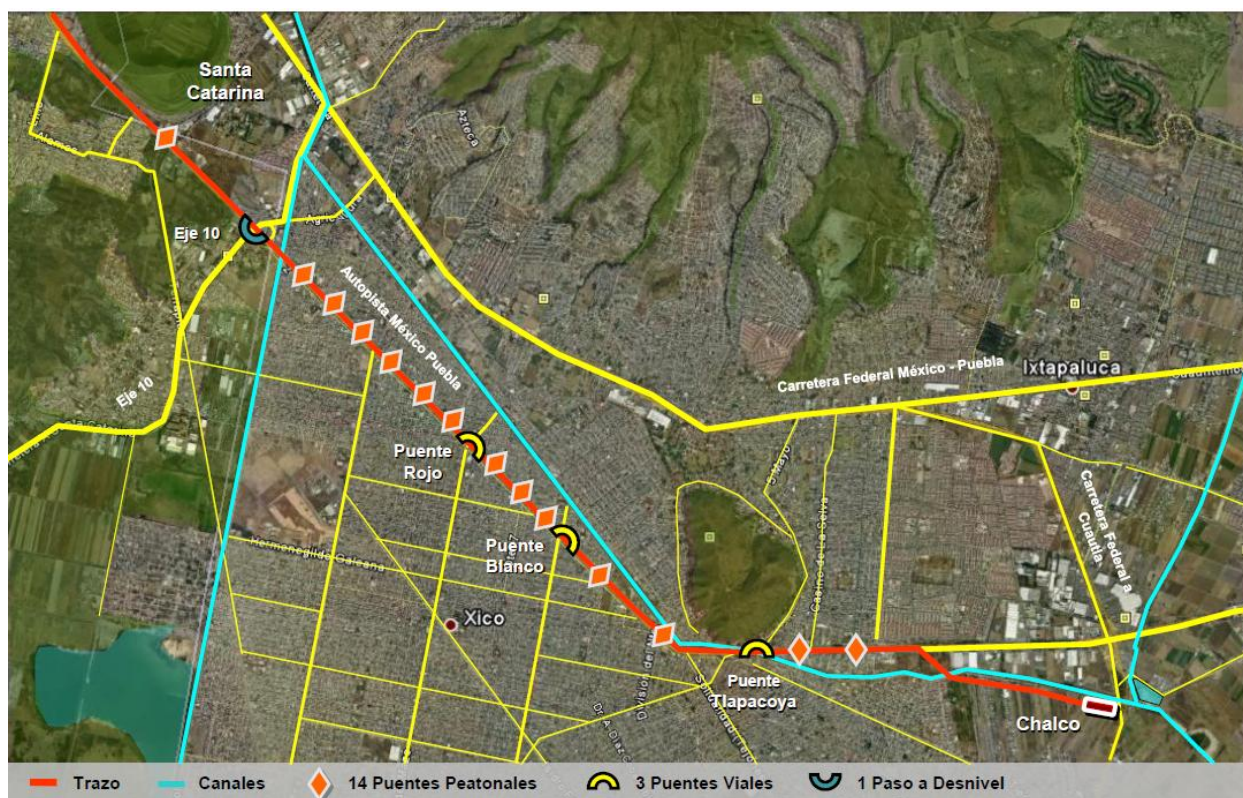
El paso peatonal existente al oriente se propone utilizarlo como acceso al vestíbulo sur oriente de la estación Santa Martha, el que se destina al movimiento local de pasajeros en esta estación.

- En la Autopista México – Puebla se localizan 20 estructuras de las que 12 conservan sus claros centrales existentes y es necesario ampliarlos en sus 2 extremos hasta los paramentos, 7 se relocalizan considerando su ampliación y 1 se conserva como esta.
- En el distribuidor vial que da acceso a la terminal Chalco se construye uno nuevo.

Es importante mencionar que en el tramo Santa Catarina – Santa Martha existen 4 alcantarillas subterráneas, que actualmente son utilizadas de manera irregular para el tráfico de peatones y transporte colectivo de pasajeros a base de unidades de baja capacidad, debido a las restricciones en los gálibos verticales y horizontales.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en sus proyectos y construcción de las laterales ha considerado elevar estos gálibos de tal manera que permitan el tráfico local. Dos de estas alcantarillas requieren de una solución especial.

Figura 94 Ubicación de Pasos Peatonales Tramo Chalco - Santa Catarina



Fuente: Anteproyecto Conceptual de Obras Ferroviarias. GCI. 2011

Pasos subterráneos de la vía del Ferrocarril a Cuautla y preparaciones del ferrocarril suburbano a Cuautla.

- Aproximadamente en el Cadenamiento 10+610 se encuentra la estructura actual que permite el paso del ferrocarril de carga a Cuautla bajo la autopista.

En el lado sur poniente la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, ya construyó las losas que permiten el paso de las laterales sobre la autopista, lo que deberá repetirse del lado nororiente, la línea de Ferrocarril Suburbano que en este caso ya puede considerarse elevada deberá resolver sus apoyos estructurales tomando en cuenta la estructura mencionada que aproximadamente tiene un claro de 12.00m ya que

también pasa una tubería de agua potable de 28", que comunica la planta potabilizadora de la Caldera que se localiza al sur oriente del cruce.

- Entre los cadenamientos 10+440 y 9+800 existe otra interferencia longitudinal, ya que es necesario construir las preparaciones paralelas y bajo la vía en subterráneo para conectar con la vía futura a la estación La Paz y Texcoco.

Obras hidráulicas mayores ríos y canales y túnel de la compañía.

Existen varias interferencias con obras hidráulicas mayores, que hacen necesario tomar medidas en la estructura de la línea con respecto a los claros de la misma.

Estas interferencias son:

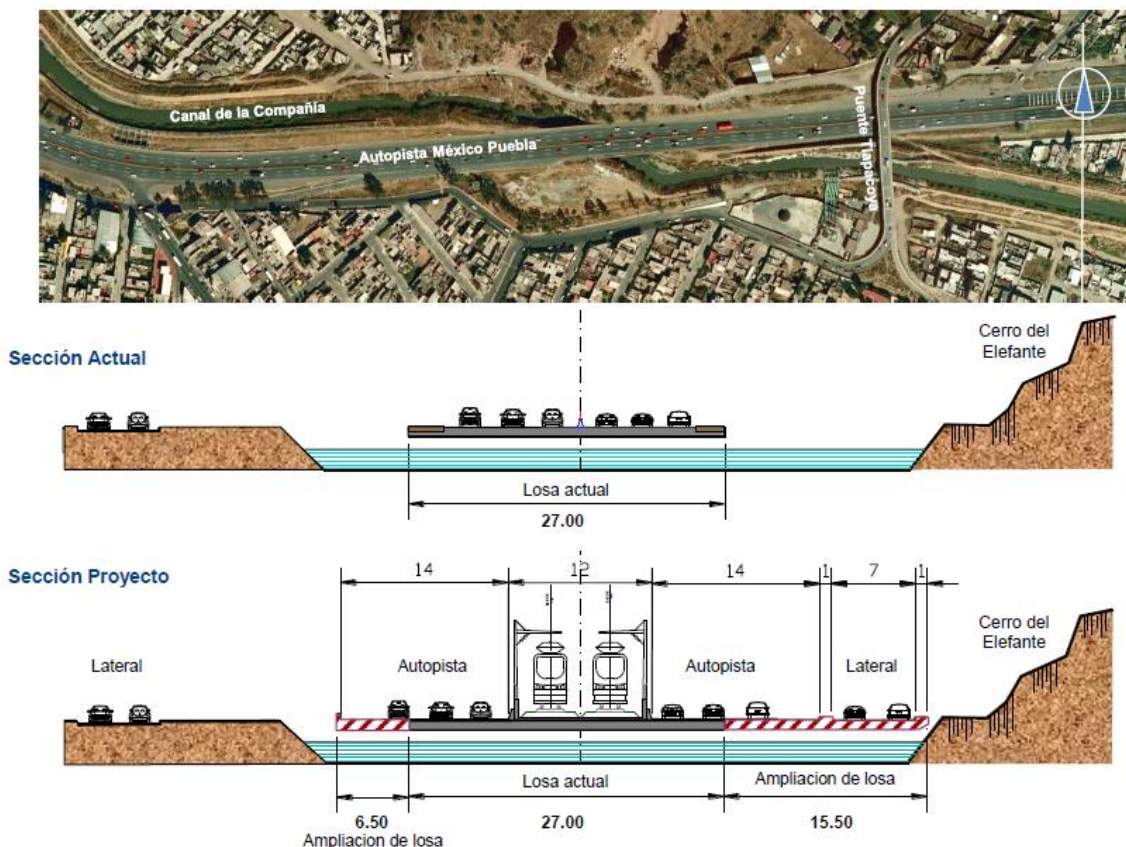
- En el cadenamiento 1+511 la línea elevada cruza el Río Miraflores a prolongación del Canal de la Compañía a cielo abierto.
- La Comisión Nacional del Agua construyó el túnel del Canal de la Compañía, su lumbrera de origen se localiza aproximadamente al sur del cadenamiento 3+460 y la lumbrera siguiente al norte del cadenamiento 4+490, el cruce del túnel bajo la línea se localiza en el cadenamiento 4+300 aproximadamente.

Es importante localizar a detalle este túnel y dimensionarlo, ya que la línea en este tramo es elevado y debe de diseñarse la cimentación de la misma incluyendo pilotes tomando en cuenta este.

- En el cadenamiento 9+200, existe otro cruce con el canal de la avenida Toluca el que es también a cielo abierto.

En todos estos cauces en la etapa de proyecto ejecutivo deberán coordinarse los proyectos estructurales y geométricos con la Comisión Nacional del Agua.

Figura 95 Esquema de cruce en el Canal de Compañía



Fuente: Anteproyecto Conceptual de Obras Ferroviarias. GCI. 2011

Fibra óptica en su localización original y relocalización.

- Existe de manera paralela y localizada originalmente en el camellón norte de la autopista un ducto que aloja cables de fibra óptica e instalaciones afines.
- Este ducto es coincidente con el trazo de la línea en aproximadamente 12.5 km del distribuidor la Concordia hasta el punto donde el trazo abandona la parte central de la línea.
- El Proyecto de la línea sumado a la alternativa de solución vial hace necesario la coordinación con el concesionario para su relocalización definitiva a través de la Dirección de Servicios Carreteros de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Líneas De Alta Tensión

El trazo de la línea encuentra 5 cruces perpendiculares con líneas de transmisión de energía eléctrica.

Es necesario rectificar si la altura de los cables permite el paso de la catenaria del Ferrocarril Suburbano cumpliendo las normas establecidas por la Comisión Federal de Electricidad y en caso necesario considerar la sobreelevación de las líneas eléctricas.

Estos cruces se localizan en los cadenamientos siguientes:

- 9+200 Cruce con la Avenida Toluca
- 13+100 Cruce con Avenida de las Torres sobre la autopista
- 17+450 Cruce con Avenida de las Torres sobre la Calzada Ermita Iztapalapa
- 19+740 Cruce con Santa Cruz Meyehualco sobre la calzada Ermita Iztapalapa
- 23+160 Estación Constitución de 1917

Tuberías E Instalaciones De Agua Potable

Existen posibles interferencias con tuberías de agua potable longitudinales en el tramo del trazo comprendido entre Santa Catarina y el distribuidor vial de la Concordia.

Para efecto de poder proponer un sistema estructural de la línea que tome en cuenta estas interferencias posibles, localizados en los planos generales de interferencias, 5 planos específicos que muestran la localización de estas y sus instalaciones conexas tales como cuartos de bombas.

Estos planos se identifican con la clave S· CONST 17 – LIV – AP – 01 al 05

En el cadenamiento 11+720 se localiza una planta potabilizadora que está en proceso de desmantelamiento.

En el tramo comprendido entre el distribuidor vial la Concordia y la estación Constitución de 1917 sobre la calzada Ermita Iztapalapa, las características de la red de agua potable y colectores son diferentes debido a la densidad demográfica del área urbana.

Se han elaborado 6 planos que marcan a detalle las posibles interferencias longitudinales y transversales que deben tomarse en cuenta para el diseño de las cimentaciones en esta zona donde la línea es elevada.

Estos planos se identifican con las claves S3 CONST 17 LIV – AP – 07 al 12

Complementariamente en esta zona se han elaborado otro juego de planos donde se muestra la red de agua potable y los colectores que se identifican con la clave S3 CONST 17 LIV – APD 01 al 06

Colectores

En el tramo de la línea comprendido entre la estación Chalco y el distribuidor vial de la Concordia, debido a que el trazo ocupa en su mayoría un derecho de vía federal se encontraron interferencias importantes con ríos y canales y el túnel de la compañía lo que ya ha sido descrito en el capítulo de “Obras Hidráulicas Mayores” y no se han detectado otras interferencias visibles.

En el tramo del distribuidor vial la Concordia a la estación Constitución de 1917 en la calzada Ermita Iztapalapa, la red de colectores es más densa y es posible que existan interferencias de las cimentaciones con las redes de drenaje para lo que se han elaborado 6 planos identificados como S3 CONST 17 LIV – D – 01 al 06

Complementariamente y como en el caso del Agua Potable existen 6 planos donde se ubican en conjunto la Red de agua Potable y de Drenaje identificados como S3 CONST 17–LIV–APD–01 AL 06

(Ver ANEXO 9)

**Figura 96 Levantamiento Visual de Interferencias. Planta. Tramo Santa Martha
Constitución de 1917**



Fuente: Anteproyecto Conceptual de Obras Ferroviarias. GCI. 2011

4. Situación con Proyecto

Como en todos los Análisis Costo Beneficio, los beneficios del proyecto se estiman por los ahorros generados por el ahorro marginal entre una situación sin proyecto optimizada y una situación con proyecto.

FOA Consultores cuenta con una metodología para la evaluación socioeconómica y ambiental de ferrocarriles suburbanos que consiste en cuantificar las externalidades generadas por el proyecto por los siguientes conceptos:

- Costos de operación vehicular entre autobuses y el tren suburbano
- Ahorros en tiempo de traslado de los pasajeros
- Disminución de accidentes
- Reducción de contaminantes

En la cual toma los elementos de demanda, inversiones y costos de operación provenientes de la evaluación financiera del proyecto.

Sustento Teórico de la Metodología de Evaluación

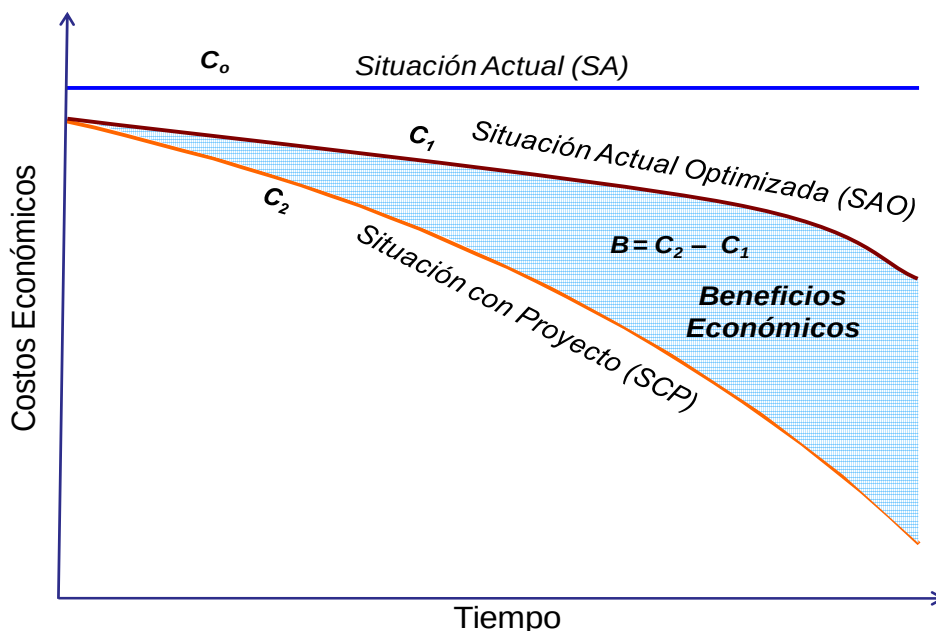
Primeramente se debe definir la situación actual. Actualmente los pasajeros de la zona oriente de la ZMCM se movilizan mediante un deficiente sistema de transporte público compuesto con una flota heterogénea de vehículos, que circulan a bajas velocidades generando serios conflictos de congestionamiento vial. Lo anterior genera altos costos de operación vehicular, demora de los usuarios, altos índices de accidentes y de emisión de contaminantes.

Situación actual optimizada. Se trataría de la implementación de rutas de transporte público que tendrían un recorrido directo, operado por autobuses de mayor capacidad y menores costos de operación, los cuales se incrementaría de acuerdo con el crecimiento de la demanda.

Los beneficios económicos de este segmento se definen como los ahorros generados por la disminución de los costos por operación vehicular, en el tiempo de los usuarios, índices de accidentes mortales y emisión de contaminantes, entre una situación sin proyecto optimizada contra una situación con proyecto.

En el gráfico que se muestra a continuación se ilustra el sustento teórico de la evaluación económica del segmento de carga.

Figura 97 Sustento Teórico Metodológico de la Evaluación del Segmento de Pasajeros



Los beneficio económicos (B) netos de obtendrían del marginal entre los costos de la situación con proyecto (C2) menos los costos de la situación sin proyecto optimizada (C1), donde por costos económicos se definen los siguientes:

- Costos de operación vehicular
- Costos en el tiempo de los usuarios
- Costos de accidentes mortales
- Costos por emisión de contaminantes

Con lo anterior se genera el flujo de los beneficios económicos en el horizonte de evaluación, al cual se le restan los costos económicos que son las inversiones en infraestructura y equipo del proyecto, con lo cual se obtiene el flujo económico del proyecto al cual se le aplican los indicadores de rentabilidad económica.

Situación Futura Con Proyecto

La Situación Con Proyecto corresponde a la sustitución del servicio por tramos ofrecido actualmente por las unidades de transporte público, VAN, midibuses y autobuses, por autobuses bi-articulados en servicio BRT, cuya operación comenzaría después de un año del otorgamiento de la concesión del servicio.

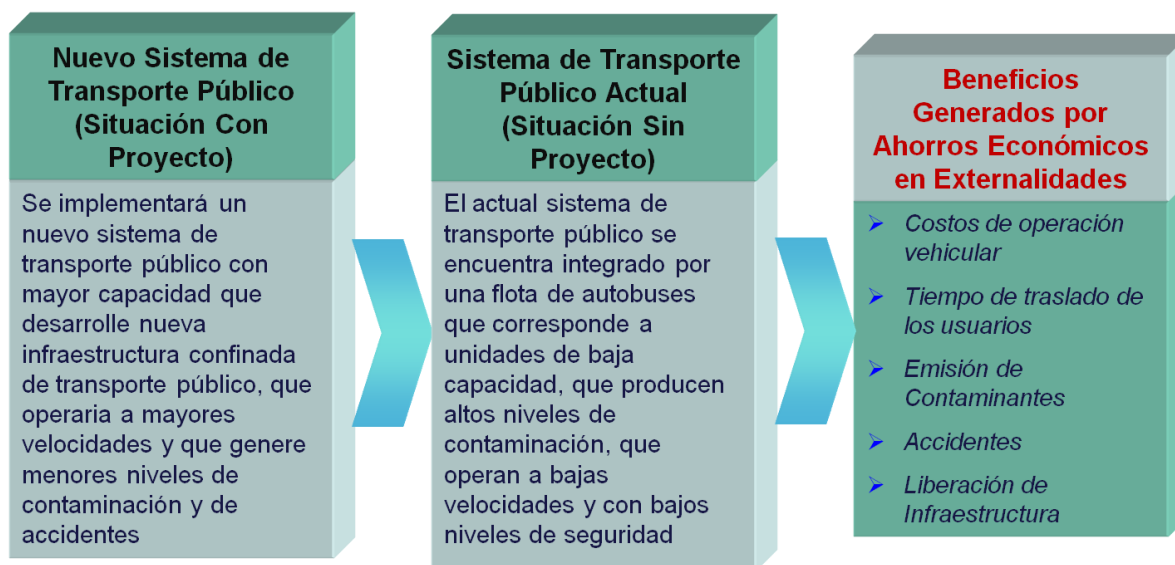
Se deberá reestructurar la operación de las rutas actuales existentes, puesto que deseablemente no existiría convivencia de otros servicios de transporte público sobre los corredores de transporte actuales.

5. Evaluación del Proyecto

5.1 Método de análisis

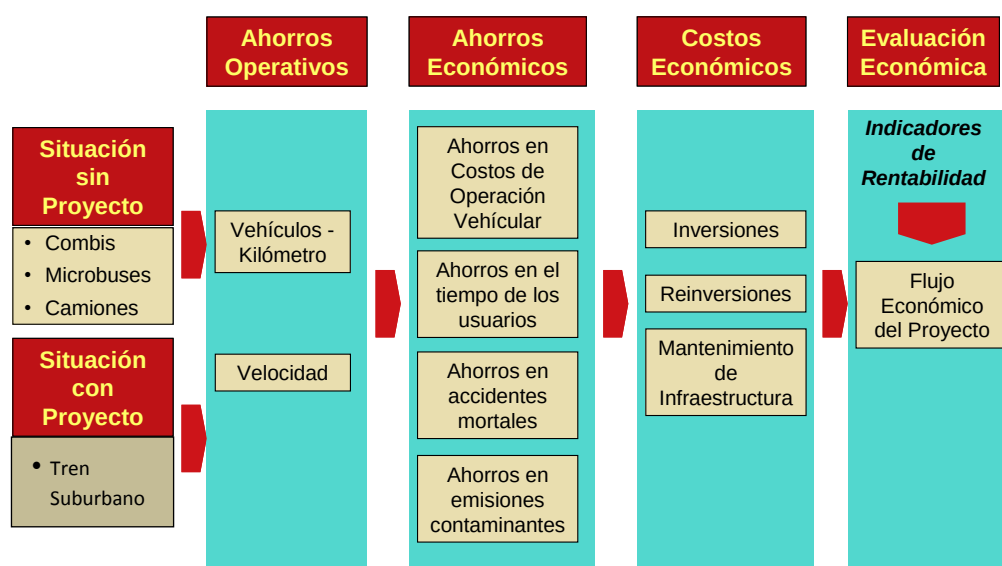
La metodología utilizada en la evaluación se basa en los análisis beneficio – costo, contrastando los costos económicos entre una Situación con Proyecto y una sin Proyecto, evaluando la generación ahorros económicos cuantificables.

Figura 98 Resumen de la metodología de evaluación



Para obtener la estimación de los ahorros socioeconómicos asociados del proyecto del tren Suburbano 3, a los vectores de los costos de la situación Sin Proyecto se le restan los costos de la situación Con Proyecto y al vector de costos marginales resultantes son los Ahorros Socioeconómicos asociados al Proyecto.

Figura 99 Detalle de la metodología de evaluación



5.2 Evaluación económica

Para efectos de la evaluación se toman en cuenta los siguientes beneficios

Tabla 26 Beneficios Económicos del Segmento de Pasajeros

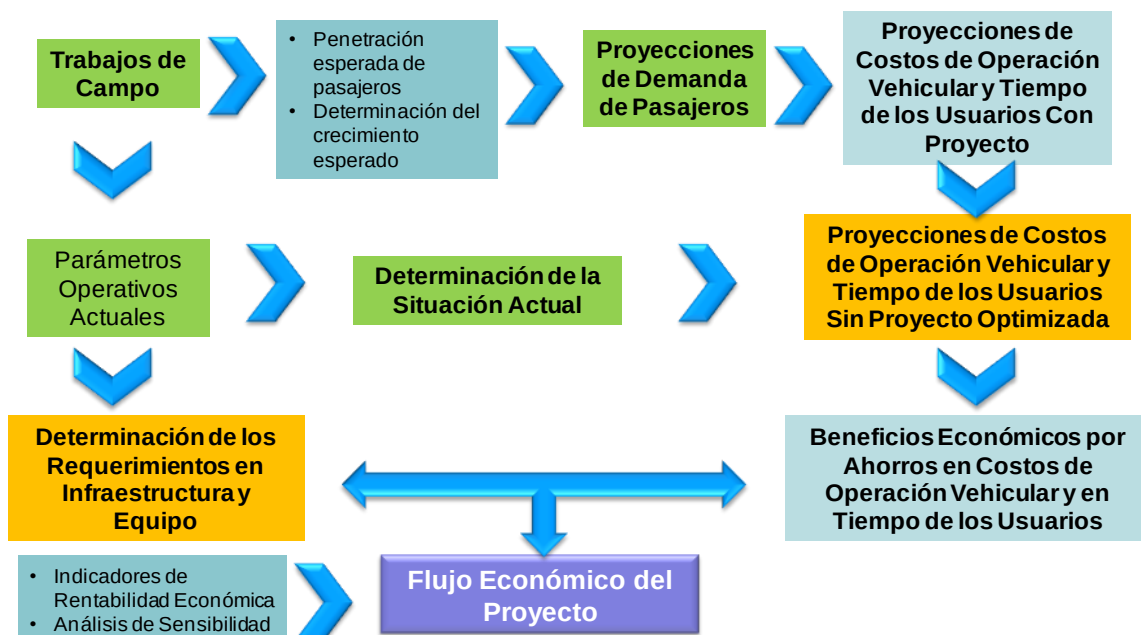
No.	Descripción
1	Ahorros en costos de operación vehicular
2	Ahorro en el tiempo de los pasajeros
3	Ahorros por reducción de emisiones contaminantes
4	Ahorros por reducción de accidentes

Fuente: Estimación FOA Consultores

1. Ahorros en costos de operación vehicular

Igualmente en la sección anterior se describió el sustento teórico de la evaluación económica del segmento de pasajeros, por lo que a continuación se presenta el detalle de la metodología operativa utilizada en el presente análisis, la cual difiere con la utilizada en el segmento de carga.

Figura 100 Esquema Metodológico de la Evaluación del Segmento de Pasajeros



Bajo la situación actual, **sin proyecto**, la demanda de transporte de personas que captaría el proyecto es satisfecha mediante un sistema de transporte público operada en forma anárquica por medio de una flota vehicular altamente heterogénea. En la situación sin proyecto se incurre en un costo anual de operación y mantenimiento de dicho sistema de autobuses para atender a la demanda mencionada. Se consideró como la situación optimizada a un sistema operado de manera coordinada, operando con una flota vehicular integrada por camiones de altas especificaciones.

En la situación **con proyecto** se dejaría de operar dicho sistema de transporte público a partir de que inicie operaciones el FC Suburbano. Por tal razón, la diferencia entre los costos de operación de la situación sin proyecto optimizada y la situación con proyecto generan un vector de ahorros en los costos de operación.

2. Ahorro en el Tiempo de los Pasajeros

En la situación sin proyecto optimizada se considera que tienen una velocidad de operación promedio de 17 km/hora en hora pico, la cual se incrementaría a 20 km/hora en

hora valle, mientras que en el sistema del Ferrocarril Suburbano la velocidad sería de 46.5 Km/h.

Por lo anterior, considerando que ambos modos de transporte recorrieran una distancia semejante de 23.4 Km, pero a diferentes velocidades se obtienen ahorros en tiempo potenciales de una hora en períodos pico y de 36 minutos en períodos valle, para el caso del recorrido total.

Para determinar el valor del tiempo de los usuarios se utilizaron los datos generados por el CEPEP para Baja California, que es \$21.64 por hora, por lo que resulta que el ahorro promedio de los pasajeros por el incremento en velocidad estaría en el rango de \$12.98 y \$21.64 pesos por viaje, en el caso del recorrido total. Para obtener los ahorros en el tiempo de los usuarios del proyecto se obtienen multiplicando el ahorro unitario del tiempo de traslado por las proyecciones de demanda.

3. Beneficios por reducción de accidentes mortales

En la situación actual, sin proyecto, los recorridos de los autobuses ocasionan accidentes de tráfico mortales medidos mediante un índice de accidentes mortales por cada millón de autobuses-km. Se estimó que dicho índice es del orden de 0.003. Al cambiar de modo de transporte se esperaría que el índice del tren ligero fuese no significativo, menos de dos órdenes de magnitud por pasajero-km con respecto al autobús. Con base en lo anterior y con los autobuses-km calculados se estimó el número de accidentes mortales al año que se evitarían (aprox. 0.2). Por otra parte, según estándares internacionales, se valoró en \$7.7 millones de pesos la pérdida de una vida humana.

4. Reducción de Emisiones Contaminantes

La realización del proyecto traerá consigo la reducción de los vehículos-Km de transporte público a base de autobuses y minibuses de otras unidades de menor capacidad ya que la demanda antes mencionada será atendida por un sistema de transporte que en principio contaminaría en menor medida al ambiente.

Se estimaron, entre otras, las reducciones anuales que se tendrían en las siguientes emisiones contaminantes:

- Bióxido de Carbono CO₂ (Ton/año)
- Hidrocarburos:HC (Ton/año)
- Monóxido de Carbono:CO (Ton/año)
- Óxidos de Nitrógeno:NO_x (Ton/año)
- Óxidos de Azufre (sulfuros) SO_x (Ton/año)
- Partículas Sólidas Totales: PST (ton/año)

Estos beneficios se generan al momento de sustituir a la flota vehicular de camiones, en la situación actual optimizada, por un medio de transporte con cero emisiones de contaminantes, ya que se considera la operación de un sistema eléctrico.

Para calcular estos beneficios se utilizaron factores de emisiones para ocho tipos de contaminantes. En la tabla que se presenta continuación se muestra los contaminantes analizados y sus respectivos factores de emisión.

Tabla 27 Factores de Emisión Considerados

Emisiones	Valor	Unidad
Magna Sin	0.000693	Kg SO ₂ /lt
Diesel Sin	0.000669	Kg SO ₂ /lt
PST (polvos pavimentos)	0.00193	Kg/Veh-Km

Fuente: Estimación FOA Consultores

Los valores considerados por reducción de tonelada emitida fueron los siguientes.

Tabla 28 Beneficios Monetarizados por Reducción de Ton de Contaminante

Valor por Reducción de Contaminante	Valor	Unidad
CO ₂	\$147.73	\$/Ton
HC	\$ 6,760.00	\$/Ton
CO	\$390.00	\$/Ton
NO _x	\$85,020.00	\$/Ton
SO _x	\$435,890.00	\$/Ton
PST (polvos pavimentos)	\$513,240.00	\$/Ton

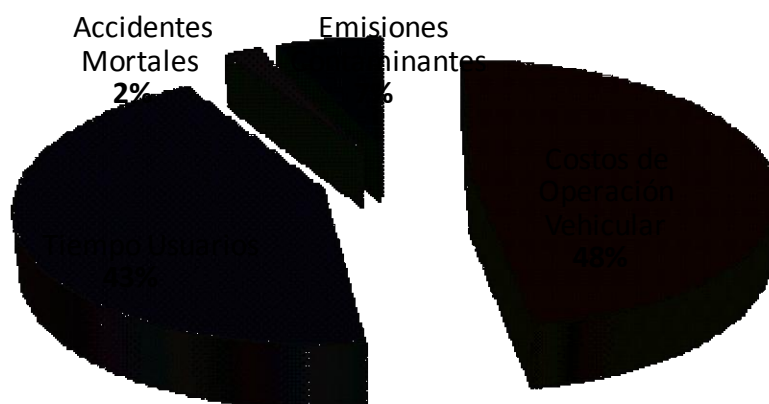
Fuente: Estimación FOA Consultores

Las etapas subsecuentes del proyecto deben incluir una manifestación de impacto ambiental puntual, a partir de los detalles del proyecto ejecutivo de las obras de confinamiento, tanto para la etapa de construcción como de operación.

Para efectos de la valoración del impacto socioeconómico de las principales emisiones contaminantes se utilizaron valores en el orden de magnitud de otras metrópolis de los EUA. Asimismo, los flujos son factibles de ser afectados de los factores de precios de cuenta.

En la figura que se presenta a continuación se muestra la aportación en el VPN económico de los conceptos de beneficios calculados para el proyecto, siendo los principales beneficios los ahorros en costos de operación vehicular, seguidos por el ahorro en los tiempos de los usuarios.

Figura 101 Participación del VPN de los beneficios del proyecto para el segmento de Pasajeros



Identificación y Valoración de Costos del Proyecto

Los costos económicos del proyecto son las inversiones iniciales, obra civil en vía y terminales, equipamiento y unidades motrices, y los costos adicionales por aumento de demanda, unidades motrices y los costos operativos.

5.3 Indicadores de Rentabilidad Económica

Para el cálculo de la rentabilidad se determinaron los valores de los siguientes indicadores que suelen utilizarse para calificar los proyectos de inversión:

- Valor Presente Neto Social (ó Valor Actual Neto Social) [VPNS]
- Tasa Interna de Retorno Social [TIRS]
- Relación Beneficio Costo Social [BCS]

Las expresiones empleadas para el cálculo de los indicadores mencionados son las siguientes:

$$VPNS = \sum_j \frac{FNE_j}{(1+R_j)}$$

Donde VPNS: Valor Presente Neto Social del Proyecto

FNE j : Flujos Netos de Efectivo esperados

Rj : Tasa social de descuento

J : índice de periodos de tiempo

Se espera que el VPNS sea mayor que cero para que el proyecto sea aceptable.

A su vez:

FNE j : B j- Cj

en donde :

B j : Beneficios sociales esperados del proyecto

C j : Costos sociales esperados del proyecto

La TIRS es igual a la R* para la cual el VPNS es igual a cero:

$$\sum_j \frac{FNE_j}{(1+R^*)} = 0$$

También se espera que la TIRS sea mayor que la tasa de descuento social para aceptar un proyecto.

La Relación Beneficio Costo Social está dada por el cociente del Valor Presente de los Beneficios entre el Valor Presente de los Costos y debe ser mayor a la unidad para que sea aceptable el proyecto

$$BCS = \sum_j \frac{B_j}{(1+R_j)} \bigg/ \sum_j \frac{C_j}{(1+R_j)}$$

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Al total de los beneficios económicos del proyecto se les restan sus costos para obtener el vector del flujo económico del proyecto al cual se le aplicaran los indicadores de rentabilidad señalados.

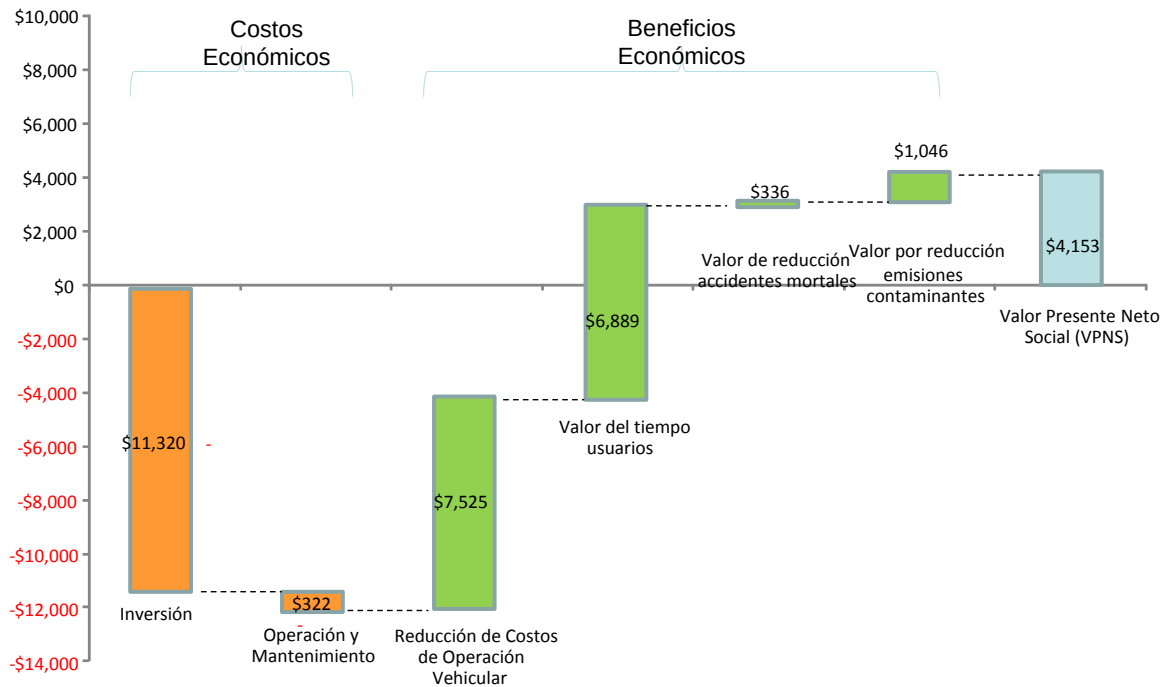
De acuerdo con la metodología utilizada el segmento de pasajeros tiene un Valor Presente Neto de \$4,168.6 millones de pesos, a una tasa de descuento del 12% anual, que disminuye a \$2,787.2 si se excluyen los beneficios por reducción de accidentes mortales y de emisiones contaminantes, obteniendo una Tasa Interna de Retorno Económica del 15.25%. Tomando en cuenta todos las hipótesis señaladas anteriormente. En la tabla siguiente se muestra el detalle de los indicadores de rentabilidad económica obtenidos de la evaluación del segmento de pasajeros.

Tabla 29 Indicadores de Rentabilidad Económica

Indicadores de rentabilidad	Monto (Millones \$)	
	Con Externalidades	Sin Externalidades
Valor Presente de los Costos (VPC)	\$11,642.0	\$11,642.0
Inversión	\$11,319.8	\$11,319.8
Operación y Mantenimiento	\$322.1	\$322.1
Valor Presente de los Beneficios (VPB)	\$15,795.3	\$14,413.8
Reducción de Costos de Operación Vehicular	\$7,524.6	\$7,524.6
Valor del tiempo usuarios	\$6,889.2	\$6,889.2
Valor de reducción accidentes mortales	\$335.8	\$0.0
Valor por reducción emisiones contaminantes	\$1,045.6	\$0.0
Valor Presente Neto Social (VPNS)	\$4,153.3	\$2,771.9
Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)	15.23%	14.21%
Relación Beneficio/Costo	1.36	1.24
TRI (1er. año de operación, sin aprendizaje)	15.1%	13.4%

Fuente: Estimaciones FOA Consultores

Figura 102 Análisis Costo-Beneficio, con externalidades
Cifras en Valor Presente al 12%



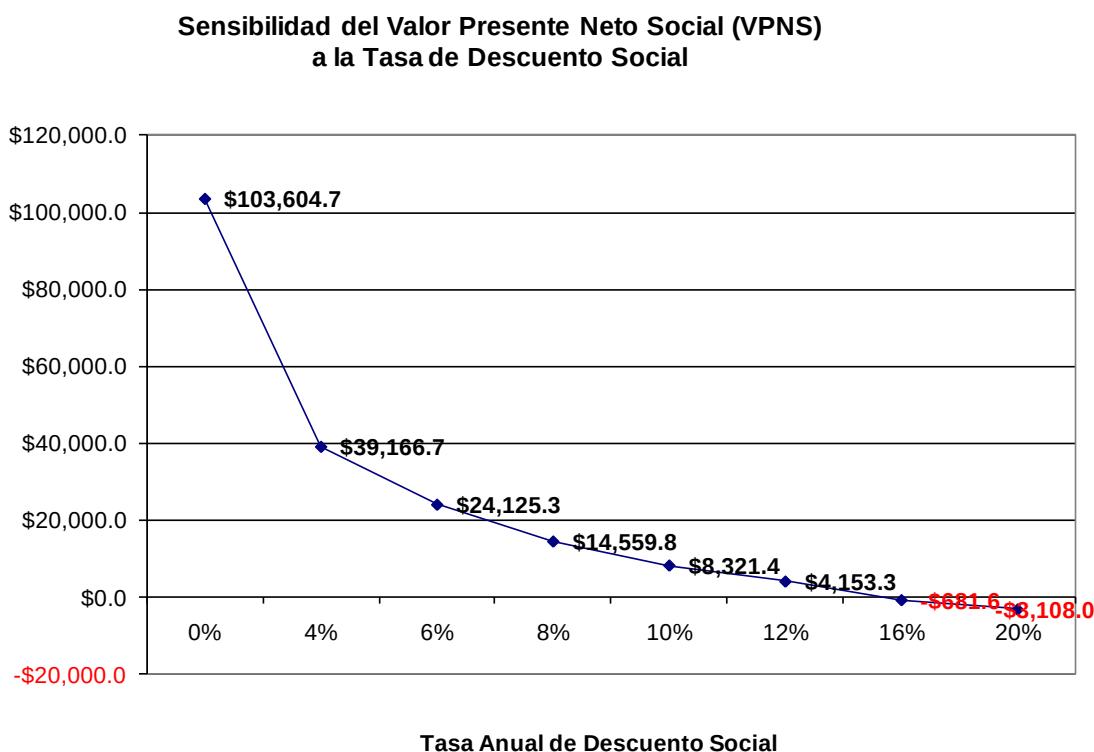
Fuente: Estimaciones FOA Consultores

6. Análisis de sensibilidad y riesgos

6.1 Análisis de Sensibilidad (con externalidades)

Los resultados de la evaluación económica del proyecto resultan viables, aunque sus indicadores de factibilidad permiten seguir siendo rentable ante variaciones no extremas de parámetros críticos, como se muestran en las gráficas siguientes. Para el presente análisis de sensibilidad el Valor Presente Social (VPNS) se encuentra expresado en millones de pesos de mayo de 2011.

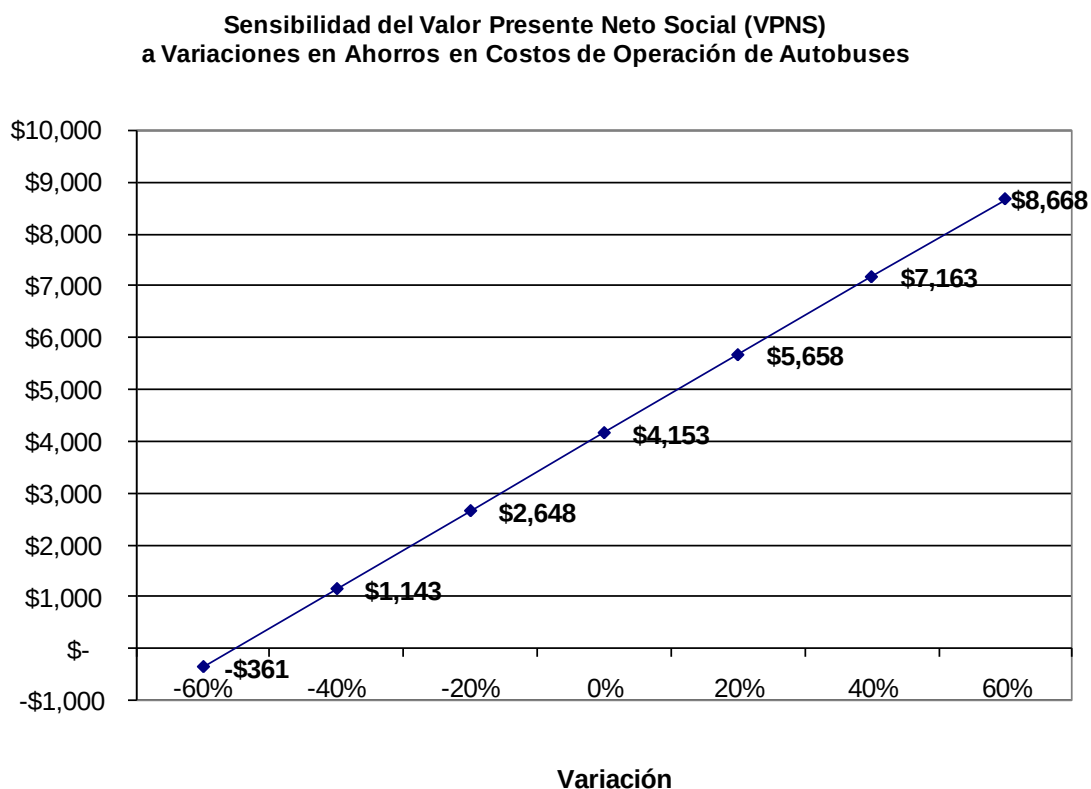
Figura 103 Sensibilidad del Valor Presente Neto Social (VPNS) a la Tasa de Descuento Social



Fuente: Estimaciones FOA Consultores

El proyecto continua siendo rentable hasta en disminuciones superiores al 50% en los costos de operación vehicular de la Situación Sin Proyecto Optimizada, como se puede observar en la gráfica siguiente.

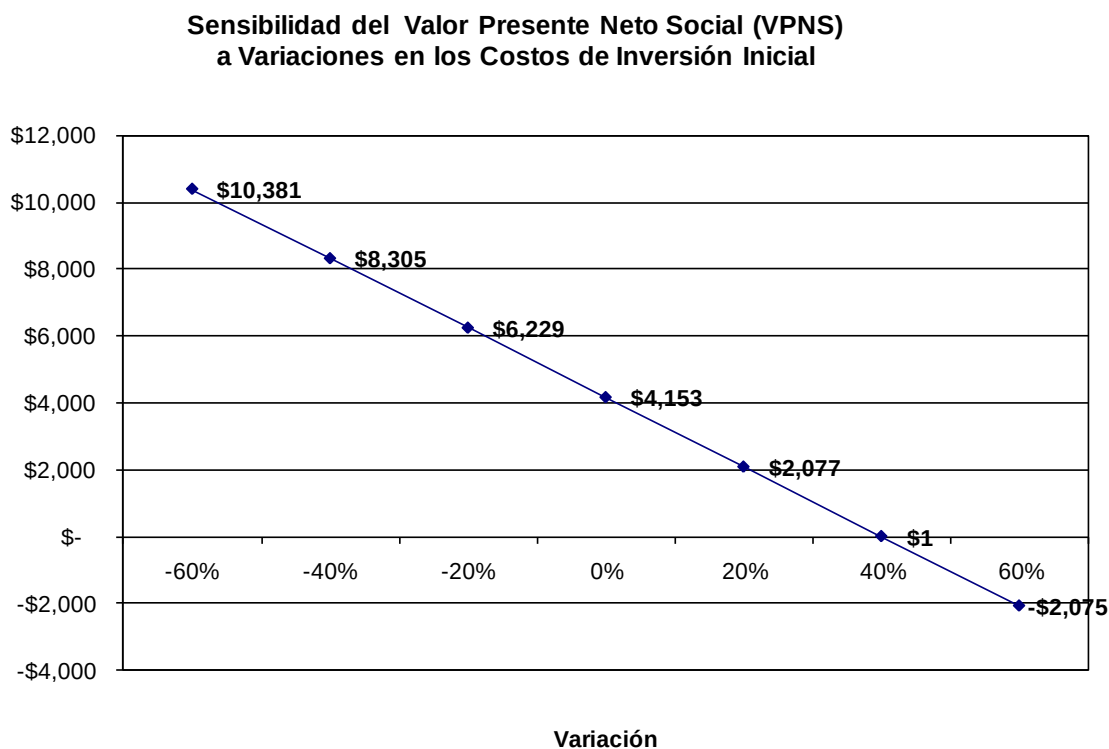
Figura 104 Sensibilidad del Valor Presente Neto Social (VPNS) a Variaciones en Ahorros en Costos de Operación de Autobuses



Fuente: Estimaciones FOA Consultores

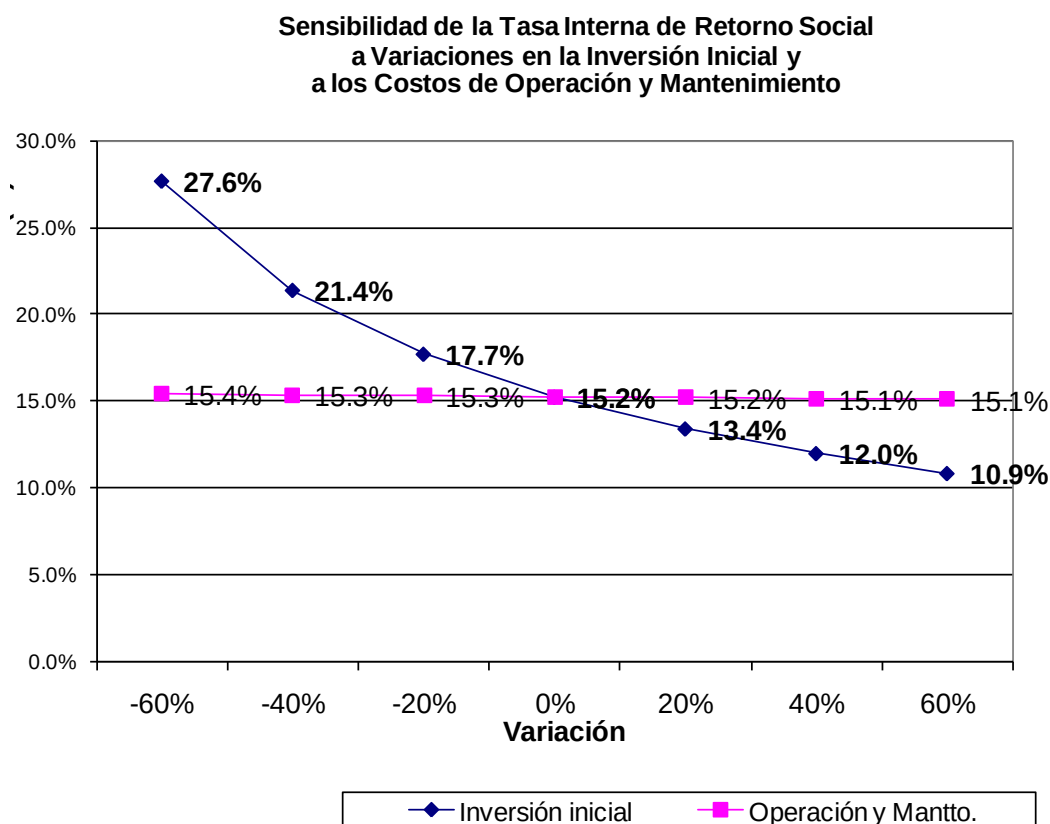
El proyecto aún continua siendo rentable ante un incremento del 40% en los montos de inversión.

Figura 105 Sensibilidad del Valor Presente Neto Social (VPNS) a Variaciones en los Costos de Inversión Inicial



Las variaciones en los costos de operación del Sistema 3 prácticamente no tienen impacto en los indicadores de rentabilidad del proyecto, siendo más sensibles ante variaciones en la inversión inicial.

Figura 106 Sensibilidad de la Tasa Interna de Retorno Social a Variaciones en la Inversión Inicial y a los Costos de Operación y Mantenimiento



Fuente: Estimaciones FOA Consultores

6.2 Análisis de riesgos

En esta etapa, el asesor legal se enfocó en el análisis de la asignación y distribución de riesgos de la licitación anterior, identificando puntos de mejora, como se muestra a continuación. (Fuente: sección basada en análisis de Ríos Ferrer, Guillén – Larena, Treviño, Rivera, S.C.).

De acuerdo con lo señalado por los participantes en el proceso anterior del TS3, los aspectos de riesgo principales para el mercado son:

- Demanda del proyecto, principalmente para los primeros años.
- Definición, estructuración e instrumentación de rutas alimentadoras eficientes para el proyecto.

Figura 107 Distribución de riesgos

Riesgo	Asignación	Medida de Mitigación
De construcción	Concesionario	Contrato llave en mano y supervisión especializada
De adquisición de material rodante	Concesionario	Contrato de suministro del equipo
De explotación	Concesionario	Apoyo del Gobierno Federal al proceso de maduración del proyecto
Proyecto Ejecutivo	Concesionario	Supervisión por parte del SCT / Concesionario
Permisos y licencias	SCT	Concluir antes de la licitación incluyendo permisos ambientales
Capacidad Institucional	Concesionario	Contratación de personal por honorarios y asesoría especializada (Gerencia de Proyecto)
De Financiamiento del paquete	Concesionario	Apoyo del Gobierno Federal a través de garantías
De Interés del Mercado y demanda	Concesionario / SCT	Apoyo del Gobierno Federal a través de garantías
Desarrollo de Interfases	Concesionario	Contratación de personal por honorarios y asesoría especializada (Gerencia de Proyecto)
Rutas alimentadoras	SCT / Gob Local	Concertación y convenios con gobiernos locales

Fuente: Análisis FOA Consultores, Thompson & Knight.

6.3 Otros factores de riesgo

Los principales riesgos del proyecto y las coberturas que deben ser consideradas en un llamado a licitación para atracción de capital privado al proyecto se resumen a continuación.

Aumento en el monto de la inversión por variaciones en tipo de cambio.- En el caso de los Gobiernos Federal y Estatal, se requeriría de mayores aportaciones. Por su parte, el riesgo cambiario del servicio de la deuda de los particulares tendría que ser absorbido por ellos.

Sobrecosto en obras y/o suministros.- Se celebrarían concesiones del tipo BDOT a precio alzado y se tienen considerados imprevistos por aproximadamente el 5% del costo del proyecto. Para los riesgos por obra inconclusa debido al incumplimiento del oferente ganador de la licitación de obras y suministros; las empresas licitantes tendrán que comprobar su capacidad técnica y financiera, y se establecerán fianzas de cumplimiento y penas convencionales en los contratos.

Deficiencias en la ingeniería y el diseño.- Es posible que el llamado a licitación se haga con base en un anteproyecto de ingeniería. Se establecerán en el Título de Concesión penas y fianzas para asegurar su cumplimiento. Asimismo, en lo referente a la terminación del proyecto en plazo mayor al previsto por causas imputables al consorcio ganador de la licitación, se establecerán fianzas de cumplimiento y penas convencionales en los contratos, además de que el programa de obra previsto se considere un margen de seguridad en el tiempo de ejecución.

Accesos viales, obras complementarias y terrenos.- Se establecerán los compromisos del Gobierno del Estado de México y sus municipios, así como del Distrito Federal para llevar a cabo las obras necesarias. En materia de terrenos para la ampliación del derecho de vía de la carretera, ferroviaria, cetrans y obras complementarias, se deberán adquirir en forma previa y establecer la coordinación con el Estado de México y del Distrito Federal para adquirirlos o expropiarlos. La posibilidad de retrasos en el otorgamiento de los permisos y licencias, se resolverá mediante el compromiso del Estado de México y del Distrito Federal para otorgarlos en forma ágil y oportuna.

6.4 Mitigación del riesgo de demanda (tráfico):

- Considerado como la principal variable de incertidumbre (riesgo) del proyecto
- Es un riesgo donde el concesionario tiene una limitada capacidad de controlar

- Por lo que en licitaciones de proyectos similares, se han establecido diferentes esquemas de mitigación de riesgo:

Bandas:

- El gobierno absorbe parte de las pérdidas asociadas a un tráfico menor al proyectado
- A cambio, recibe parte de los ingresos excedentes en caso de un tráfico superior al proyectado
- Ejemplos: Metro de Milán y Metro de Sao Paulo

Garantía de tráfico mínimo:

- Se garantizan los ingresos correspondientes a un tráfico mínimo
- El garante recibe una prima como pago por dicha garantía
- Ejemplo: Tranvía de Jerusalén

Tarifa sombra:

- Se garantiza un nivel mínimo de ingresos
- Ejemplo: Tranvía de Barcelona

Por otra parte, se considera que aun cuando el esquema del TS3 es menos dependiente de un arreglo de las rutas actuales que en el caso del TS1, es fundamental contar con una solución de fondo para el sistema de alimentación del proyecto, como un elemento adicional de mitigación del riesgo de demanda.

Para ello se propone un esquema nuevo que permita la creación de un esquema de alimentación vinculado a la operación del TS3, y el cual se base en la filosofía de que el usuario no pague más de lo que actualmente paga.

7. Conclusiones

1. El trazo directo de Chalco – Santa Catarina – Santa Martha – Constitución de 1917 por el centro de la autopista y de la Calzada Ermita Ixtapalapa resulta la opción que mejor eficiencia presenta en cuanto a la aplicación de recursos públicos para la atención de demanda de la zona, bajo un concepto de Tren Suburbano de tecnología adecuada para atender concentraciones de demanda en hora máxima de más de 20,000 pax HMD.
2. En el escenario propuesto con 15 estaciones con nuevas rutas para la alimentación a imagen objetivo se obtuvo una TIR social de 14.21% anual en términos reales, por lo que sería viable según los criterios de la Unidad de Inversiones de la SHCP (debe ser mayor o igual al 12% anual en términos reales).
3. De igual manera, en el escenario conservador, con alimentación a través de rutas actuales el proyecto sería viable pero presenta una TIR social ligeramente menor, 13.70% anual en términos reales. Esto comprueba la hipótesis que a diferencia del TS1, el TS3 es menos dependiente de un nuevo esquema de rutas alimentadoras.
4. Bajo un escenario que considere una re estructuración completa de las rutas de transporte público para alimentar al TS3 y eliminar competencia sobre los corredores de transporte actual, la demanda se incrementa en más de un 30%, con un incremento en la TIR social a más del 16%
5. Las inversiones estimadas para el escenario medio (rutas nuevas) es de \$12,631 MDP, la cual incluye obras de mejoramiento y ampliación de capacidad de la autopista México –Puebla, obras urbanas, adquisición de terrenos y liberación de derecho de vía, infraestructura ferroviaria, material rodante y subsistemas de obra electro mecánica.
6. **ACB preliminar es positivo**, con una TIR superior al 12% en términos reales (con y sin externalidades), y la posibilidad de solicitar **Registro del Proyecto ante la UI-SHCP**.

7. En este sentido, el proyecto del TS3 junto con otros proyecto en proceso de construcción como la línea 12 del Metro y el BRT Chimalhuacán-Pantitlán resuelve la problemática de movilidad de la Zona Sur Oriente de la ZMVM a un horizonte de largo plazo.
8. Finalmente el proyecto y las inversiones globales consideradas en él se enmarcan dentro de la re configuración y solución de largo plazo del acceso Oriente a la Ciudad de México a través de la Autopista México - Puebla

Tabla 30 Resumen de Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica (sin externalidades) por Alternativa Tecnológica, Servicio Troncal

Indicador	Resultados
Demanda inicial (PaX/Día) (*)	347,400
VP @ 12% anual real Inversión inicial (mdp)	\$11,319.8
VPN @ 12% anual real (mdp)	\$2,771
TIR	14.21%
Beneficio Costo	1.24
TRI (1er año de operación sin aprendizaje)	13.4%