

ACTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO DE TRANSPORTE MASIVO DE LA CUENCA NORTE SUR DE LA ZONA METROPOLITANA DE PUEBLA

Para:



Gobierno del Estado de Puebla

Por:



Modelistica S. A. de C. V.

Abril 2015

Contenido

i.	Resumen ejecutivo	16
ii.	Situación actual del proyecto de inversión	34
	a) Diagnóstico de la situación actual que motiva la realización del proyecto	34
	b) Oferta en la situación actual	70
	c) Análisis de la demanda en la situación actual	96
	d) Interacción de la oferta y la demanda en la situación actual.....	103
iii.	Situación sin proyecto de inversión.....	120
	a) Optimizaciones.....	120
	b) Análisis de la oferta sin proyecto de inversión en la situación optimizada	130
	c) Análisis de la demanda sin proyecto de inversión en la situación optimizada.....	136
	d) Diagnóstico de interacción de la oferta y la demanda con optimizaciones.....	141
	e) Alternativas de solución	156
iv.	Situación con proyecto de inversión	179
	a) Descripción general.....	179
	b) Alineación estratégica	195
	c) Localización geográfica.....	199
	d) Calendario de actividades	205
	e) Monto total de inversión	207
	f) Financiamiento.....	209
	g) Capacidad instalada.....	213

h)	Metas anuales y totales de producción de servicios.....	218
i)	Vida útil.....	220
j)	Aspectos relevantes de la viabilidad del proyecto	221
k)	Análisis de la oferta en la situación con proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.....	224
l)	Análisis de la demanda en la situación con proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.....	231
m)	Diagnóstico de Interacción de la oferta y la demanda en la situación con proyecto 234	
v.	Evaluación del proyecto de inversión.....	243
a)	Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI.....	244
b)	Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI	267
c)	Cálculo de indicadores de rentabilidad.....	284
d)	Análisis de sensibilidad	285
e)	Análisis de riesgos	287
vi.	Conclusiones y recomendaciones	289
vii.	Anexos	291
viii.	Bibliografía.....	292

Indice de Figuras

Figura 1: Estructura inicial de los corredores de transporte masivo para la cuenca Norte Sur.....	18
Figura 2: Estructura actual de corredores para la cuenca Norte Sur	19
Figura 3: Conexión entre los corredores 11 Norte Sur y Chachapa Tlaxcalancingo.....	20
Figura 4: Modificación en los volúmenes de demanda sobre el eje 11 Norte Sur.....	20
Figura 5: Metodología del estudio de actualización del análisis costo beneficio de la cuenca Norte Sur.....	22
Figura 6: Estructura inicial de los corredores de transporte masivo para la cuenca Norte Sur.....	35
Figura 7: Estructura actual de corredores para la cuenca Norte Sur.....	36
Figura 8: Conexión entre los corredores 11 Norte Sur y Chachapa Tlaxcalancingo.....	37
Figura 9: Modificación en los volúmenes de demanda sobre el eje 11 Norte Sur.....	38
Figura 10: Corredores Troncales de la Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA)	40
Figura 11: Zona Metropolitana Puebla Tlaxcala	42
Figura 12: Expansión de la Mancha Urbana de la ZMPT	44
Figura 13: Localización del municipio de Puebla.....	45
Figura 14: Población total de 1970 a 2010 de la zona metropolitana de Puebla	46
Figura 15: Distribución de la población a nivel municipal en 1970 y en 2010.	47
Figura 16: Densidad demográfica de la zona metropolitana de Puebla.....	47
Figura 17: Tasa de inmigración al 2010 por municipio	48
Figura 18: Pirámide poblacional de la Zona Metropolitana de Puebla.....	49
Figura 19: Valor agregado censal bruto por sector económico de la ZMP	50
Figura 20: Productividad de la zona metropolitana de Puebla y del Estado	51

Figura 21: Salario promedio mensual en la zona metropolitana de Puebla y del Estado..	52
Figura 22: Población de 12 años y más por condición de actividad	53
Figura 23: Verificación de recorrido 11 Norte Sur. Ejemplo.....	54
Figura 24: Verificación de recorridos, 21 rutas cuenca 11 Norte Sur.....	55
Figura 25: Verificación de recorrido 16 de Septiembre.....	56
Figura 26: Verificación de recorridos, 9 rutas cuenca 16 de Septiembre.....	56
Figura 27: Principales zonas de ascensos	59
Figura 28: Principales zonas de descensos	60
Figura 29: Origenes y destinos de los usuarios de transporte.....	67
Figura 30: Origenes de los usuarios de transporte.....	68
Figura 31: Destinos de los usuarios de transporte	68
Figura 32: Vías donde se estructuran los corredores de la cuenca Norte Sur.....	72
Figura 33: Localización de los parques industriales y unidades habitacionales de la cuenca Norte Sur.....	74
Figura 34: Desplazamientos de norte a sur y de oriente a poniente en la cuenca Norte Sur	75
Figura 35: Velocidad de cruce de las principales vías de la Zona Metropolitana de Puebla	78
Figura 36: Parque Vehicular de la Zona Metropolitana de Puebla	79
Figura 37: Parque Vehicular Privado de la ZMP	79
Figura 38: Viviendas que poseen al menos un automóvil	80
Figura 39: Localización de las estaciones de aforo.....	81
Figura 40: TPDA por estación.....	86
Figura 41: Resumen de flujos por cada estación de aforo	87

Figura 42: Parque Vehicular del Sistema de Transporte Público de la ZMP	88
Figura 43: Cobertura de las rutas de la Zona Metropolitana de Puebla.....	89
Figura 44: Cobertura de la red de transporte público en la cuenca Norte Sur	90
Figura 45: Parque vehicular de la cuenca Norte-Sur.....	92
Figura 46: Motivos de viaje en la cuenca Norte Sur	99
Figura 47: Deseos de viaje en transporte motorizado. Mayores a 300 viajes diarios.....	99
Figura 48: Volumen diario de pasajeros y servicios sobre la cuenca Norte Sur.	100
Figura 49: Jerarquía de la red de vías en las zonas de estudio	104
Figura 50: Rutas de incidencia directa e indirecta de la cuenca Norte-Sur.....	105
Figura 51: Sistema troncal, corredores 11 Norte Sur y Chachapa - Tlaxcalancingo.....	122
Figura 52: Clasificación vial dentro del polígono DUIS.....	123
Figura 53 Sistema Integral de transporte DUIS.....	124
Figura 54: Composición del parque vehicular de la cuenca Norte Sur	126
Figura 55: Macrozonas de las rutas de la cuenca Norte Sur.....	131
Figura 56: Metodología empleada para estimar la demanda de pasajeros en cada escenario.....	142
Figura 57: Trazo de rutas de transporte público en la cuenca Norte Sur.....	158
Figura 58: Volumen diario de pasajeros y servicio en ambos sentidos cuenca Norte Sur.	159
Figura 59: Marco metodológico.....	160
Figura 60: Dimensionamiento del parque vehicular.	160
Figura 61: Diagrama esquemático de alternativas.	162
Figura 62: Alternativa A: un troncal confinado en 11 Norte-Sur.....	164

Figura 63: Alternativa B: Troncal 11NS alimentación 16S.....	166
Figura 64: Alternativa C: troncal 11NS con interconexión 16S.....	168
Figura 65: Alternativa D, Troncal integral 11NS / 16S Blvd. Héroes del 5 de Mayo.....	170
Figura 66: Distribución de la demanda efectiva por alternativa.	173
Figura 67. Sistema Integral de Transporte Masivo de la Cuenca Norte Sur.	184
Figura 68: Trazo del troncal 11 Norte Sur y del troncal 16 de Septiembre.	186
Figura 69: Ejemplo de sección tipo en el troncal 11 Norte Sur.	188
Figura 70: Ejemplo de estación para BRT en el troncal 11 Norte Sur.	190
Figura 71: Ejemplos de tótem para autobús en el troncal 16 de Septiembre.....	190
Figura 72: Material rodante: autobús articulado para 160 pasajeros.	193
Figura 73: Material Rodante: vehículo para 100 pasajeros.	193
Figura 74: Material rodante, vehículo para 40 pasajeros.....	194
Figura 75: Infraestructura peatonal.	194
Figura 76: Sistema de troncales propuestos y macrozonas.	200
Figura 77: Sistema integral de la cuenca Norte Sur.	202
Figura 78: Fuentes de financiamiento para la ejecución del Sistema integral de transporte masivo de la cuenca Norte Sur.	211
Figura 79: Sistema integral de la cuenca Norte Sur.	217
Figura 80: Oferta y Demanda a lo largo del horizonte de evaluación.	236
Figura 81: Proceso de evaluación socioeconómica con enfoque costo beneficio.....	¡Error!
	Marcador no definido.

Indice de Tablas

Tabla 1.1. Elementos de integración física y operacional de los ejes troncales en 11 Norte Sur y en 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo	25
Tabla 1.2. Demanda efectiva con proyecto	26
Tabla 1.3. Horizonte de evaluación del sistema integral	27
Tabla 1.4. Monto de Inversión.....	28
Tabla 1.5. Comparación de inversiones 2012 vs 2015.....	29
Tabla 1.6. Indicadores de operación y beneficios	30
Tabla 1.7. Indicadores de rentabilidad social	30
Tabla 2.1. Zona Metropolitana Puebla Tlaxcala: densidad demográfica por municipio.....	42
Tabla 2.2. Principales variables del índice de marginación	49
Tabla 2.3. Ascensos-Descensos trabajos de campo 2012.....	57
Tabla 2.4. Encuestas OD y PD aplicadas	62
Tabla 2.5. Rutas estudiadas en la cuenca	62
Tabla 2.6. Rutas estudiadas en la cuenca	63
Tabla 2.7. Total de Rutas estudiadas en la cuenca.....	63
Tabla 2.8 Vías radiales	75
Tabla 2.9. Vías principales “1”	76
Tabla 2.10. Vías principales “2”	77
Tabla 2.11 Vías secundarias más importantes.....	77
Tabla 2.12. Localización de estaciones de aforos vehiculares transversales	81
Tabla 2.13. Estación A2, Avenida 11 sur (Pinos y 119 poniente).....	82

Tabla 2.14. Estación A4, Avenida 11 sur (Tarascos y 103 poniente)	82
Tabla 2.15. Estación A6, Avenida 11 sur (79 Poniente y 77 poniente)	83
Tabla 2.16. Estación A8, Avenida 11 sur (13 A sur).....	83
Tabla 2.17. Estación A10, Avenida 11 sur (36 poniente y 38 poniente)	83
Tabla 2.18. Estación B2, Avenida 16 de septiembre (125 oriente y 123 poniente)	84
Tabla 2.19. Estación B4, Avenida 16 de septiembre (109 B oriente y 109 A oriente)	84
Tabla 2.20. Estación B6, Avenida 16 de septiembre (109 B oriente y 109 A oriente)	84
Tabla 2.21. Estación B8, Avenida 16 de septiembre (Violetas y Roble)	85
Tabla 2.22. Estación B10, Avenida 16 de septiembre (4 oriente y 8 oriente)	85
Tabla 2.23. TPDA por estación	85
Tabla 2.24 Rutas y vehículos que operan en las vías 11 Norte Sur y 16 de Septiembre en la situación actual	91
Tabla 2.25 Antigüedad del parque vehicular público en la cuenca Norte Sur en la situación actual.....	92
Tabla 2.26. Oferta en hora de máxima demanda en condiciones actuales	93
Tabla 2.27. Total de viajes al día por modalidad de transporte	96
Tabla 2.28 Demanda por ruta	97
Tabla 2.29. Demanda en la situación actual, año 2012.....	101
Tabla 2.30 Sección de Máxima Demanda por Eje Vial.....	101
Tabla 2.31 Tiempo de viaje promedio por macrozona de la cuenca Norte Sur en la situación actual.....	102
Tabla 2.32 Distribución horaria de viajes durante un día laborable para la obtención de la matriz de viajes para la Hora de Máxima Demanda.....	106
Tabla 2.33. Factores de expansión matriz HMD ambos sentidos.....	106

Tabla 2.34 Matriz de viajes agregada por macrozona para el transporte público en la Hora de Máxima demanda (7 a 8 AM).....	108
Tabla 2.35 Supuestos para la situación actual.....	108
Tabla 2.36 Interacción de la oferta y la demanda en la Situación Actual.....	113
Tabla 2.37 Indicadores de la Operación del Sistema de Transporte Público.....	114
Tabla 2.38 Interacción Oferta – Demanda	115
Tabla 2.39. Datos operativos de las rutas	118
Tabla 3.1. Rutas y parque vehicular del transporte público que opera en la cuenca Norte Sur.....	125
Tabla 3.2. Antigüedad de la parque vehicular por tipo de vehículo en la cuenca Norte Sur en la situación actual y en la situación actual optimizada.....	126
Tabla 3.3. Cuantificación de medidas de optimización.....	127
Tabla 3.4. Cuantificación de medidas de optimización.....	128
Tabla 3.5 Tasa de crecimiento de la población	129
Tabla 3.6. Tiempo de viaje de las rutas que operan en la cuenca Norte Sur.....	131
Tabla 3.7. Oferta de transporte público en la situación actual y situación optimizada. ...	132
Tabla 3.8. Oferta a lo largo del horizonte de evaluación para la situación actual optimizada.	133
Tabla 3.9 Oferta por ruta.....	134
Tabla 3.10. Demanda diaria efectiva de la Situación Actual Optimizada (2015).....	137
Tabla 3.11. Demanda efectiva anual a lo largo del horizonte de evaluación para la situación actual optimizada.....	137
Tabla 3.12. Demanda diaria.....	138
Tabla 3.13. Demanda por ruta	139
Tabla 3.14. Estimación del Costo de Operación Vehicular para cada tipo de vehículo ..	146

Tabla 3.15. Segmento de base de datos de matriz de viajes al 2015.....	151
Tabla 3.16 Indicadores de Eficiencia del Actual Sistema de Transporte Público.	152
Tabla 3.17. Interacción entre la oferta y la demanda efectiva anual a lo largo del horizonte de evaluación para la situación actual optimizada.	152
Tabla 3.18. Interacción oferta – demanda por ruta.....	154
Tabla 3.19. Reestructuración de Rutas: Alternativa A.....	164
Tabla 3.20. Reestructuración de Rutas: Alternativa B.....	166
Tabla 3.21. Reestructuración de rutas: alternativa C.....	168
Tabla 3.22. Reestructuración de Rutas: Alternativa D.....	171
Tabla 3.23. Demanda efectiva de viajes por día.	172
Tabla 3.24. Oferta por ruta/servicio y tipo de vehículo por alternativa.	174
Tabla 3.25. Oferta por ruta/servicio y tipo de vehículo por alternativa.	175
Tabla 3.26. Comparación de los indicadores de rentabilidad social y de operación	176
Tabla 3.27. Flujos nominales del proyecto de inversión del ACB 2012 (montos en pesos)	177
Tabla 3.28 Flujos nominales del proyecto de inversión del ACB 2015 (montos en miles de pesos).....	178
Tabla 4.1 Clasificación en el SCIAN.	180
Tabla 4.2. Reestructuración de rutas.	183
Tabla 4.3. Principales características de los componentes de infraestructura del sistema integral.....	187
Tabla 4.4. Principales características de las estaciones y tótems.	189
Tabla 4.5. Tipología de las estaciones y distribución por tramo de los troncales.....	191
Tabla 4.6. Características de otros componentes para la implementación de los troncales.	191

Tabla 4.7. Material rodante a utilizar en los troncales.	192
Tabla 4.8. Coordenadas de las estaciones en la 11 Norte Sur.....	202
Tabla 4.9. Coordenadas de las estaciones la 16 Septiembre y Blvd. Héroes del 5 Mayo.	203
Tabla 4.10. Calendario de actividades desagregado.....	206
Tabla 4.11. Monto de Inversión.....	208
Tabla 4.12. Fuentes de Financiamiento.	210
Tabla 4.13. Fuentes de financiamiento de los recursos.	211
Tabla 4.14. Ascensos y descensos en el servicio troncal 11 Norte Sur.....	214
Tabla 4.15. Ascensos y descensos en el servicio troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo.	215
Tabla 4.16. Perfil de oferta ajustado	216
Tabla 4.17. Metas anuales de producción de los autobuses en el eje 11 Norte Sur.....	218
Tabla 4.18. Metas anuales de producción de los autobuses en el eje 16 de Septiembre	219
Tabla 4.19 Oferta anual a lo largo del horizonte de evaluación.....	225
Tabla 4.20. Oferta por ruta.....	226
Tabla 4.21. Proyección de la sección de máxima demanda un sentido a lo largo del horizonte de evaluación.	228
Tabla 4.22 Características relevantes de operación y sección de máxima demanda un sentido para la opción tecnológica BRT bajo el esquema tronco-alimentador.....	230
Tabla 4.23. Capacidad de transporte del sistema.	231
Tabla 4.24. Demanda efectiva a lo largo del horizonte de evaluación.....	232
Tabla 4.25. Demanda por ruta	233
Tabla 4.26 Alternativas de modo de transporte.....	238

Tabla 4.27 Proyección de la interacción oferta demanda en hora de máxima demanda y por día en el escenario con proyecto	239
Tabla 4.28. Interacción oferta demanda por ruta.....	240
Tabla 5.1. Costo de inversión estimado para la ejecución del proyecto	245
Tabla 5.2. Flujo anual de erogaciones de los montos de inversión inicial por año y por etapas.....	247
Tabla 5.3. Vida útil del material rodante	249
Tabla 5.4. Número de vehículos que deberán reemplazarse al término de su vida útil, troncal 11 N-S y sus rutas auxiliares.....	249
Tabla 5.5. Número de vehículos que deberán reemplazarse al término de su vida útil, troncal 16 Septiembre y sus rutas auxiliares	250
Tabla 5.6. Reinversión de material rodante en el horizonte de evaluación (vehículos con capacidad de 160 pasajeros)	251
Tabla 5.7. Costos fijos de operación para estaciones y terminales	253
Tabla 5.8. Proyección de los costos fijos de operación para estaciones y terminales, así como para el costo variable	253
Tabla 5.9. Estimación del costo de mantenimiento de las estaciones y terminales del sistema de transporte masivo	256
Tabla 5.10. Configuración del costo de conservación y mantenimiento de los carriles para la situación con proyecto	256
Tabla 5.11. Estimación del costo de conservación y mantenimiento de los carriles exclusivos para la situación con el proyecto	256
Tabla 5.12. Costo de conservación y mantenimiento de los carriles en el horizonte de evaluación	257
Tabla 5.13. TDPA por tramo	260
Tabla 5.14. Composición vehicular expresada en vehículos por hora.....	260
Tabla 5.15. Grado de congestionamiento vehicular de los tramos 1 y 2	261
Tabla 5.16. Grado de congestionamiento vehicular de los tramos 3 y 4	261

Tabla 5.17. Tasa de ocupación vehicular promedio	262
Tabla 5.18. Características físicas y geométricas de la vialidad en estudio	262
Tabla 5.19. Estimación del costo por molestias durante la implementación de las obras del sistema de transporte masivo	265
Tabla 5.20. Estimación del valor social del tiempo para los usuarios del transporte público	269
Tabla 5.21. Costo del tiempo de viaje para la situación sin proyecto	269
Tabla 5.22. Costo del tiempo de viaje para la situación con proyecto	269
Tabla 5.23. Ahorro en costo del tiempo de las personas en el horizonte de evaluación del proyecto.....	271
Tabla 5.24. Parámetros del valor del tiempo de las personas que utilizan el transporte privado.....	272
Tabla 5.25. Estimación del valor del tiempo de las personas que utilizan el transporte privado en el horizonte de evaluación del proyecto.....	273
Tabla 5.26. Costo de operación vehicular para la situación sin proyecto	275
Tabla 5.27. Costo de operación vehicular para la situación con proyecto	275
Tabla 5.28. Ahorro en costo de operación vehicular, en el horizonte de evaluación del proyecto.....	277
Tabla 5.29. Valor de rescate y tasa de depreciación del material rodante de la situación sin proyecto	278
Tabla 5.30. Estimación del beneficio por liberación de recursos por eliminación de material rodante	278
Tabla 5.31. Valor de rescate del material rodante al término de la vida útil del proyecto	279
Tabla 5.32. Valor de rescate de la infraestructura al término de la vida útil del proyecto	280
Tabla 5.33. Flujos netos anuales de costos	281
Tabla 5.34. Flujos anuales de beneficios	282

Tabla 5.35. Flujo netos anuales e indicadores de rentabilidad socioeconómica (VPN, TIR y TRI)	283
Tabla 5.36. Estimación de los indicadores de rentabilidad socioeconómica.....	284
Tabla 5.37. Análisis de sensibilidad de los indicadores ante una variación en el monto de inversión inicial	285
Tabla 5.38. Análisis de sensibilidad de los indicadores ante una variación en la demanda	285
Tabla 5.39. Escenario de estrés del monto de inversión inicial del proyecto	286
Tabla 5.40. Escenario de estrés de la demanda	286

i. Resumen ejecutivo

Objetivo del proyecto de inversión

El objetivo central planteado en el presente proyecto es resolver de manera eficiente el problema de movilidad de los usuarios de transporte público de la cuenca Norte Sur de la Zona Metropolitana de Puebla (ZMP).

Los objetivos específicos son los siguientes:

- **Estructurar la movilidad sobre la cuenca Norte Sur**, de manera complementaria al corredor BRT “Chachapa Tlaxcalancingo” que cruza de nororiente a sur poniente la Zona Metropolitana (ZMP), cuya implementación se encuentra en proceso.
- **Atender eficientemente la demanda de viajes dentro de la cuenca Norte Sur** en dirección norte sur a través de dos ejes troncales complementarios: 11 Norte Sur y 16 de Septiembre Blvd. Héroes del 5 de Mayo que se conectan entre sí y con el corredor Chachapa -Tlaxcalancingo en el área norte de la ZMP.
- **Reestructurar el total de las rutas que operan en la cuenca Norte Sur**, a fin de atender la demanda de viajes en dirección oriente poniente y optimizar así los beneficios tanto del troncal 11 Norte Sur como del Troncal 16 de Septiembre Blvd. Héroes del 5 de Mayo.
- **Interconectar los servicios de la Red Urbana de Transporte Articulado RUTA** para conformar un sistema integral y eficiente de transporte público que logre reducir el tiempo de traslado de los usuarios.
- **Priorizar el transporte público de pasajeros en la ZMP**, al ofrecer un servicio público de calidad y accesible, sin menoscabo del transporte motorizado privado.
- **Construir infraestructura especializada** para privilegiar el transporte colectivo de pasajeros con carriles confinados, terminales y estaciones, con el propósito de disminuir los costos de operación y el tiempo de viaje de los usuarios.
- **Impulsar la organización de concesionarios** pasando del esquema hombre camión a esquemas empresariales.
- **Promover la participación privada** con esquemas innovadores que incentiven la inversión en infraestructura y equipamiento para el transporte.
- **Proponer tecnologías limpias** que tiendan a disminuir las emisiones de contaminantes y el impacto al medio ambiente.
- **Mantener las características de interconexión actuales.**
- **Beneficiar las zonas de mayor densidad poblacional.**

Problemática identificada

En los últimos cuarenta años se ha producido en la ZMP un acelerado proceso de crecimiento poblacional y metropolización, propiciando un incremento significativo de las distancias de los desplazamientos de las personas por la ciudad. Este dinamismo económico se encuentra asociado, por un lado, al asentamiento y desarrollo industrial en el área norte de la ZMP y, por otro, a una desmesurada generación de fraccionamientos de interés social y otros desarrollos habitacionales en el sur de la ZMP.

El proceso de metropolización que se ha presentado en el área de estudio no ha estado acompañado por una modernización del sistema de transporte público que permita ofrecer un servicio eficiente, seguro y de calidad a sus habitantes. La desordenada expansión de la mancha urbana, aunada a una limitada infraestructura vial principal en las áreas periféricas y a un ineficiente sistema de transporte público colectivo, han tenido como consecuencia el deterioro de las condiciones de vida de los habitantes, al incrementarse las distancias recorridas y los tiempos de traslado, con la consecuente afectación al medio ambiente por gases contaminantes producto de la combustión de los vehículos automotores.

La cuenca Norte Sur se extiende longitudinalmente sobre dos ejes viales casi paralelos, conformados por la avenida 11 Norte Sur y la avenida 16 de Septiembre, que interconectan el aglomerado habitacional del extremo sur, transitando por el Centro Histórico, hacia las zonas industriales ubicadas al norte de la autopista México Puebla Veracruz.

La importancia del rol que juega la cuenca Norte Sur en la estructuración de la movilidad de la ciudad se ve reflejada en los servicios de transporte público que se proveen en ella, al operar cerca del 29% de las rutas concesionadas (81 de las 284 rutas) en el municipio de Puebla, de manera yuxtapuesta, con una alta concentración de unidades de transporte público (33.5 vehículos por km) debido a la atomización del servicio en unidades de baja capacidad.

Como consecuencia de la cantidad de vehículos, en total 2,009, y de su aglomeración, la velocidad a la que transitan es relativamente baja, entre 13 y 16 km/h. Esta situación conduce a elevados niveles de competencia por el pasaje y a la existencia de prácticas típicas de un monopolio espacial. Finalmente, se trata de un sistema que no resulta eficiente, no es seguro, ni brinda una adecuada calidad de servicio para los usuarios.

Modificación al proyecto inicial

El proyecto inicial de los corredores de transporte masivo para la cuenca Norte Sur de Puebla, se estructuraba en dos ejes, la avenida 11 Norte Sur con 19.74 km y el eje formado por la avenida 16 de Septiembre y el Blvd. Héroes del 5 de Mayo con 22.05 km. Ver figura 1

Figura 1: Estructura inicial de los corredores de transporte masivo para la cuenca Norte Sur.

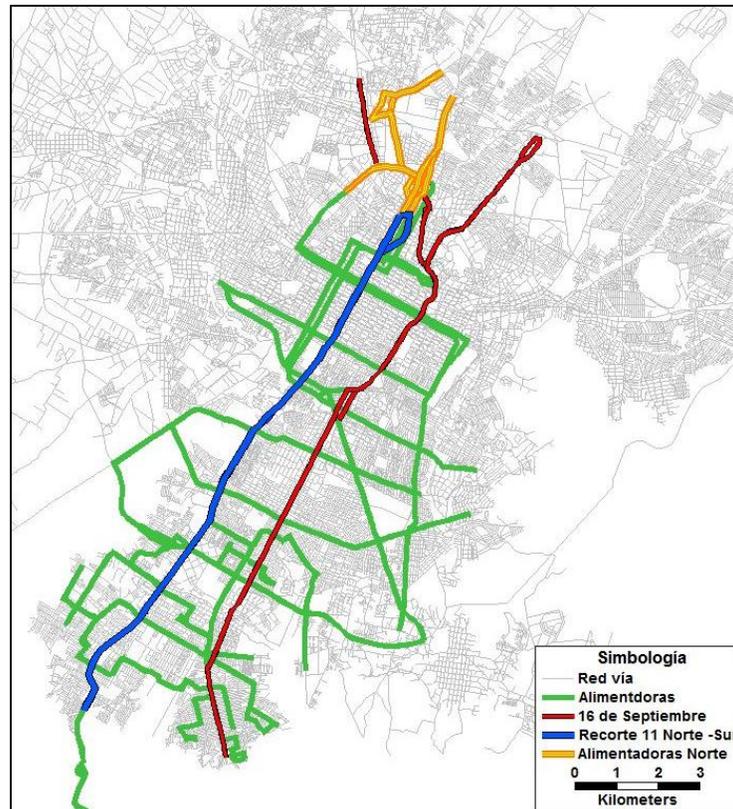


Fuente: Spectron Desarrollo S. C., Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur, 2012.

Como se ve en la figura, el extremo norte del eje sobre la avenida 11 Norte Sur terminaba en la Villa Vicente Guerrero, aproximadamente tres kilómetros después de la central de abastos.

La modificación técnica del corredor consistió en recortar 6.5 km kilómetros de carriles confinados en el norte de la avenida 11 Norte hasta el cruce con la avenida Defensores de la República. La nueva estructura de corredores para la cuenca Norte Sur quedó como se ilustra en la figura 2

Figura 2: Estructura actual de corredores para la cuenca Norte Sur



Fuente: Modelística S. A. de C. V.

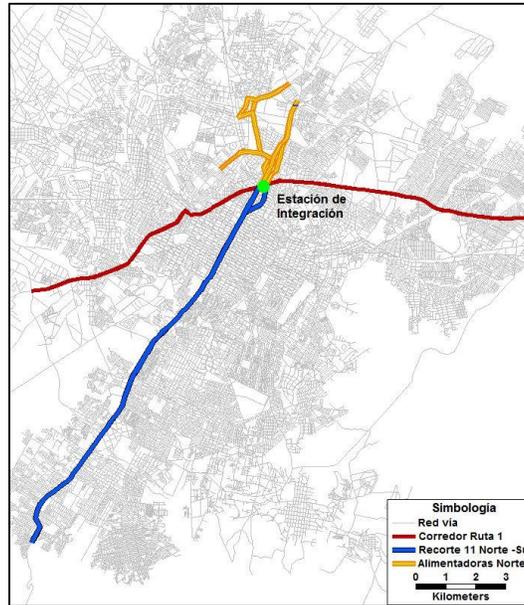
En el proyecto final, el eje sobre la avenida 11 Norte Sur quedó con una longitud de 13.8 km.

El servicio de transporte que se ofrecería con carriles exclusivos hasta la Villa Vicente Guerrero se suplió con tres rutas alimentadoras con las siguientes longitudes:

Central de Autobuses CAPU	3.0 km
Villa Frontera	3.4 km
Central de Abastos	5.0 km

En la figura de abajo se muestra la conexión entre el eje 11 Norte Sur, las tres rutas alimentadoras que se adicionaron y el corredor de transporte masivo Chachapa Tlaxcalancingo; en la convergencia están previstas dos estaciones de integración, una por cada sentido.

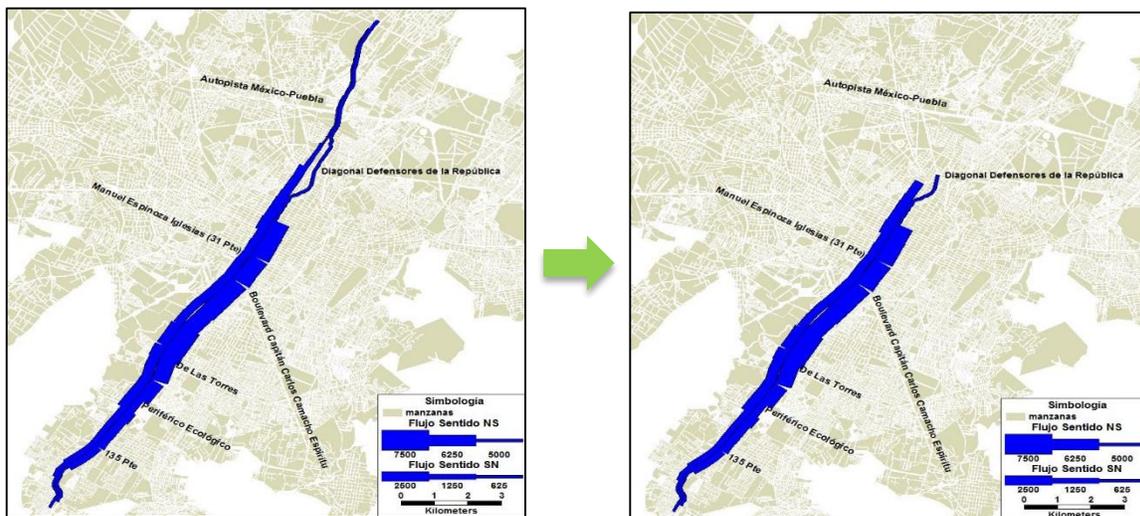
Figura 3: Conexión entre los corredores 11 Norte Sur y Chachapa Tlaxcalancingo.



Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Los volúmenes de demanda previstos para la ruta troncal de la avenida 11 Norte Sur también tienen modificaciones, tal como se muestra en la figura 4. Nótese el bajo flujo de pasajeros después de la diagonal Defensores de la República.

Figura 4: Modificación en los volúmenes de demanda sobre el eje 11 Norte Sur



Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Otras de las modificaciones que tendrá el proyecto son las siguientes:

Cancelación de paso a desnivel y colector pluvial. El proyecto planteaba la construcción del paso a desnivel deprimido en el cruce de la avenida 11 Sur y Periférico, sin embargo, se determinó que esta obra implicaría un importante volumen de obras inducidas, incluyendo ductos de gas natural y un colector pluvial que encarecía notablemente el proyecto. Para solucionar el paso en este cruce se diseñaron vueltas izquierdas anticipadas con carriles de almacenamiento.

Cancelación de construcción de ciclopista. En conjunto con las autoridades municipales se determinó que el ancho de la sección a lo largo del corredor de la avenida 11 Norte Sur impide la correcta habilitación de una ciclovía. Sin embargo, los dos ejes de la cuenca, 11 Sur y Blvd. Héroes del 5 de Mayo sí estarán conectados a través de las ciclovías que ya operan en la dirección oriente poniente en el Centro Histórico.

Metodología de actualización

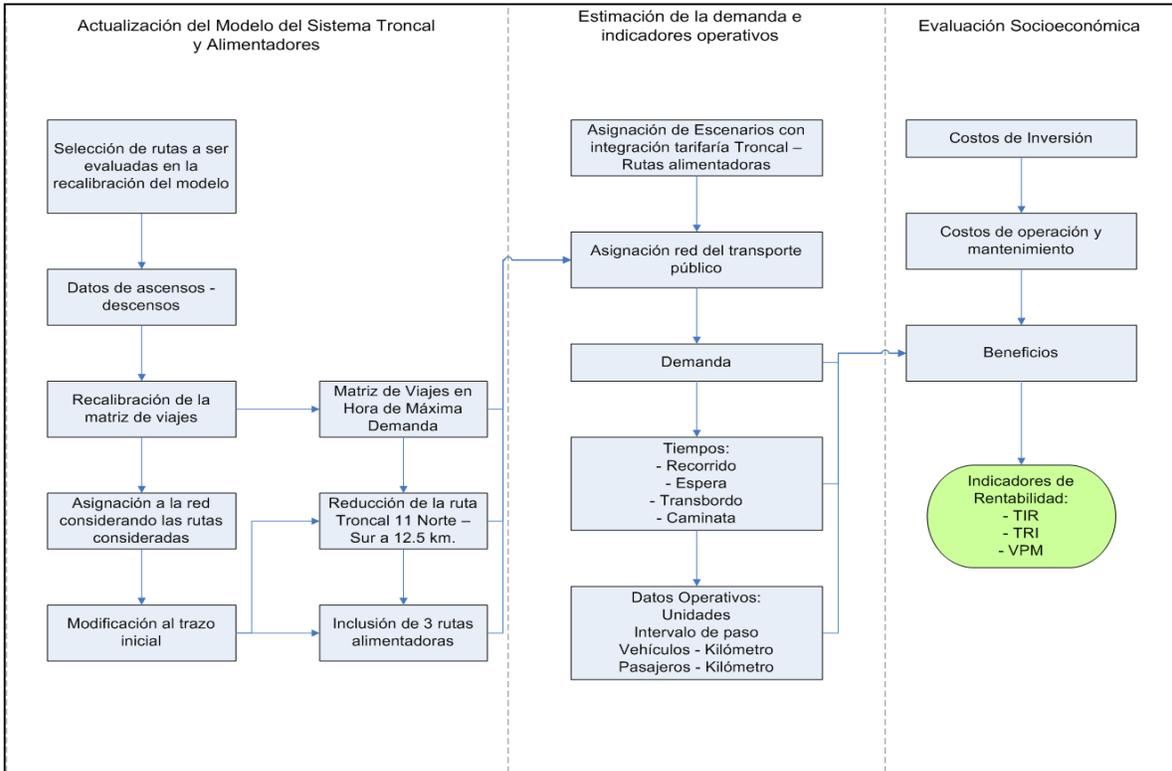
La metodología de actualización del análisis costo beneficio consta de tres etapas principales:

- a) Actualización del Modelo del Sistema Troncal y su Alimentación
- b) Estimación de demanda e indicadores operativos
- c) Evaluación socioeconómica

La actualización se enfoca en los principales efectos de la reducción del carril confinado en el eje 11 Norte, la inclusión de tres rutas alimentadoras y la integración del corredor 11 Norte Sur con el corredor Chachapa Tlaxcalancingo.

A través de la actualización del modelo se determinaron los parámetros e indicadores de operación que fueron la base para el cálculo de los nuevos indicadores de rentabilidad social, ver figura 5.

Figura 5: Metodología del estudio de actualización del análisis costo beneficio de la cuenca Norte Sur



Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Análisis de alternativas

El diagnóstico anterior mostró la necesidad de diseñar una solución sistémica, que plantee opciones de transporte complementarias y atienda las demandas específicas identificadas a través de un sistema integral de transporte masivo en la cuenca Norte Sur.

Se evaluaron cuatro alternativas de diseño partiendo de que, en la situación actual de la cuenca, el estudio de movilidad detectó que existen dos ejes troncales naturales: la avenida 11 Norte Sur y la avenida 16 de Septiembre, en los que se concentra una demanda propia de viajes pero complementaria, que está siendo atendida por rutas de incidencia directa con recorridos norte sur (rutas troncales) y/o con trayectos oriente poniente interconectando a ambas vialidades (rutas auxiliares). Además existen otras rutas de incidencia indirecta cuyos trayectos son locales o cruzan la cuenca sin tener mayor relación con los troncales naturales de la misma.

La evaluación de las alternativas se sustentó a su vez en un marco metodológico de cuatro pasos iterativos: (1) que a través de la estimación de la demanda, (2) se definiera

el diseño del sistema de rutas, (3) y con base en la sección de máxima demanda de cada ruta, se seleccionará la tecnología de material rodante y el tamaño de la flota necesaria para atender la demanda estimada, (4) finalmente una vez definido el tipo y el número de material rodante, se determinó el diseño de la infraestructura que permitiera una operación adecuada del sistema de transporte, respetando el entorno urbano y arquitectónico.

La evaluación de alternativas, permitió determinar que el mejor diseño era aquél que permitiera una solución integral para toda la cuenca Norte Sur atendiendo la movilidad norte sur y oriente poniente, a través de la implementación de un sistema integral de transporte masivo, compuesto por un eje troncal en carril confinado sobre la 11 Norte Sur y un eje troncal en carril preferencial sobre la Av. 16 de Septiembre y el Blvd. Héroes del 5 de Mayo y sus respectivas rutas auxiliares.

Cabe mencionar que el tipo de carril, confinado o preferencial, se determinó en función específicamente del número de viajes/día que se registraron en la sección de máxima demanda de cada troncal. Así, se decidió construir un carril confinado en el eje troncal 11 Norte Sur debido a que se requiere que los autobuses articulados operen con una alta frecuencia (veh/h) durante un lapso de tiempo y en una dirección específicos (sección de máxima demanda); en tanto en el eje troncal de la 16 de Septiembre y el Blvd. Héroes del 5 de Mayo se optó por un carril preferencial dado que el número de viajes se distribuye más homogéneamente a lo largo del día.

Esta solución permite dar una respuesta integral a la problemática de movilidad de la cuenca al atender la demanda natural de viajes a lo largo de las rutas troncales que unen las zonas habitacionales situadas al sur de la cuenca, con las zonas industriales situadas al norte. Al mismo tiempo, las rutas auxiliares permiten la opción de transbordo a un troncal y/o entre ambos troncales; y simultáneamente atienden la demanda de viajes transversales locales con dirección oriente poniente a lo ancho de la cuenca.

Derivado de lo anterior, esta solución que se propone como proyecto resultó ser la de mayores ahorros en tiempo de viaje promedio y en el costo de operación vehicular, por lo que presenta la mayor rentabilidad social y el mayor beneficio neto por peso invertido.

Principales características y componentes del proyecto

Se propone la implementación de un sistema integral de transporte sobre la cuenca Norte Sur con los siguientes componentes: 1) un sistema de rutas para la integración operacional de los servicios; 2) un sistema de prepago para la integración de la tarifa; 3) un conjunto de infraestructura dedicada para la integración física, tal como se describe a continuación.

- 1) Un sistema de rutas para la integración operacional de los servicios

- a) Dos ejes troncales que atenderán la demanda natural de viajes que unen el área habitacional situada al sur de la cuenca con la zona industrial situada al norte.
- b) Una red de rutas auxiliares a fin de atender:
 - La demanda de viajes de alimentación con trasbordo en ambos troncales y
 - La demanda de viajes transversales locales (con dirección oriente poniente).

2) Un sistema de prepago para la integración de la tarifa

Tanto las rutas troncales como las rutas auxiliares contarán con un sistema de prepago que permita el transbordo sin necesidad de pagar una tarifa adicional, sustentado en un centro de control operacional que permitirá alcanzar economías de escala con el corredor Chachapa Tlaxcalancingo; asimismo, compartirán un sistema de semaforización inteligente.

3) Un conjunto de infraestructura dedicada para la integración física

- a) Un eje troncal con un servicio de autobuses rápidos (Bus Rapid Transit BRT) en carril confinado sobre la avenida 11 Norte Sur.
- b) Un eje troncal en carril preferencial en las avenidas 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo con dos servicios coordinados, uno hacia los Estadios y otro hacia la avenida Carmen Serdán.
- c) Un conjunto de estaciones en el troncal 11 Norte Sur; y tótems en el troncal 16 Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo que faciliten el ascenso descenso de los usuarios.
- d) Terminales, patios de encierro y talleres.

Las características de los sistemas de integración operacional, tarifaria y física de cada eje troncal se describen detalladamente en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Elementos de integración física y operacional de los ejes troncales en 11 Norte Sur y en 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo

Troncal 11 Norte Sur	Troncal 16 Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo
<p>1. Carril confinado</p> <p>Longitud: 13.8 km</p>	<p>1. Carril preferencial</p> <p>Longitud: 22.05 km con dos servicios</p>
<p>2. Sección tipo: 24.50 m en promedio</p> <p>Un carril confinado por sentido de 3.50 m. Modernización de banquetas en cada sentido.</p>	<p>2. Sección tipo: 14.5 m en promedio</p> <p>Reencarpetamiento del carril preferencial con bifurcación a la altura de la avenida 2 Norte con dirección hacia los Estadios y la avenida Carmen Serdán.</p>
<p>3. Estaciones y Terminal</p> <p>Diseño a un metro de altura para mantener el entorno urbano del centro histórico</p> <p>32 estaciones estándar.</p> <p>3 estaciones de interconexión.</p> <p>1 terminal al sur del periférico ecológico.</p>	<p>3. Paraderos y Terminales</p> <p>Diseño austero y ligero, favoreciendo la transparencia por seguridad y respeto al entorno urbano construido.</p> <p>96 tótems (48 en cada sentido).</p> <p>1 terminal en la 16 de Septiembre al sur del periférico ecológico.</p>
<p>4. Material rodante</p> <p>27 autobuses articulados con capacidad para 160 pax</p> <p>38 autobuses de 100 pax y 85 de 40 pax para las rutas auxiliares</p>	<p>4. Material rodante</p> <p>70 autobuses convencionales con capacidad para 100 pax.</p> <p>30 de 40 pax para las auxiliares.</p>
<p>5. Patio de encierro con taller</p> <p>1 para el troncal 11 Norte Sur al sur</p>	<p>5. Patio de encierro</p> <p>Utilización del patio de 11 Norte Sur</p>
<p>6. Centro de control operacional, cruces peatonales, semaforización inteligente, señalización, sistema de prepago.</p>	

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Como lo muestra la tabla 1.2, el proyecto propuesto con el sistema de rutas para la integración operacional de los servicios, el sistema de prepago para la integración de la tarifa y el conjunto de infraestructura dedicada para la integración física, permitirán atender una demanda exclusiva en las rutas troncales de 145,441 pasajeros al día, en las alimentadoras que transbordarán a las troncales de 160,118 y una demanda que utiliza las rutas auxiliares con transbordo hacia las troncales de 26,029 para una demanda total que atenderá el proyecto como sistema integral de 331,588 pasajeros al día.

Tabla 1.2. Demanda efectiva con proyecto

Viajes por día

	11 Norte Sur	16 Sept. y Blvd. Héroes del 5 Mayo	Total
Exclusiva en troncales	60,166	85,275	145,441
Alimentadoras con transbordo	97,431	62,687	160,118
Auxiliares transversales con transbordo	19,522	6,507	26,029
Total del Sistema Integral	177,119	154,469	331,588

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Horizonte de evaluación

La ejecución del proyecto se concibe en tres etapas debido fundamentalmente a que es indispensable garantizar un adecuado flujo vehicular en la cuenca Norte Sur y así evitar inmovilizar a la ciudad:

- En la primera, se llevará a cabo la implementación y puesta en operación del troncal 11 Norte Sur, la construcción de un patio con taller y una terminal para cada uno de los dos ejes de la cuenca. Los estudios para la implementación comenzaron en mayo de 2013 y la construcción inició en agosto de 2013, en tanto la puesta en operación se contempla para el primer trimestre del 2015.
- En la segunda etapa se implementará el troncal 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo, iniciando su construcción en el segundo trimestre del 2015 para comenzar a operar en enero del 2016. Este troncal se conformará por dos servicios en carril preferencial que parten del sur del Periférico Ecológico sobre la avenida 16 de Septiembre, continúan sobre el Blvd. Héroes del 5 de Mayo, bifurcándose uno hacia la calzada Ignacio Zaragoza hasta llegar a los Estadios desde donde retornará; en tanto otro servicio continuará sobre el Blvd. Norte hacia la avenida Carmen Serdán. Los carriles preferenciales se reencarpetarán y delimitarán con topes canalizadores o vialetones.

Dentro del horizonte de evaluación, el proyecto tiene una vida útil de 30 años, mismos que constituyen el periodo de operación del sistema integral, a pesar que algunos de sus componentes tendrán una vida útil mayor. Cabe mencionar que el horizonte de evaluación también considera un periodo de implementación de 31 meses en dos etapas, la primera de mayo de 2013 a febrero de 2015. La tabla 1.3 muestra el horizonte de evaluación del sistema integral.

Tabla 1.3. Horizonte de evaluación del sistema integral

Concepto	Horizonte de Evaluación	Año				
		2013	2014	2015	2045	
Primera etapa. Implementación del corredor 11 Norte Sur.	22 meses	Mayo		Febrero		
Segunda etapa. Implementación del corredor 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 Mayo.	9 meses			Abril a diciembre		
Operación del sistema integral 11 Norte Sur y 16 de Septiembre con el Blvd. Héroes del 5 Mayo	30 años			Marzo		Diciembre

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Cabe mencionar que el Gobierno del Estado y el H. Ayuntamiento de Puebla han iniciado trabajos de reencarpetamiento con pavimento hidráulico en el Blvd. Héroes del 5 de Mayo y Blvd. Norte, por lo que aún faltaría por realizar los trabajos de reencarpetamiento de las demás vialidades que conforman este eje troncal.

- En una tercera etapa el Gobierno del Estado de Puebla tendrá la opción, como una medida de política pública, la reestructura de las rutas de incidencia indirecta a fin de hacer más eficiente la movilidad en el resto de la cuenca. Si bien esta reestructura genera beneficios indirectos adicionales estos no se incluyen en la estimación de la rentabilidad social del proyecto.

Identificación y descripción de los principales costos

La implementación del proyecto requiere una inversión inicial total de 1,516.67 millones de pesos (precios a 2015 sin IVA), para fines de evaluación socioeconómica, y de 1,759.34 millones de pesos (precios a 2015 con IVA), para fines de asignación presupuestaria, mismos que se desglosan en la tabla 1.4.

Tabla 1.4. Monto de Inversión

Millones de pesos

Concepto	Inversión total	Etapas I	Etapas II
Carril confinado	197.02	197.02	
Carril preferencial	19.58		19.58
Otra infraestructura. Estaciones, terminales, patios de encierro, semaforización, señalización, puentes peatonales, la edificación del taller, centro de control y tótems	466.02	384.54	81.48
Inversión complementaria. Proyecto ejecutivo, trámites y licencias, asesoría en implementación del proyecto y supervisión de la obra.	75.02	73.50	1.52
Concesión de infraestructura. Tótems, equipamiento del taller y sistema de prepago.	192.41	94.27	98.14
Adquisición de terrenos. Afectaciones	118.2	62.93	55.27
Adquisición del material rodante			
27 vehículos troncal 11NS (160 pax)			
38 vehículos troncal 11NS (100 pax)	448.42	296.77	151.65
70 vehículos troncal 16S (100 pax)			
115 vehículos auxiliares (40 pax)			
Total sin IVA	1,516.67	1,109.03	407.64
IVA**	242.67	177.44	65.22
Total con IVA	1,759.34	1,286.47	472.86

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

El tipo de cambio considerado fue de \$14.50 por un dólar, principalmente para cuantificar la inversión del material rodante.

Adicionalmente, se estimó la externalidad que representa las molestias causadas por la construcción de la infraestructura, principalmente congestionamiento vial en el área, mayores COV y tiempo de traslado durante los dos años y medio que dura el proceso. Estas externalidades equivalen a 118.04 millones de pesos.

Para efectos de comparación, en la tabla 1.5 se anotan la inversión original del año 2012 y la inversión que se prevé con la optimización de recursos.

Tabla 1.5. Comparación de inversiones 2012 vs 2015

Millones de pesos

Concepto	Inversión 2012	Inversión 2015
Carril confinado	646.57	197.02
Carril preferencial	48.80	19.58
Otra infraestructura. Estaciones, terminales, patios de encierro, semaforización, señalización, puentes peatonales, la edificación del taller, centro de control y tótems	489.71	466.02
Inversión complementaria. Proyecto ejecutivo, trámites y licencias, asesoría en implementación del proyecto y supervisión de la obra.	366.01	75.02
Concesión de infraestructura. Tótems, equipamiento del taller y sistema de prepago.	176.84	192.41
Adquisición de terrenos. Afectaciones		118.2
Adquisición del material rodante		
27 vehículos troncal 11NS (160 pax)		
38 vehículos troncal 11NS (100 pax)		
70 vehículos troncal 16S (100 pax)		
115 vehículos auxiliares (40 pax)		
	922.03	448.42
Total sin IVA	2,649.96	1,516.67
IVA**	397.49	242.67
Total con IVA	3,047.45	1,759.34

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Identificación y descripción de los principales beneficios

Los beneficios sociales generados por el proyecto comprenden los ahorros en Costo de Operación Vehicular (COV) y en tiempo de viaje (TV) de los usuarios de las rutas troncales y auxiliares, así como de los usuarios de vehículos privados que circulan sobre la cuenca Norte Sur.

Se considera el COV de los vehículos articulados de 160 pasajeros del troncal 11 Norte Sur; los autobuses de 100 pasajeros que operarán en la avenida 16 de Septiembre y el Blvd. Héroes del 5 de Mayo; y de los autobuses de 100 y 40 pasajeros que operarán en

las rutas auxiliares, descontando el COV de los vehículos que dejarán de operar (autobuses de 40 pasajeros, midibuses y vans) en la situación sin proyecto optimizada.

En relación a la situación sin proyecto, el proyecto permite obtener un ahorro en costo de operación vehicular diario (COV) de \$207.48 miles de pesos y un ahorro en tiempo de viaje promedio de los usuarios de transporte público de 3.67 minutos.

Tabla 1.6. Indicadores de operación y beneficios

Indicadores de operación y beneficios	Situación optimizada	Sistema Integral 11 NS / 16S 5M
Tiempo promedio de viaje (min)	35.01	31.34
Ahorro en tiempo de viaje promedio (min)	2.37	3.67
Costo de operación vehicular diario (\$miles)	1549.9	671.2
Ahorro del costo de operación vehicular diario (\$miles)		878.7

Fuente: Modelística S. A. de C. V. Estudio de movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

Indicadores de rentabilidad

Con una inversión inicial de \$1,516.67 millones de pesos (sin IVA), a precios de 2015, se obtiene una rentabilidad adecuada para el tipo de proyecto propuesto, ya que alcanza una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 15.68%. Asimismo, el cálculo de la Tasa de Retorno Inmediata del Proyecto (TRI) indica que el momento óptimo para el inicio de operaciones del proyecto integral es el año 2016, en virtud de que en ese año la TRI 16.39% es mayor que la tasa social de descuento considerada en 10%.

Tabla 1.7. Indicadores de rentabilidad social

Indicador	Valor
TIR (%)	15.68 %
TRI (%)	16.39 %
VPN(Mdp.)	474.11
VPB(Mdp.)	4,624.58
VPC(Mdp.)	4,150.48
VPB / VPC (veces)	1.11
VPB / Inversión sin IVA (veces)	3.05

Nota: Tasa Interna de Retorno (TIR), Tasa de Retorno Inmediata del Proyecto (TRI), Valor Presente Neto (VPN), Valor Presente de los Beneficios (VPB), Valor Presente de los Costos (VPC). Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Principales riesgos asociados a la ejecución y operación

Se analizaron riesgos técnicos, legales, ambientales, sociales, financieros y económicos concluyendo que en ningún caso la magnitud de tales riesgos puede llegar a obstaculizar la realización y/o viabilidad del proyecto. Es importante notar que no existe riesgo de mercado, debido a que las rutas que actualmente operan sobre los troncales y las auxiliares de los mismos, conformarán la empresa operadora del nuevo sistema de transporte, eliminando con ello cualquier competencia directa.

Entre los **riesgos que fueron considerados**, merecen mencionarse:

- Posible riesgo económico si los concesionarios no acordaran asociarse para el reemplazo del parque vehicular.
- Otro posible riesgo económico es un aumento en el precio del dólar y, consecuentemente, el encarecimiento de la inversión inicial, debido a que el material rodante y el sistema de prepago tienen componentes de origen extranjero.

Medidas para la mitigación de riesgos

- El riesgo sobre los acuerdos para la renovación del parque vehicular se puede minimizar a partir de prácticas, así como la experiencia previa de la constitución de una empresa operadora por parte de los concesionarios del corredor Chachapa Tlaxcalancingo, sugieren que es poco probable que esto suceda. Adicionalmente, el Gobierno del Estado ha contado con el apoyo del Centro de Transporte Sustentable y del Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo para acompañar a los concesionarios en la conformación de la empresa que operará el corredor Chachapa Tlaxcalancingo.
- El riesgo económico derivado del aumento en el precio del dólar (depreciación de la moneda nacional) se ha considerado en el análisis de sensibilidad, al haberse previsto un aumento en los costos iniciales de inversión. Dicho análisis permite advertir que aunque el entorno económico nacional e internacional es adverso, el proyecto puede soportar un aumento en los costos del material rodante y el sistema de prepago, como resultado de una depreciación de la moneda nacional.

Conclusión

El proyecto propuesto mejorará sustancialmente la oferta de transporte público de la cuarta ciudad más importante del país al hacer más accesible diversos modos de transporte motorizado y no motorizado, fomentando su integración física, operacional y tarifaria, reduciendo los tiempos de viaje, los costos de operación vehicular y las

externalidades negativas (contaminación atmosférica, auditiva y visual) del sistema de movilidad.

Ello podrá lograrse a través de la implementación del proyecto de inversión propuesto que permite reestructurar el transporte público de la cuenca Norte Sur de la ZMP, a través de un sistema integral de rutas conformado por dos troncales complementarios y un conjunto de rutas auxiliares.

El Gobierno del Estado de Puebla tendrá la opción, como una medida de política pública, de reestructurar las rutas de incidencia indirecta, a fin de hacer más eficiente la movilidad en el resto de la cuenca; adicionalmente al desarrollo de infraestructura para fomentar modos de transporte no motorizado y de la adopción de tecnologías vehiculares menos contaminantes, sin descuidar la visión de la ciudad y de sus elementos urbanos, arquitectónicos e históricos.

Cabe resaltar que el proyecto integral propuesto mejorará las necesidades actuales de movilidad que se presentan en la cuenca al reestructurar el total de las rutas que circulan en la misma, sentando las bases para reestructurar todo el sistema de transporte público de la ciudad.

En un principio, su implementación consiste en un carril confinado de 12.5 km de longitud, en cada sentido, en el troncal 11 Norte Sur, para albergar a autobuses articulados de 160 pasajeros, así como una red de rutas auxiliares que atiendan la demanda de viajes con transbordo hacia los troncales y también presten servicio a la demanda de viajes locales transversales de la cuenca Norte Sur.

En una segunda etapa, el proyecto contempla la implementación de un carril preferencial de 22.05 km sobre la avenida 16 de Septiembre y el Blvd. Héroes del 5 de Mayo, con dos servicios: uno hacia los Estadios y otro hacia la avenida Carmen Serdán. En esta segunda etapa se reestructurará el total de las rutas de la cuenca Norte Sur, optimizando el parque vehicular y el trazo de las mismas.

El proyecto podrá atender a través del diseño de un sistema de redes con tarifa integral a una demanda efectiva de la cuenca Norte Sur del orden de 331,588 usuarios al día con una inversión inicial de \$1,759.34 millones de pesos, precios con IVA (2015=100).

La evaluación del proyecto resulta ser técnica, ambiental, económica y socialmente rentable, con una TIR del 15.68%, por lo que se recomienda ampliamente su implementación en el corto plazo, y así continuar con la implementación de la Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA) de la ZMP.

Con el proyecto propuesto se estarán creando los ejes que le darán un sustento más sólido a la RUTA, permitiendo su consolidación como un sistema integral. El proyecto viene a dar solución a la movilidad de la cuenca y no sólo a un par de arterias principales de la ZMP.

Asimismo, las posibles economías de escala que se han contemplado con la implementación del primer corredor que pronto entrara en operaciones, le garantizarán al usuario una alta calidad en el servicio con tecnologías homologadas para atender a una metrópoli en expansión con una nueva imagen y un aire más limpio.

ii. Situación actual del proyecto de inversión

Este capítulo desarrolla la problemática de movilidad que enfrenta la cuenca norte sur¹ de la Zona Metropolitana de Puebla (ZMP), donde se encuentra la población que se beneficiará con el proyecto que se propone. Para comprender el tema a cabalidad, se da cuenta de las características geográficas, demográficas y económicas de la cuenca; indicadores que otorgan los elementos necesarios para entender la situación en materia de transporte público. Asimismo, se describen los aspectos más relevantes de la infraestructura de transporte masivo urbano de la ZMP y específicamente de la cuenca Norte Sur. Finalmente, se analiza la demanda de transporte urbano en relación a la oferta existente en la situación actual.

a) Diagnóstico de la situación actual que motiva la realización del proyecto

En esta sección, en primer lugar, se presentan de manera detallada los antecedentes que motivan la realización del proyecto propuesto que será descrito en el capítulo IV, entre los que destacan la falta de opciones de transporte público eficiente y seguro, situación que propicia un considerable aumento tanto en el tiempo de traslado de las personas hacia actividades productivas así como altos costos de operación vehicular.

En segundo término, se describen las características geográficas y socioeconómicas de la población de la ZMP. Este panorama permite comprender la importancia que tiene para la población del municipio de Puebla y de la ZMP en general, la puesta en operación de un sistema integral de troncales de BRT, en el marco de la consolidación de la Red Urbana de Transporte Articulado RUTA contribuyendo a resolver la problemática de movilidad que se enfrenta en esta región.

Finalmente, se mencionan las limitantes en la red de transporte público que obstaculizan el desarrollo de un sistema eficiente, que minimice el tiempo de traslado de las personas y los costos de operación vehicular de los automotores que circulan por la cuenca Norte Sur.

¹ La cuenca norte sur se concibe como el sistema de transporte público que opera en un área comprendida a 500 metros alrededor de las vías 11 Norte Sur, 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo.

Antecedentes del proyecto y problemática que se pretende resolver

Modificación técnica al proyecto

El proyecto inicial de los corredores de transporte masivo para la cuenca Norte Sur de Puebla, se estructuraba en dos ejes, la avenida 11 Norte Sur con 19.74 km y el eje formado por la avenida 16 de Septiembre y el Blvd. Héroes del 5 de Mayo con 22.05 km. Ver figura 6

Figura 6: Estructura inicial de los corredores de transporte masivo para la cuenca Norte Sur.

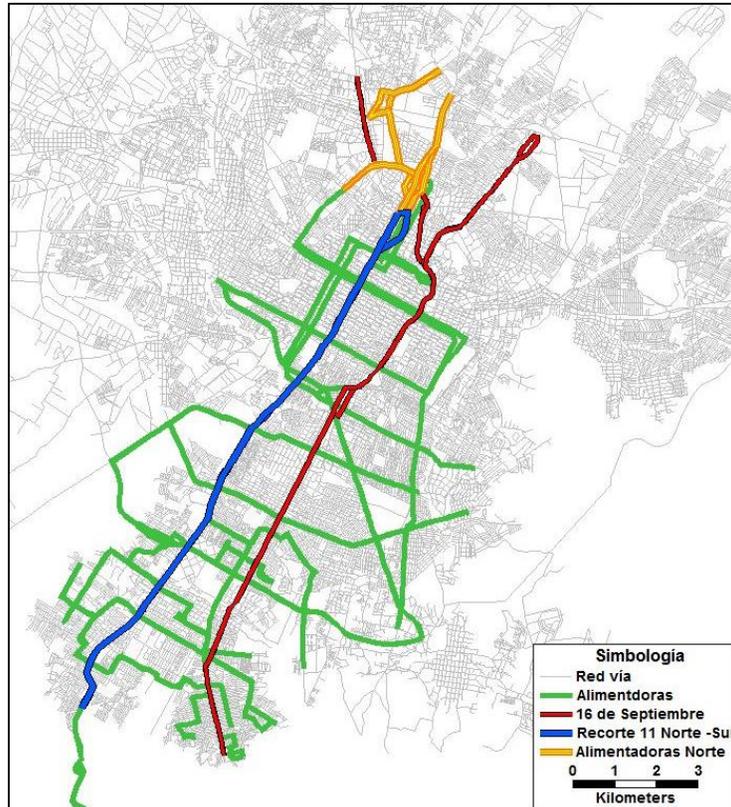


Fuente: Spectron Desarrollo S. C., Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur, 2012.

Como se ve en la figura, el extremo norte del eje sobre la avenida 11 Norte Sur terminaba en la Villa Vicente Guerrero, aproximadamente tres kilómetros después de la central de abastos.

La modificación técnica del corredor consistió en recortar 6.5 km kilómetros de carriles confinados en el norte de la avenida 11 Norte hasta el cruce con la avenida Defensores de la República. La nueva estructura de corredores para la cuenca Norte Sur quedó como se ilustra en la figura 7

Figura 7: Estructura actual de corredores para la cuenca Norte Sur



Fuente: Modelistica S. A. de C. V.

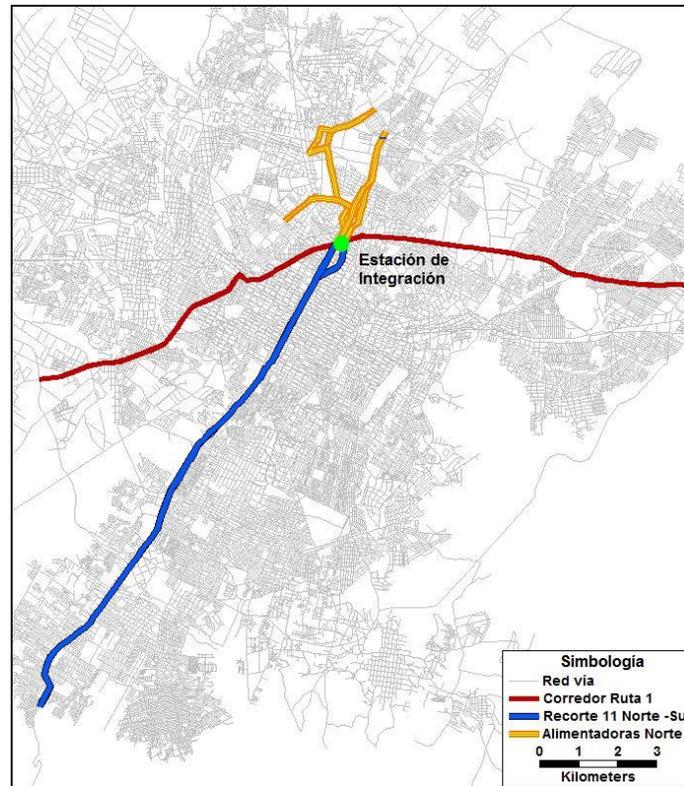
En el proyecto final, el eje sobre la avenida 11 Norte Sur quedó con una longitud de 13.8 km.

El servicio de transporte que se ofrecería con carriles exclusivos hasta la Villa Vicente Guerrero se suplió con tres rutas alimentadoras con las siguientes longitudes:

Central de Autobuses CAPU	3.0 km
Villa Frontera	3.4 km
Central de Abastos	5.0 km

En la figura de abajo se muestra la conexión entre el eje 11 Norte Sur, las tres rutas alimentadoras que se adicionaron y el corredor de transporte masivo Chachapa Tlaxcalancingo; en la convergencia están previstas dos estaciones de integración, una por cada sentido.

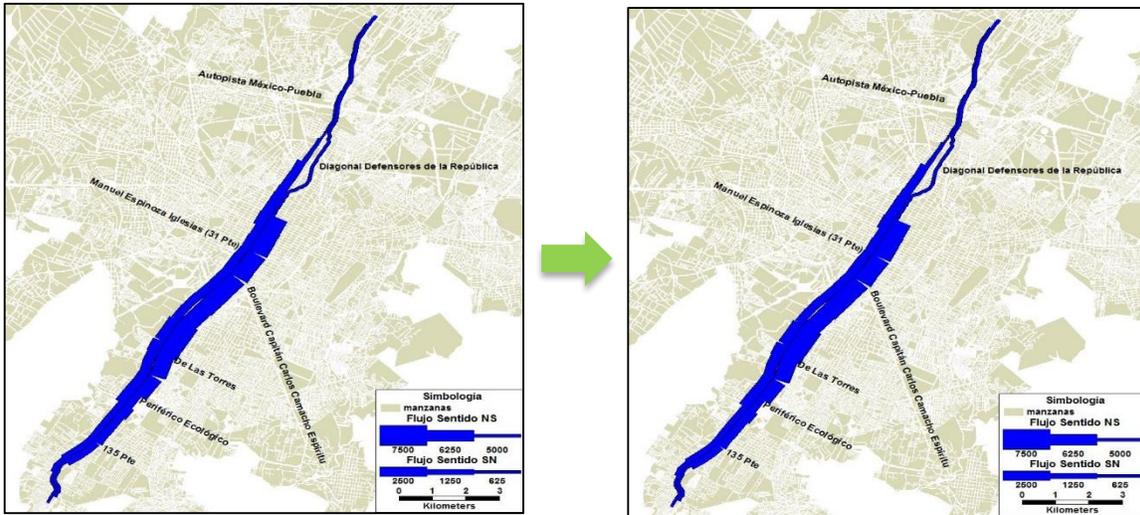
Figura 8: Conexión entre los corredores 11 Norte Sur y Chachapa Tlaxcalancingo.



Fuente: Modelistica S. A. de C. V.

Los volúmenes de demanda previstos para la ruta troncal de la avenida 11 Norte Sur también tienen modificaciones, tal como se muestra en la figura 9. Nótese el bajo flujo de pasajeros después de la diagonal Defensores de la República.

Figura 9: Modificación en los volúmenes de demanda sobre el eje 11 Norte Sur



Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Otras de las modificaciones que tendrá el proyecto son las siguientes:

Cancelación de paso a desnivel y colector pluvial. El proyecto planteaba la construcción del paso a desnivel deprimido en el cruce de la avenida 11 Sur y Periférico, sin embargo, se determinó que esta obra implicaría un importante volumen de obras inducidas, incluyendo ductos de gas natural y un colector pluvial que encarecía notablemente el proyecto. Para solucionar el paso en este cruce se diseñaron vueltas izquierdas anticipadas con carriles de almacenamiento.

Cancelación de construcción de ciclista. En conjunto con las autoridades municipales se determinó que el ancho de la sección a lo largo del corredor de la avenida 11 Norte Sur impide la correcta habilitación de una ciclovía. Sin embargo, los dos ejes de la cuenca, 11 Sur y Blvd. Héroes del 5 de Mayo sí estarán conectados a través de las ciclovías que ya operan en la dirección oriente poniente en el Centro Histórico.

Plan de corredores

La ZMP ha crecido aceleradamente durante los últimos 40 años, lo cual ha significado una dinámica de conurbación que en la actualidad involucra a 6 municipios del Estado de Puebla. Esta evolución poblacional y urbana tuvo como consecuencia un incremento significativo en las distancias de los desplazamientos de las personas, un aumento en la demanda de servicios públicos de transporte, así como un acelerado crecimiento de los vehículos anuales adicionales tanto en el municipio de Puebla como en su área conurbada, como se verá en la sección 2.1.2.

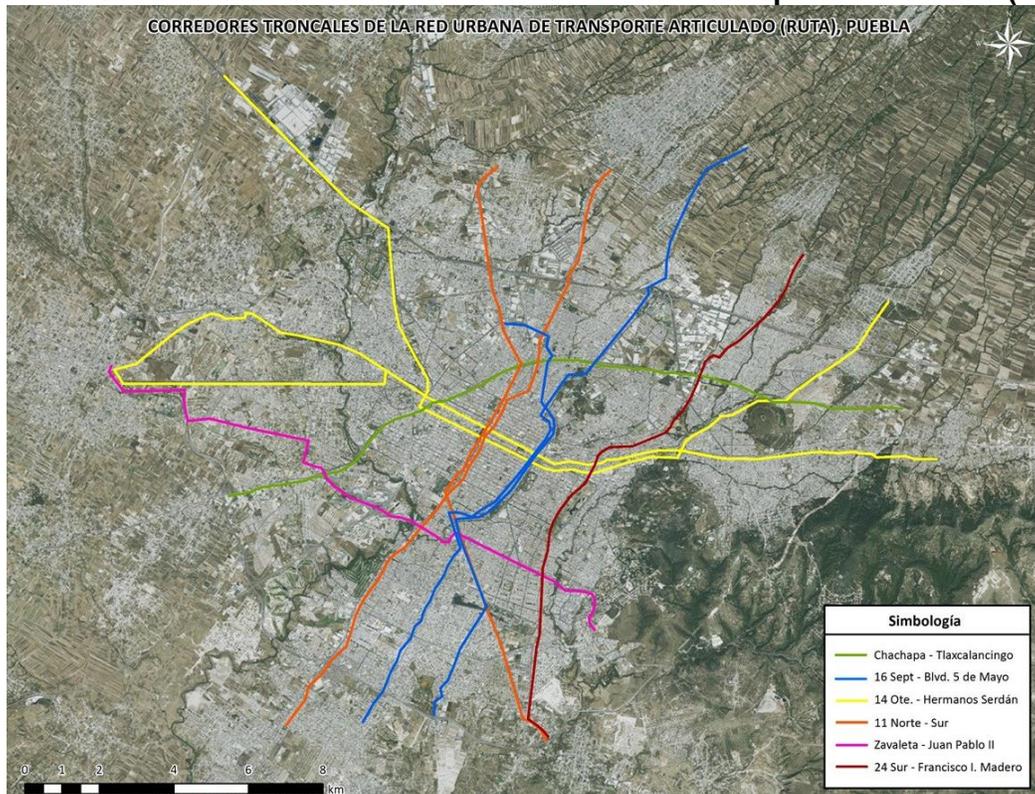
Bajo tales condiciones, el Plan Estatal de Desarrollo 2011-2017 (PED) (Gobierno del Estado Puebla 2011-2017) y el Programa Sectorial de Movilidad de la ZMP (PSM-ZMP) (Logit S. A., por publicarse) han propuesto impulsar la Modernización del Sistema de Transporte Colectivo de Pasajeros. Para lograrlo, plantean la implementación de un sistema de corredores troncales con carriles confinados para BRT, a complementarse con rutas auxiliares, que conformarán la RUTA de la ZMP, a fin de resolver la problemática de movilidad que enfrentan 1.9 millones de habitantes cotidianamente.

El sistema de transporte masivo planteado en el PED 2011-2017 y el PSM-ZMP se conformará por seis corredores interconectados por un conjunto de ejes complementarios, tal como se muestra la figura 10. Los sistemas de transporte masivo modernos tienen como finalidad articular la movilidad en las zonas urbanas o metropolitanas de forma eficiente en términos de recursos energéticos, humanos, materiales y medio ambientales necesarios para la prestación del servicio. Las experiencias recientes en América Latina y México han mostrado que los sistemas de transporte integrados permiten alcanzar este objetivo de eficiencia. Por ello, en su modernización y rediseño es necesario incluir su integración a nivel físico: infraestructura dedicada para el uso común de los servicios de transporte público; a nivel operativo: la coordinación de los servicios que se prestan en la ciudad; y a nivel tarifario: tarifas homologadas para hacer uso de todos los servicios de transporte público.

Un sistema de BRT consiste en un conjunto de autobuses de gran capacidad (al menos 160 pasajeros por vehículo), que circulan por carriles centrales confinados para su uso exclusivo; con frecuencias establecidas desde un centro de control de operaciones en función de la demanda horaria; con estaciones claramente identificadas y establecidas cada 500 metros en promedio, diseñados para el rápido ascenso y descenso de pasajeros; así como por un sistema de prepago.

El primer corredor, “Chachapa Tlaxcalancingo”, ya se encuentra operando. La Secretaría de Transportes del Gobierno del Estado de Puebla realizó el proceso de planeación y obtención de los recursos para la construcción del segundo troncal sobre la cuenca Norte Sur.

Figura 10: Corredores Troncales de la Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA)



Fuente: Logit S. A. de C. V.

La implementación de estos sistemas integrados requiere un proceso de organización en diversos niveles de tipo estratégico, táctico y operativo. El primero de ellos tiene que ver con la definición del objetivo y los lineamientos de la política pública de transporte que generalmente se plasman en documentos de planeación (plan de movilidad, programa sectorial, esquema rector, etcétera). El segundo se refiere al diseño de los instrumentos de regulación económica en los que se establecen quiénes, cómo y cuántos elementos son necesarios para su implementación. Generalmente, estas respuestas y las relaciones con la autoridad reguladora se definen en instrumentos legales como son los contratos, concesiones, entre otros, cuyo diseño debe ser tal que permita alcanzar los objetivos establecidos a nivel estratégico. Finalmente, la organización a nivel operacional refiere a la definición de las características del servicio que deben operar.

Una de las soluciones más efectivas que ofrece un servicio de transporte masivo de alta calidad con una relación costo beneficio favorable son los sistemas de BRT, tanto en países avanzados como en países en vías de desarrollo (Wright & Hook, 2010).

Características geográficas, sociales y económicas de la Zona Metropolitana de Puebla.

a) Características geográficas

Desde su fundación en 1531, la ciudad de Puebla fue concebida como un importante centro comercial y administrativo por su posición estratégica entre la Ciudad de México y el Puerto de Veracruz.

A partir de 1970, con la construcción de la Autopista México-Puebla-Veracruz, se registró un importante crecimiento industrial en la periferia de la ciudad de Puebla que generó el proceso de conurbación con algunas juntas auxiliares del propio municipio y con los municipios de Amozoc, Cuautlancingo y San Pedro Cholula.

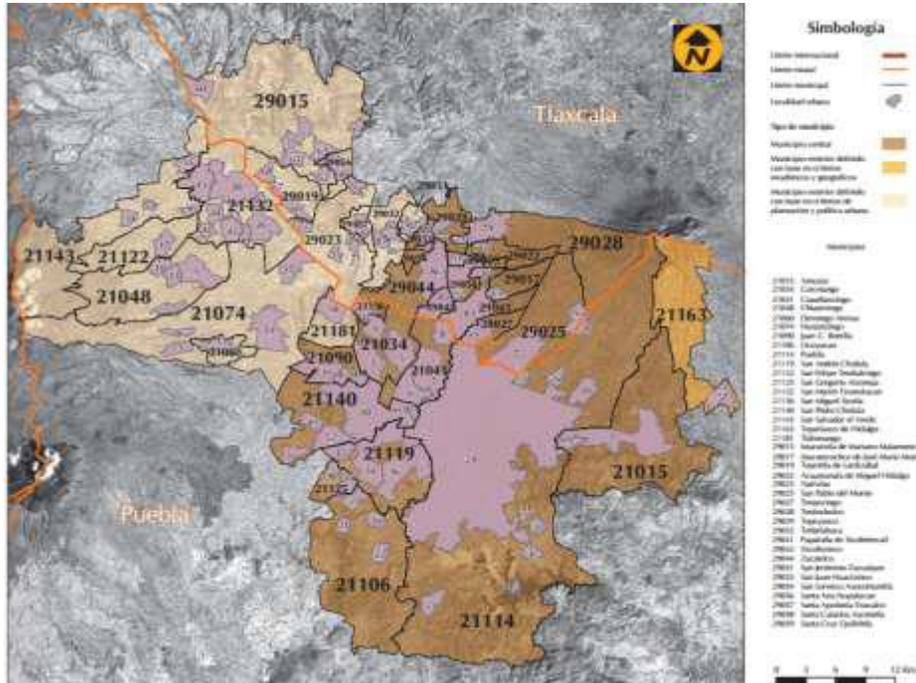
Durante los años ochenta y noventa del siglo pasado se consolida el proceso de metropolización al que se incorporan diversos municipios del Estado de Tlaxcala, como Nativitas, Panotla, Papalotla, San Pablo del Monte, Tenancingo, Tepetitla, Teolochoico, Xicohtzinco y Zacatelco. La actividad económica se diversifica hacia servicios técnicos, profesionales, educativos y de salud, además de consolidarse como un polo industrial, enfocado en gran medida al sector automotriz.

El Sistema Urbano Nacional del Consejo Nacional de Población (2007) identifica a la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT) como la cuarta conurbación más importante del país, con 2.7 millones de habitantes, después de las Zonas Metropolitanas del Valle de México, Guadalajara y Monterrey.

La ZMPT se encuentra conformada por 18 municipios del estado de Puebla y 20 del estado de Tlaxcala, mismos que sostienen importantes vínculos funcionales y económicos representando, en conjunto, una superficie de 2,223 kilómetros cuadrados, como puede observarse en el gráfico 2.6.

La dinámica demográfica que presenta cada uno de los 38 municipios que conforman la ZMPT difiere significativamente. Por una parte, los municipios de San Andrés Cholula, Cuautlancingo y Amozoc registraron durante la última década, una alta expansión demográfica (6.0%, 5.4% y 4.6% anual respectivamente), en tanto los municipios de San Juan Huactzinco, San Lorenzo Axocomanitla y Chiautzingo, presentaron una tasa de crecimiento menor al 0.5% anual.

Figura 11: Zona Metropolitana Puebla Tlaxcala



Fuente: Modelística S. A. de C. V., Delimitación de Zonas Metropolitanas de México 2005, CONAPO (2007)

Este diferencial en el ritmo de crecimiento demográfico y en la extensión territorial de cada municipio ha conllevado a que la densidad demográfica varíe desde 214.9 habitantes/km², como es el caso del municipio Ocoyucan, hasta 2,826.9 habitantes por km² en Puebla y 2,072.1 habitantes/km² en Cuautlancingo, véase tabla 2.1.

Tabla 2.1. Zona Metropolitana Puebla Tlaxcala: densidad demográfica por municipio

	Población		TCMA	Superficie	Densidad Habitantes / km ²	
	2000	2010			%	Km ²
Amozoc	64,315	100,964	4.6	135.2	475.7	746.8
Coronango	27,575	34,596	2.3	36.8	749.3	940.1
Cuautlancingo	46,729	79,153	5.4	38.2	1,223.3	2,072.1
Chiutzingo	17,788	18,762	0.5	81.2	219.1	231.1
Domingo Arenas	5,581	6,946	2.2	12.1	461.2	574.0
Huejotzingo	50,868	63,457	2.2	175.4	290.0	361.8
Juan C. Bonilla	14,483	18,540	2.5	23.0	629.7	806.1
Ocoyucan	23,619	25,720	0.9	119.7	197.3	214.9
Puebla	1,346,916	1,539,819	1.3	544.7	2,472.8	2,826.9
San Andrés Cholula	56,066	100,439	6.0	58.7	955.1	1,711.1
San Felipe Teotlancingo	8,632	9,426	0.9	39.4	219.1	239.2

San Gregorio Atzompa	6,934	8,170	1.7	11.8	587.6	692.4
San Martín Texmelucan	121,071	141,112	1.5	83.0	1,458.7	1,700.1
San Miguel Xoxtla	9,350	11,598	2.2	6.5	1,438.5	1,784.3
San Pedro Cholula	99,794	120,459	1.9	76.3	1,307.9	1,578.8
San Salvador el Verde	22,649	28,419	2.3	108.7	208.4	261.4
Tepatlxco de Hidalgo	14,055	16,275	1.5	69.4	202.5	234.5
Tlaltenango	5,370	6,269	1.6	20.9	256.9	300.0
Subtotal Puebla	1,941,795	2,330,124	1.8	1,640.8	1,183.4	1420.1
Acuamanala de Miguel Hidalgo	5,081	5,711	1.2	15.0	338.7	380.7
Ixtacuixtla de Matamoros	32,574	35,162	0.8	163.2	199.6	215.5
Mazatecochco de J. M. Morelos	8,573	9,740	1.3	14.7	583.2	662.6
Nativitas	21,863	23,621	0.8	56.3	388.3	419.6
Papalotla de Xicoténcatl	24,616	26,997	0.9	24.5	1,004.7	1,101.9
San Jerónimo Zacualpan	3,066	3,581	1.6	7.8	393.1	459.1
San Juan Huactzinco	6,577	6,821	0.4	4.5	1,461.6	1,515.8
San Lorenzo Axocomanitla	4,817	5,045	0.5	4.5	1,070.4	1,121.1
San Pablo del Monte	64,107	69,615	0.8	60.3	1,063.1	1,154.5
Santa Ana Nopalucan	6,074	6,857	1.2	9.1	667.5	753.5
Santa Apolonia Teacalco	3,860	4,349	1.2	8.1	476.5	536.9
Santa Catarina Ayometla	7,306	7,992	0.9	10.1	723.4	791.3
Santa Cruz Quilehtla	5,379	6,296	1.6	5.5	978	1,144.7
Tenancingo	10,632	11,763	1.0	12.1	878.7	972.1
Teolocholco	19,435	21,671	1.1	77.9	249.5	278.2
Tepetitla de Lardizábal	16,368	18,725	1.4	28.7	570.3	652.4
Tepeyanco	9,176	11,048	1.9	16.6	552.8	665.5
Tetlatlahuca	11,474	12,410	0.8	25.2	455.3	492.5
Xicohtzinco	10,732	12,255	1.3	7.3	1,470.1	1,678.8
Zacatelco	35,316	38,654	0.9	31.4	1,124.7	1,231.0
Subtotal Tlaxcala	307,026	338,313	1.0	582.6	527.0	580.7
TOTAL ZMPT	2,248,821	2,668,437	1.7	2,223.4	1,011.4	1,202.2

Fuente: Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010; México en Cifras. INEGI 2000 y 2010

Nota: TCMA es tasa de crecimiento municipal anual.

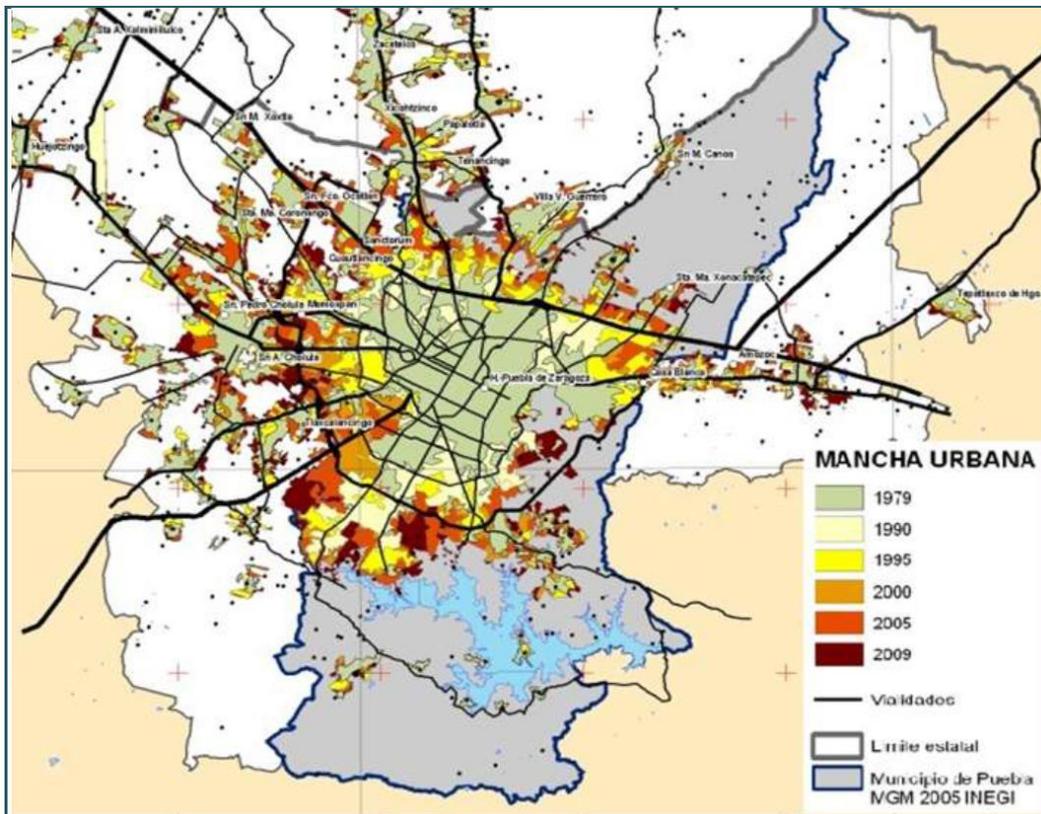
El dinamismo económico y demográfico que han presentado en los últimos años los municipios de Puebla, Amozoc, Coronango, Cuautlancingo, San Andrés Cholula y San Pedro Cholula, ha repercutido en la rápida expansión de la mancha urbana en la parte central de la ZMPT.

Hasta 1990, la expansión del área poblada de la ciudad se había presentado hacia el nororiente de la ciudad de Puebla, alrededor de la Autopista México – Puebla - Veracruz, derivada del desarrollo de importantes zonas industriales y unidades habitacionales densamente pobladas, que se desarrollaron principalmente en el municipio de Amozoc. Durante las últimas dos décadas, la mancha urbana se expandió hacia los municipios de

San Andrés Cholula, Cuautlancingo, Coronango y San Pedro Cholula, municipios localizados al poniente del municipio de Puebla, tal como se muestra en la figura 11.

Como puede observarse, el municipio de Puebla constituye el núcleo central de la ZMPT, no sólo por la población que alberga -un millón y medio de habitantes- sino también por el dinamismo económico que registra y los vínculos urbano-funcionales que sostiene con los demás municipios. Consecuentemente, la movilidad urbana y la infraestructura vial con que cuenta el municipio de Puebla conforman un factor determinante de la competitividad y el desarrollo socioeconómico de toda la ZMPT.

Figura 12: Expansión de la Mancha Urbana de la ZMPT



Fuente: Sistema para la Consulta de la Información Censal INEGI SCINCE 2010 y de Google Maps

El municipio de Puebla se localiza entre los paralelos 18° 50' y 19° 14' de latitud norte y los meridianos 98° 01' y 98° 18' de longitud oeste; y una altitud que va de 1,980 a 2,160 msnm.

Con una extensión de 544.65 km², equivalente al 1.6% de la superficie del Estado, el municipio de Puebla alberga al 25.8% del total estatal de habitantes, registrando una densidad de población de 2,826.9 habitantes/km², tal como se muestra en la tabla 2.1.

Colinda al norte con el estado de Tlaxcala y el municipio de Tepatlaxco de Hidalgo, al este con Amozoc y Cuautlancingo; al sur con Tzicatlacoyan, Huehuetlán el Grande y Teopantlán; al oeste con Teopantlán, Ocoyucan, San Andrés Cholula, San Pedro Cholula y Cuautlancingo, figura 13

Figura 13: Localización del municipio de Puebla



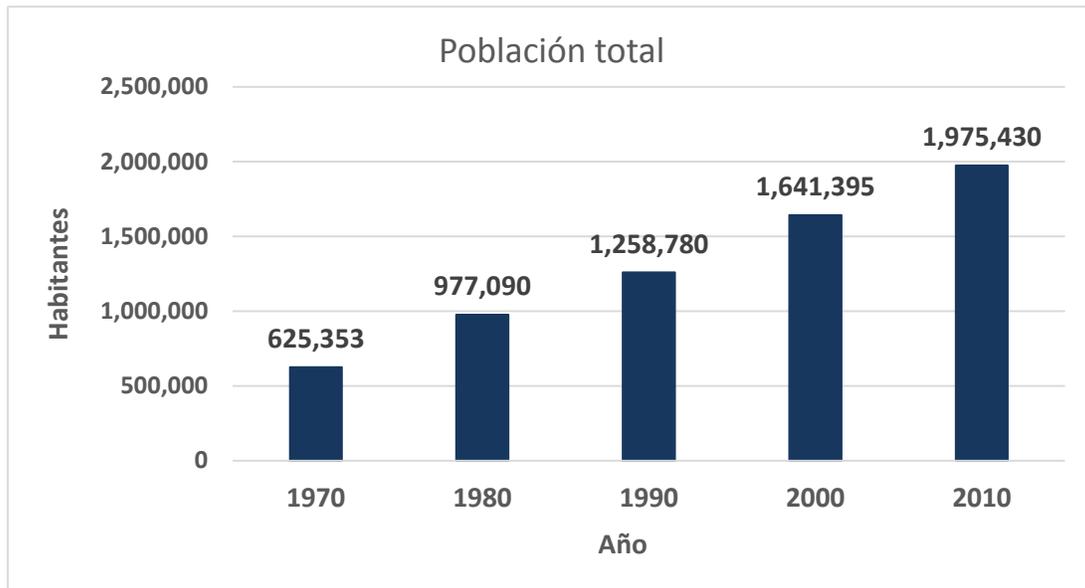
Fuente: *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Puebla, INEGI 2009.*

Dado el claro patrón de conurbación que presenta el municipio de Puebla con los municipios de Amozoc, Coronango, Cuautlancingo, San Andrés Cholula y San Pedro Cholula, resulta pertinente considerarlos en su conjunto, en tanto conforman la Zona Metropolitana de Puebla (ZMP).

b) Características demográficas

La zona metropolitana de Puebla está conformada por los seis municipios mencionados, cuenta con una superficie de 889.8 km², albergando en la actualidad a un millón 975 mil habitantes. Durante los últimos 40 años, el número de personas asentadas en la ZMP se triplicó, como puede observarse en la figura 14

Figura 14: Población total de 1970 a 2010 de la zona metropolitana de Puebla

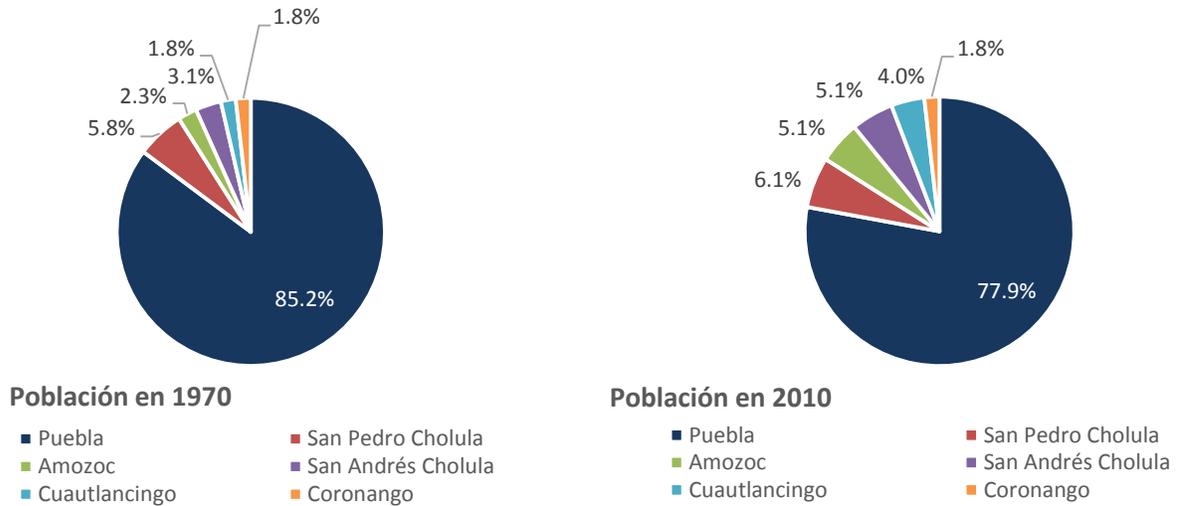


A pesar de que la zona metropolitana redujo su ritmo de crecimiento demográfico promedio de 4.6% a 1.9% anual durante los últimos 40 años, el número de habitantes se triplicó.

El proceso de metropolización se origina en el dinamismo poblacional que presentan los municipios periféricos, como es el caso de San Andrés Cholula, Cuautlancingo y Amozoc, cuya población creció por arriba del 4.6% anual en la última década; en tanto los municipios de Puebla, San Pedro Cholula y Coronango redujeron su ritmo de crecimiento demográfico por debajo del 2.3% anual.

Los municipios periféricos crecieron a una tasa mayor que la del municipio de Puebla, de manera que este último ha disminuido su participación relativa, como es posible observar en la figura 15.

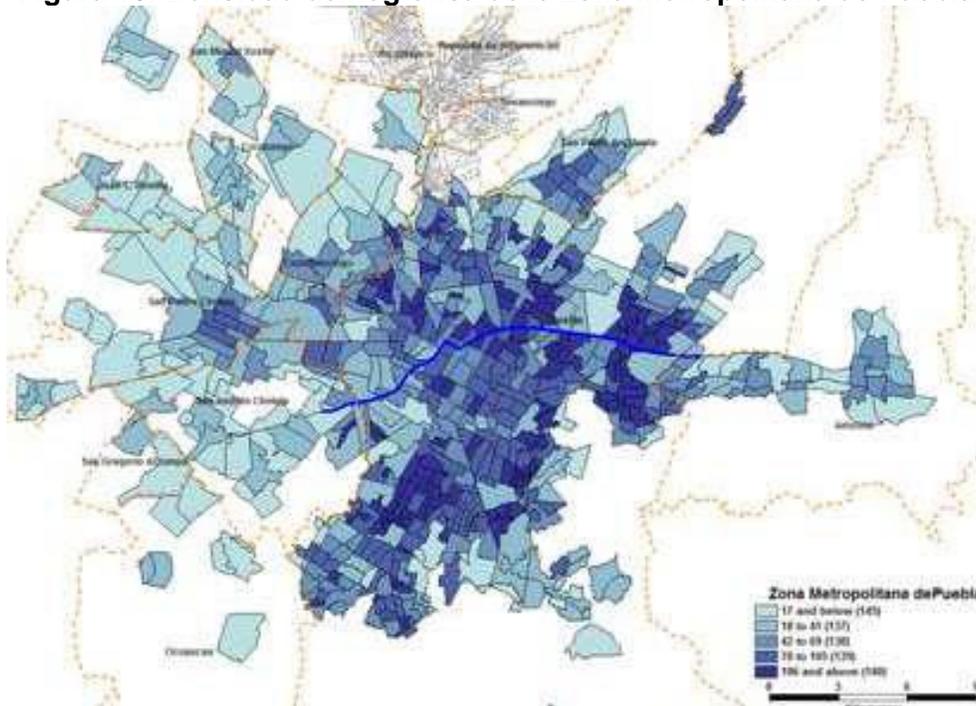
Figura 15: Distribución de la población a nivel municipal en 1970 y en 2010.



Fuente: Censos de Población y Vivienda 1970 – 2010, INEGI

Como consecuencia del patrón poblacional diferencial de los municipios y de la expansión de la mancha urbana, la ZMP registra diversos niveles de densidad demográfica, como se observa en la figura 16.

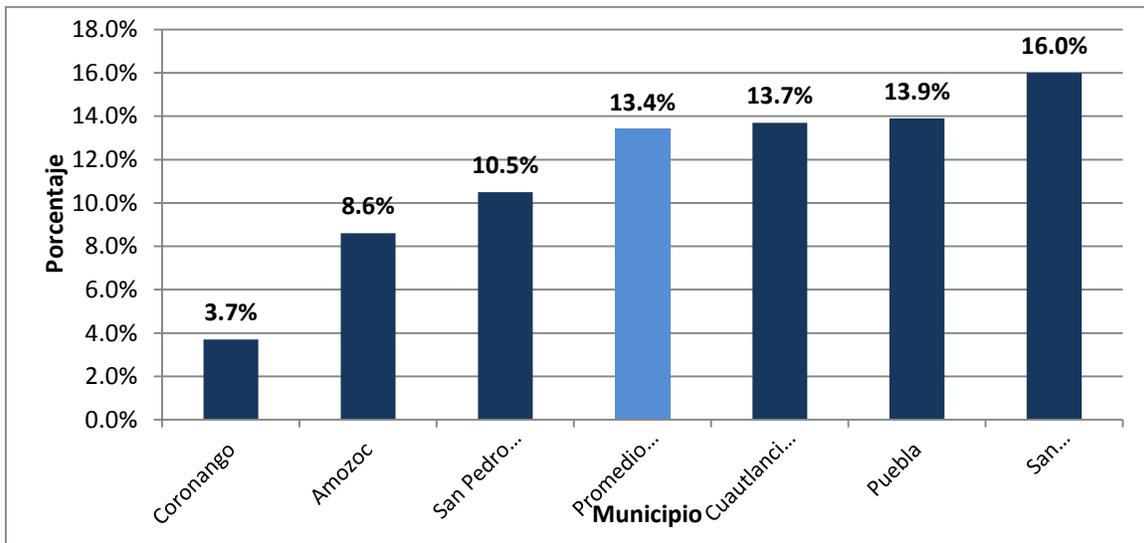
Figura 16: Densidad demográfica de la zona metropolitana de Puebla



Fuente: Logit, S. A. de C. V. Programa Sectorial de Movilidad de la Zona Metropolitana de Puebla 2010.

Esta expansión demográfica de la ZMP también es resultado de una alta tasa neta de inmigración. Debido a su dinámica económica y al albergar a un importante número de instituciones de educación superior, la ZMP se ha convertido en un polo de atracción importante, lo que se refleja en una tasa de inmigración del 13.4%, esto es, cerca de 264 mil residentes en la ZMP nacieron en otro país, en otra entidad federativa, o en un municipio distinto de los que conforman la ZMP. Los municipios de San Andrés Cholula, Puebla y Cuautlancingo, registran una tasa de inmigración mayor que el promedio, como se muestra en la figura 17.

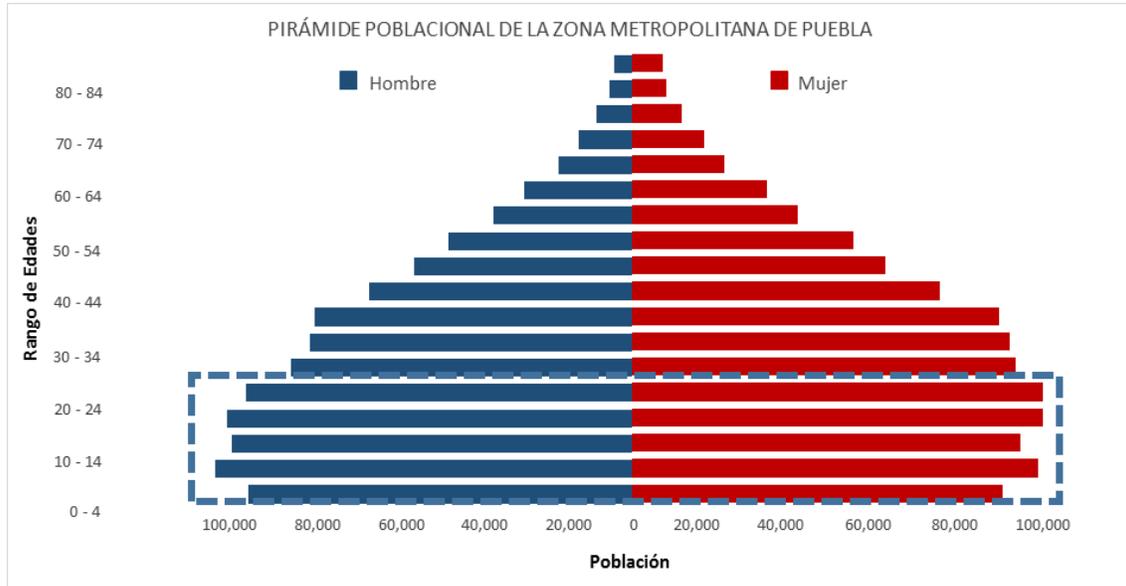
Figura 17: Tasa de inmigración al 2010 por municipio



Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI

El hecho de que el 55% del total de inmigrantes sea femenino contribuye a que el 52% de la pirámide poblacional del total de residentes de la ZMP sean mujeres. Cabe resaltar que el 36.9% de la población tiene entre 5 y 24 años de edad, siendo la población en edad escolar una de las que más ejerce presión sobre la oferta de servicios, tales como educación, recreación y transporte. Figura 18.

Figura 18: Pirámide poblacional de la Zona Metropolitana de Puebla



Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI

Los municipios que conforman la ZMP registran grados de marginación de medio a muy bajo. Aunque la mayoría de la población habita en viviendas que cuentan con drenaje, energía eléctrica y piso diferente de tierra, un 12.03% no cuenta con agua entubada. Más allá de los promedios de la ZMP, existe una amplia heterogeneidad, apreciable al comparar los valores de las variables del índice de marginación de municipios como el de Puebla con los de Coronango, por ejemplo. Además, el 33.12% de la población percibe ingresos de hasta dos salarios mínimos, lo que indica una falta de empleos con alta productividad y/o mejor remuneración, tabla 2.2.

Tabla 2.2. Principales variables del índice de marginación

Municipio	Porcentaje de la población						Grado de marginación
	Analfabeta	Sin drenaje	Sin energía eléctrica	Sin agua entubada	Con piso de tierra	Con ingresos hasta dos salarios mínimos	
Amozoc	6.89	1.66	1.12	24.19	5.68	41.01	Bajo
Coronango	5.70	7.00	1.09	81.74	8.65	62.68	Medio
Cuatlaningo	3.44	0.97	0.71	9.96	2.92	35.43	Muy bajo
Puebla	3.50	0.84	0.38	5.42	2.45	30.70	Muy bajo
San Andrés Cholula	3.70	1.50	0.33	55.92	3.64	44.08	Bajo
San Pedro Cholula	4.10	2.84	0.51	31.00	4.22	38.38	Bajo
ZMP Promedio ponderado	3.76	1.15	0.45	12.03	2.91	33.12	Bajo

Fuente: Índices de Marginación por entidad federativa y municipios. CONAPO 2010

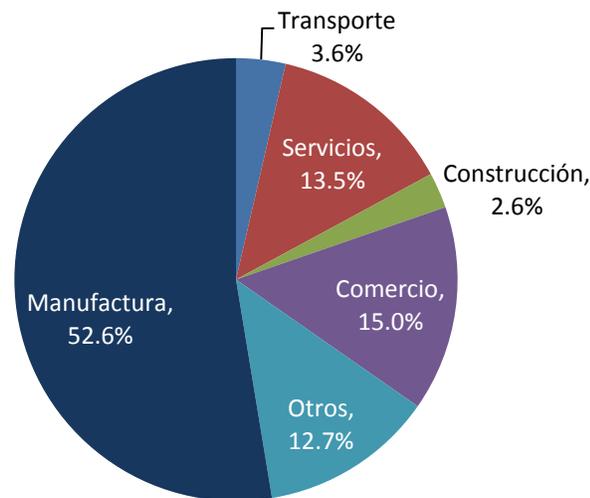
Los datos previos constituyen indicadores centrales, ya que al momento de diseñar un sistema de transporte público es importante tener en consideración el poder adquisitivo de los usuarios del mismo, la población con menores ingresos será un grupo significativo de usuarios del nuevo sistema de transporte público masivo.

c) Indicadores económicos

El estado de Puebla es escenario de un importante dinamismo económico. En el año 2010, el PIB estatal ascendió a 424 mil millones de pesos, equivalentes al 3.4% de la producción nacional, siendo la novena entidad federativa con mayor contribución.

En la ZMP se genera el 73% del PIB estatal, destacando la participación de los subsectores de manufacturas, comercio, servicios y transportes, véase figura 19

Figura 19: Valor agregado censal bruto por sector económico de la ZMP

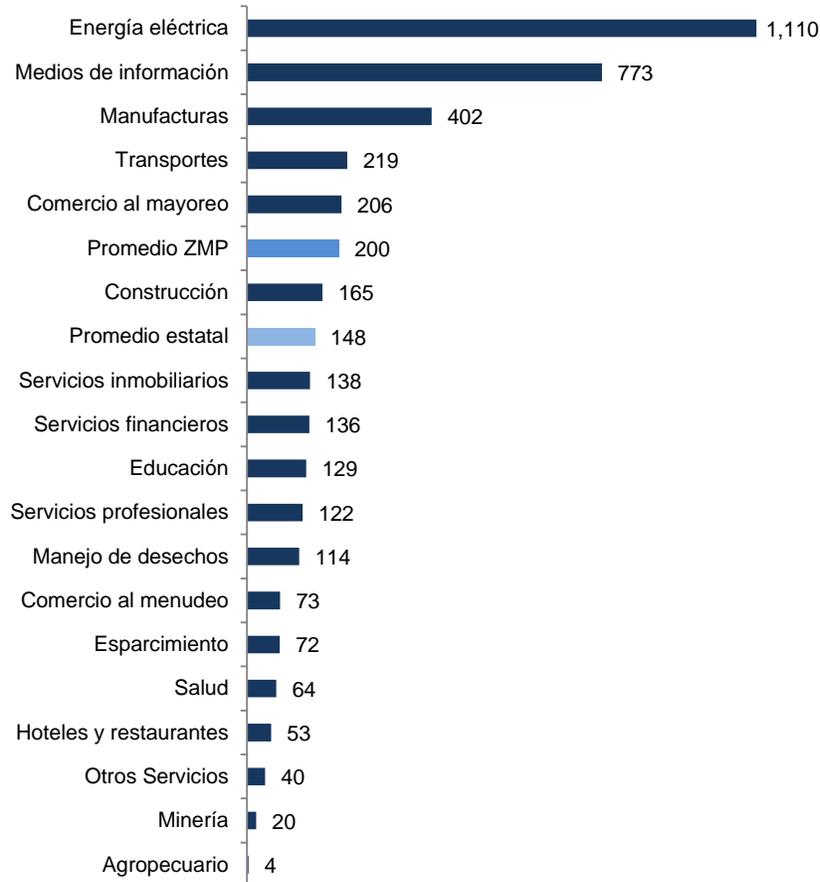


Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México 2010. INEGI.

Aunque las empresas asentadas en la ZMP representan el 39.8% de las unidades económicas que operan en el Estado, emplean a más de la mitad de la población ocupada estatal (52.1%), lo cual refleja una productividad mayor que la de las empresas localizadas en el resto del Estado, como se puede apreciar en la gráfica 20.

Figura 20: Productividad de la zona metropolitana de Puebla y del Estado

Miles de millones de pesos

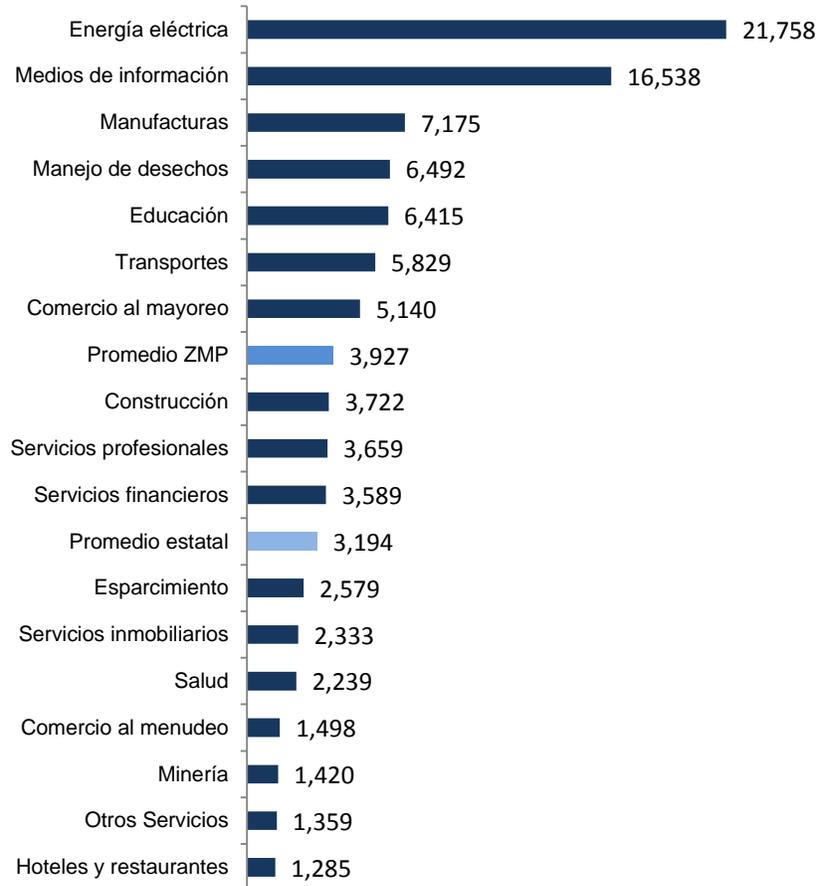


Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México, Cuentas de bienes y servicios 2006-2010. INEGI 2011.

La ZMP tiene una productividad mayor que la de las empresas localizadas en el resto del Estado.

El diferencial en productividad conlleva a que el salario promedio pagado en la ZMP supere a la media estatal, así como que difiera de un subsector a otro, como se muestra en la figura 21.

Figura 21: Salario promedio mensual en la zona metropolitana de Puebla y del Estado
Pesos

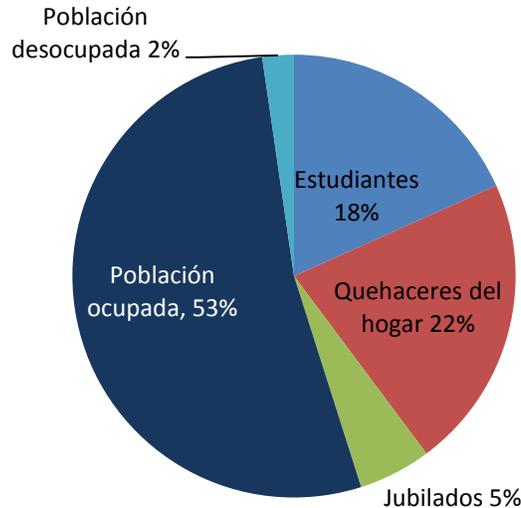


Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México, Cuentas de bienes y servicios 2006-2010. INEGI 2011.

En el troncal industrial localizado en el área norte de la ZMP se localizan algunas de las empresas más importantes del Estado, con presencia mundial, como Volkswagen de México en el subsector automotriz, Pelikan especializada en productos escolares y de oficina, en tanto en el subsector de alimentos y bebidas destacan Pepsico, Bimbo, Cadbury Adams, Sabormex, entre otras. La gran atracción de fuerza laboral que poseen estas empresas convierte a los troncales 11 Norte Sur y 16 de Septiembre con el Blvd. Héroes del 5 de Mayo en la vialidad central, siendo los traslados desde el hogar al lugar de trabajo uno de los motivos de viaje más importantes.

Poco más de la mitad (52.6%) de la población mayor de 11 años asentada en la ZMP (millón y medio de personas) forma parte de la población ocupada, una quinta parte (21.5%) se dedica a quehaceres del hogar, el 18.3% es estudiante, mientras 2.3% se encuentra desocupada. Figura 22.

Figura 22: Población de 12 años y más por condición de actividad



Fuente: Anuario Estadístico de Puebla 2010. INEGI 2011.

El hecho de que el 73.2% de la población mayor de 11 años se dedique a trabajar, buscar empleo o estudiar, determina en buena medida la demanda de transporte urbano. La eficiencia y calidad con que se preste este servicio impacta no sólo en la productividad, sino sobre todo en la calidad de vida de los residentes de la ZMP.

En resumen, la ZMP, con una superficie de 889.8 km², alberga 1'975,430 habitantes, resultado de un crecimiento demográfico del 1.9% anual promedio durante la última década, el cual obedece en buena medida a una alta tasa neta de inmigración (13.4%).

Su dinamismo económico y social la ha convertido en un centro de atracción para jóvenes en busca tanto de un lugar en las instituciones de educación superior asentadas en el área, como de mejores oportunidades de empleo.

TRABAJOS EN CAMPO

Para diagnosticar, monitorear y realizar propuestas relacionadas con cualquier sistema de transporte, requiere saber ciertos aspectos referentes a la oferta y demanda que se presentan en donde opera el sistema analizado. La oferta corresponde a la red de transporte público y las características del conjunto de servicios ofertados a los usuarios. La demanda se refiere al uso de los servicios de transporte que el sistema proporciona, así como a las características de los usuarios y necesidades de movilidad. Bajo esta consideración y en busca de tener la información necesaria para tener un diagnóstico del

funcionamiento del sistema de transporte en la cuenca 11 Norte Sur y 16 de Septiembre fue necesario realizar algunos estudios de campo.

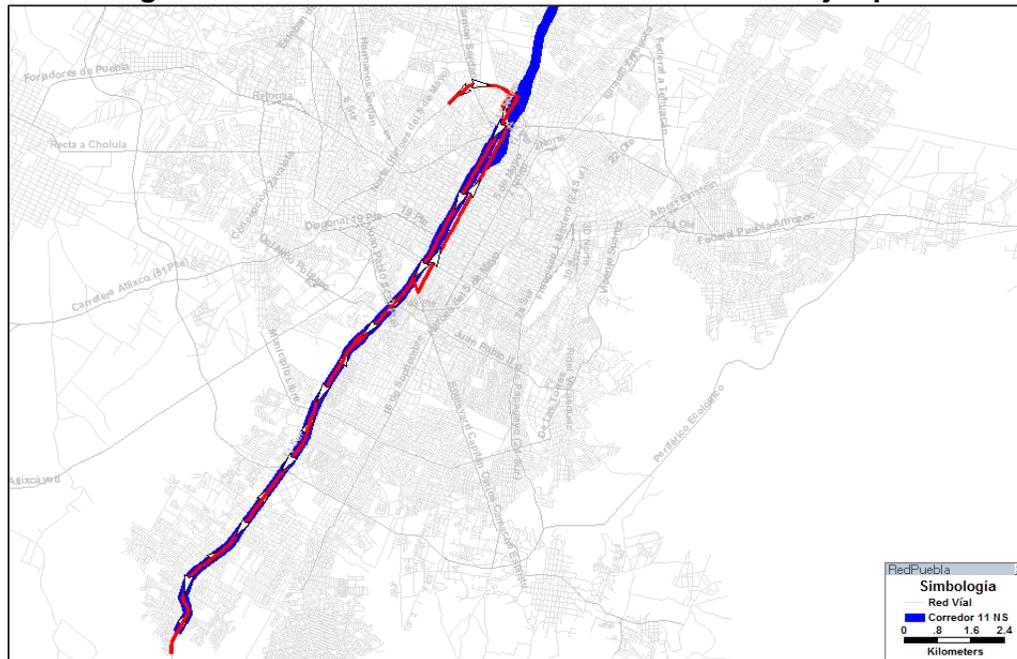
Verificación de recorridos

La finalidad de este estudio es validar el recorrido de las rutas y de esta forma tener el recorrido de todas y cada una de las rutas con incidencia sobre las dos cuencas analizadas.

Las rutas que fueron verificadas son 81 en total con bastante influencia sobre las cuencas analizadas. De las 30 rutas verificadas, 21 corresponden a rutas con incidencia directa sobre el corredor 11 Norte Sur y 9 sobre 16 de Septiembre.

Las rutas que se encuentran en la cuenca 11 Norte Sur son 44, de las cuales 21 presentan incidencia directa sobre la cuenca, es decir, la mayor parte del recorrido es sobre las vialidades analizadas mismas que fueron verificadas en campo. La figura 23 muestra un ejemplo de la verificación de recorrido en la cuenca 11 Norte Sur, la figura 24 muestra las 21 verificadas como sistema de rutas.

Figura 23: Verificación de recorrido 11 Norte Sur. Ejemplo.



Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

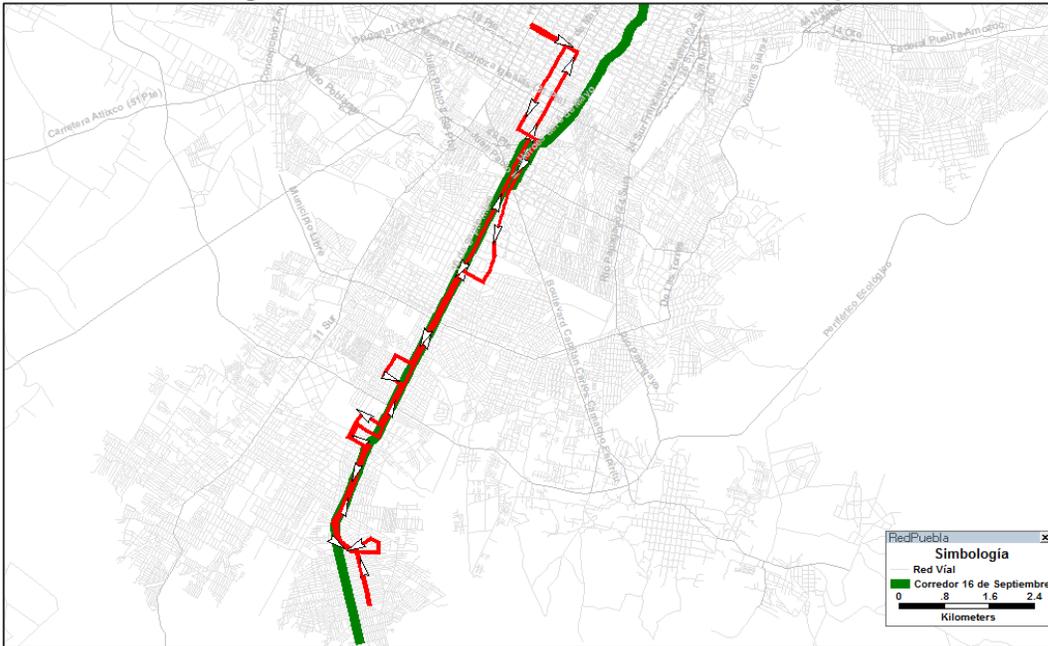
Figura 24: Verificación de recorridos, 21 rutas cuenca 11 Norte Sur



Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

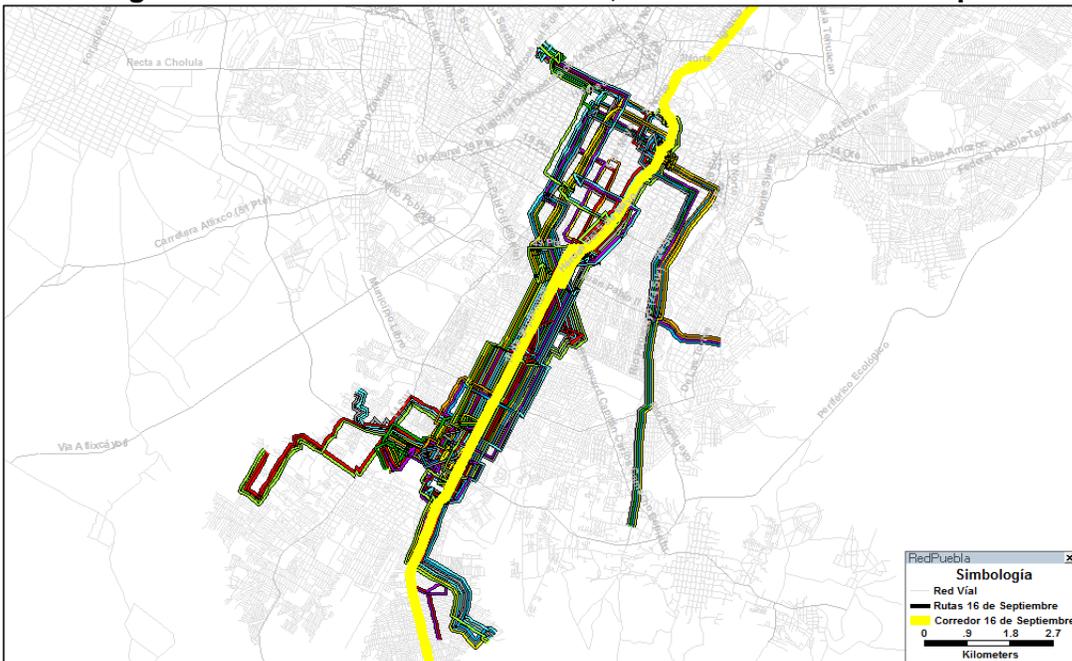
Las rutas que se encuentran en la cuenca 16 de Septiembre son 37, de las cuales 9 presentan incidencia directa sobre la cuenca, es decir, la mayor parte del recorrido es sobre la vialidades analizadas mismas fueron verificadas en campo. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra un ejemplo de la verificación de recorrido en la cuenca 16 de Septiembre, la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra las 9 verificadas como sistema de rutas.

Figura 25: Verificación de recorrido 16 de Septiembre



Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

Figura 26: Verificación de recorridos, 9 rutas cuenca 16 de Septiembre



Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

Estudio de Ascenso y Descenso

El estudio tiene como finalidad conocer el número de usuarios por servicio y su distribución espacial a lo largo del recorrido de los derroteros de transporte público, el nivel de detalle es a nivel de parada para cada ruta. Asimismo, sus resultados sirven de insumo para el ajuste de la matriz O-D durante el proceso de calibración del modelo de asignación de pasajeros. El estudio fue realizado a bordo de las unidades en 66 de las 81 rutas objeto de estudio de este análisis.

La información de ascensos-descensos en usada para la calibración del modelo de transporte público en la hora de máxima demanda (HMD ambos sentidos), de los trabajos realizados en campo se obtiene los ascensos, los descensos y la Sección de Máxima Demanda un sentido.

Tabla 2.3. Ascensos-Descensos trabajos de campo 2012

Ruta	Nombre	Ascensos	Descensos	Sección de Máxima Demanda un sentido
D07	27 villa frontera - capu, aceitera	34	34	6
D10	27 villa frontera - aceitera	95	95	38
D11	27 villa frontera - naciones unidas	564	564	144
D13	27 "a" solidaridad, paseo bravo	510	510	100
D22	70 xonaca - china poblana, centro	304	304	40
D23	72 cu, san isidro	1,110	1,110	460
D24	72 "a" maravillas, las animas	904	904	144
N01	Fx barranca honda - paseo bravo	71	71	25
N11	12 barranca honda, paseo bravo	340	340	105
N12	12 xochimehuacan, centro, santa barbara	27	27	15
N14	14 la loma	750	750	310
N15	14 "a" la loma	210	210	100
N17	38 cerrito, chamizal	265	265	75
N18	38 "a" solidaridad - centro	488	488	160
N23	46 solidaridad, plaza dorada - rancho	296	296	92
N23.1	46 solidaridad, plaza dorada - cerrito	492	492	54
N25.1	64 "a" - directo capulin	300	300	80
N27	64 "b" - loma bonita	156	156	60
N27.1	64 "b" - loma linda	238	238	112
N27.2	64 "b" - guadalupe	112	112	88
N27.3	64 "b" - san pablo	301	301	112
N32.1	65 - unidad v.w. 1, ocotlan	78	78	45
N32.2	65 - unidad v.w. 1, casas geo	79	79	50
OP05	21 la margarita, mercado hidalgo, capu	663	663	143
S17	25 nueva vision - santa lucia, gonzalez ortega	168	168	57
S17.1	25 nueva vision - santa lucia, san felipe	320	320	68

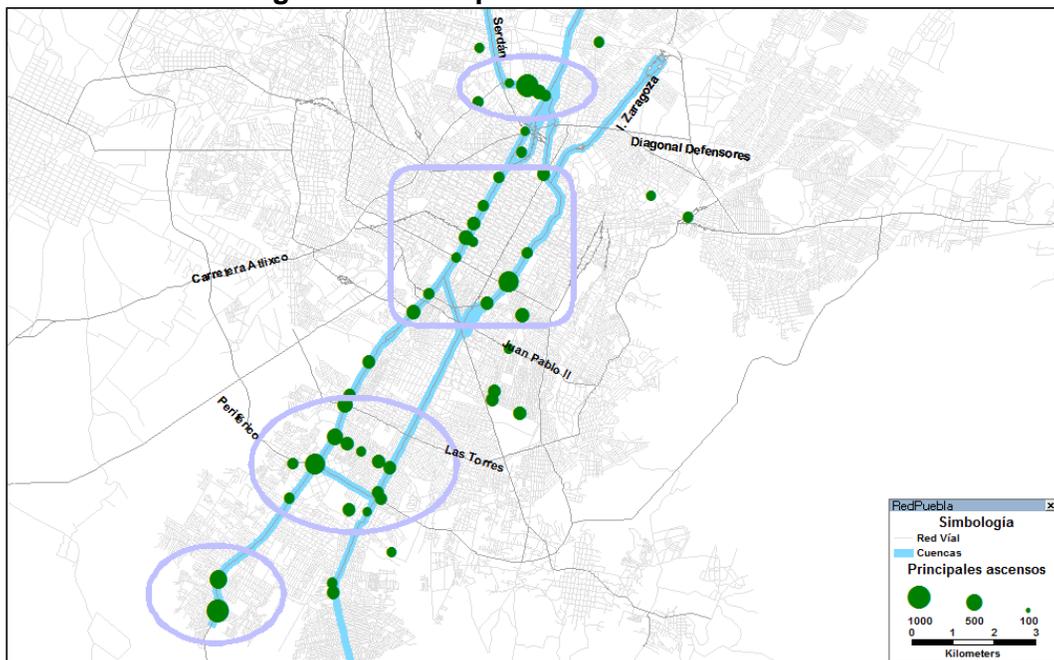
S17.2	25 nueva vision - las fuentes, gonzalez ortega	252	252	72
S17.3	25 nueva vision - las fuentes, san felipe	360	360	40
S22	77 "a" - uemac	864	864	248
S25	54 "a" la vista, plaza dorada	1,155	1,155	385
S35	Prepa calderon, loma bella	1,152	1,152	351
S39	63 amalucan, lomas del sol	3,280	3,280	1,260
S40	Libertad cuauhtemoc - villa frontera xilotzingo	1,008	1,008	216
S43	Tercer milenio	69	69	15
V01	Boulevard , c.u. Xilotzingo	1,344	1,344	360
V02	Boulevard, c.u. Cinco estrellas	236	236	68
V03	Boulevard, c.u. Rapidos de san antonio	3,010	3,010	805
V08	"T" tecali	420	420	144
V08.1	"T" tecali - tepeaca	186	186	64
V18	16 xilotzingo, centro	468	468	90
S01	Agua azul, mayorazgo - san ramon 4n	1,612	1,612	472
S02	Galgos del sur - san ramon 4n	1,563	1,563	528
S03	Agua azul, mayorazgo - capu, san miguel, galaxia, castillotla	576	576	204
S04	Agua azul, mayorazgo - san jose , imss, colosio	812	812	370
S05	Agua azul, mayorazgo - san miguel, castillotla, capu	399	399	209
S06	Agua azul, mayorazgo - balcones, centro x105 poniente	1,690	1,690	622
S08	Agua azul, mayorazgo - guadalupe, imss, san jose	309	309	105
S09	Galgos del sur - imss san jose, santa lucia, snte	216	216	60
S10	Galgos del sur - imss san jose x 17 y 19, san ramon, volcanes, agua santa y san bartolo	637	637	340
S11	34 - castillotla, capu	1,149	1,149	445
S11.3	34 - san alejandro, ortopedia, galaxia	1,149	1,149	445
S13	25 chedraui	949	949	325
S15	1 popular, estacion nueva - 11 sur	1,007	1,007	378
S16	1 popular, estacion nueva - avenida nacional	1007	1007	332
S18	25 "a" san alejandro	602	602	166
S19	25 "b" chedraui, centro escolar	420	420	175
S23	Azumiatla - centro	1,433	1,433	472
S23.1	Azumiatla - capu	1,612	1,612	472
S26.1	54 imss, san jose, loma bella - tres cerritos	254	254	100
S26.2	54 imss, san jose, loma bella - santa clara	254	254	100
S27	4 loma bella, agua santa	1057	1057	282
S28	20 loma bella - centro	275	275	90
S33	2000 - la margarita	1,055	1,055	318
S34	2000 - xilotzingo	1,055	1,055	318
S37	4 - s.n.t.e , san bartolo, centro	1,110	1,110	506
S38	20 santa lucia, snte	669	669	283
TOTAL		45,550	45,550	

Los corredores de transporte público se forman por la movilidad de los usuarios a lo largo de la cuenca. Por tal motivo es de vital importancia conocer los puntos de ascenso y descenso de mayor importancia que posteriormente puedan ser incorporadas a la propuesta como paradas en el corredor de transporte masivo.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los principales puntos de ascensos en las cuencas 11 Norte Sur y 16 de Septiembre:

- Las paradas donde se presentan los mayores ascensos de usuarios en la cuenca 11 Norte Sur es sobre 11 Sur a la altura de la colonia Cabañas de Santa María y Jardines de Juan Bosco; en la intersección con Periférico Ecológico, 105 Poniente, Las Torres, Niño Poblano, Juan Pablo II, 31 Poniente, Juárez, Reforma y Diagonal Defensores de la República. Otra zona de gran importancia es en la zona norte a la altura de la terminal de Autobuses Capu.
- Las paradas donde presentan el mayor número de ascensos de usuarios en la cuenca 16 de Septiembre es en 3 Sur a la altura de la colonia SNTE, sobre 16 de Septiembre a la altura de Periférico Ecológico y 105 Oriente; sobre Héroes de 5 de Mayo en la intersección con 49 Poniente, 31 Poniente, Revolución y 28 Poniente.

Figura 27: Principales zonas de ascensos



Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

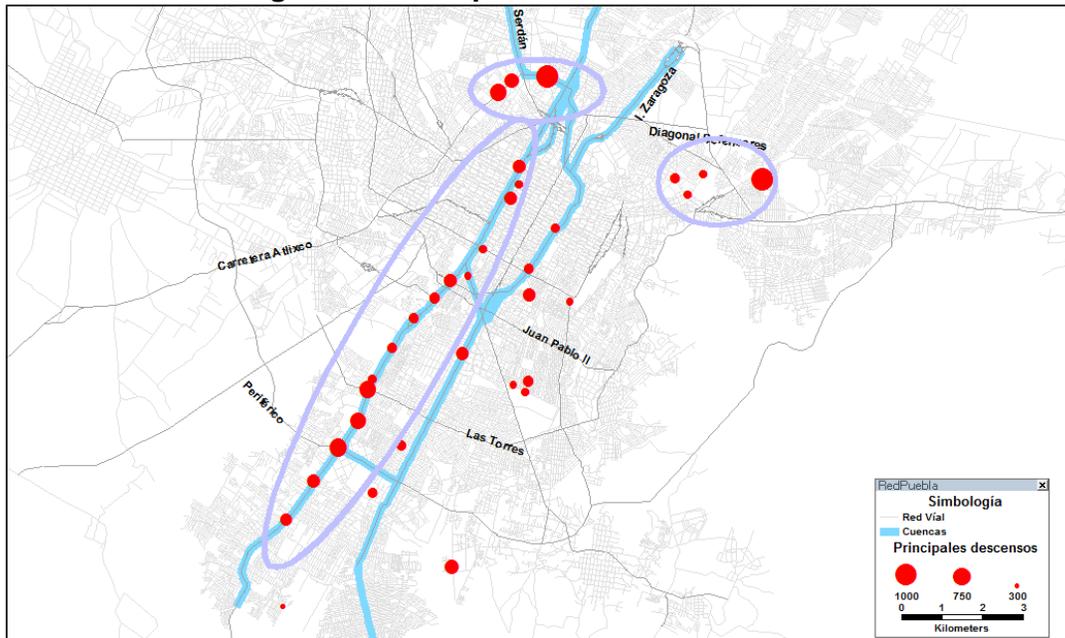
La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los principales puntos de descensos en las cuencas 11 Norte Sur y 16 de Septiembre:

- Las paradas donde se presenta el mayor descenso de usuarios en la cuenca 11 Norte Sur es sobre 11 Sur a la altura de la Colonia Cabañas de Santa María y jardines de Juan Bosco; en la misma vía y la intersección con Periférico Ecológico,

calle Poniente 105, Las Torres, Niño Poblano, Juan Pablo II, 31 Poniente, Juárez, Reforma y Diagonal Defensores de la República. Otra zona de gran importancia es en la vialidad Norte a la altura de la terminal de Autobuses Capu.

- Las paradas donde presenta el mayor número de descenso de usuarios en la cuenca 16 de Septiembre es en la vialidad 105 Oriente; sobre Héroes de 5 de Mayo intersección con y 49 Poniente, 31 Poniente, Revolución y 28 Poniente.

Figura 28: Principales zonas de descensos



Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

Encuestas de origen y destino y preferencia declarada

Las encuestas origen-destino y de preferencias declaradas se aplicaron a bordo de las unidades. En este apartado se presenta los resultados obtenidos.

Tamaño de la muestra

El número de encuestas a aplicar debe ser suficiente para atender los tres requerimientos siguientes: a) que permita disponer de la información suficiente para caracterizar de forma adecuada los viajes en el área de estudio, b) que permita calibrar modelos de demanda que se utilizarán para evaluar socialmente un proyecto, c) que no supere los recursos disponible para la realización de este estudio.

Generalmente, para determinar el tamaño de la muestra de un punto, se utiliza la siguiente ecuación (Ortuzar y Willumsen op. Cit):

$$n \geq p(1-p) / ((e/z)^2 + p(1-p)/N),$$

Donde:

n : es el tamaño de la muestra

N: es el número de viajeros que cruza el punto de encuesta

p: es la proporción de viajeros con un destino determinado

e: es el error aceptado (como proporción) y

z: es el valor de la variable normal estándar para nivel de confianza que se desee

En esta ecuación al tomar el valor $p=0.5$ da como resultado el mayor valor de n (que sería el más conservador). Tomando esta proporción y considerando $e = 0.1$ (un error máximo del 10%) y $z = 1.96$ (para el 95% de confianza, se llega a la figura de la parte inferior que indica el tamaño de la muestra en función del volumen de pasajeros. Se puede notar que la función se torna asintótica a menos de 100 encuestas por unidad de volumen estudiado, en este caso se trata de rutas de transporte. Considerando un promedio de 90 encuestas por ruta y 81 rutas se obtiene una muestra de más de 7,200 encuestas.

Las dos encuestas relacionadas a la movilidad contienen, según el tipo, dos o tres de las secciones siguientes:

- Información de control en el que se colectan aspectos generales y de control de la encuesta: fecha, hora, lugar de aplicación, nombre del encuestador y el género del entrevistado.
- Información de movilidad. Esta sección se orienta a obtener información relacionada con el viaje, características socioeconómicas del entrevistado y características del servicio de transporte público actual.
- Ejercicio de preferencias declaradas. Sección aplicada correspondiente a identificar las particularidades de elección del modo de transporte de los usuarios.

En la encuesta origen destino se obtiene información general de la persona encuestada, así como de las características de su viaje. Igualmente se puede conocer indicadores económicos en relación al gasto que hacen en relación a su viaje. Por otro lado el

encabezado así como la batería de preguntas fueron semejantes para la encuesta PD, sin embargo se adicionan preguntas relacionadas con la calidad del servicio y las preferencias que tienen los usuarios en otros nuevos modos de transporte.

Se aplicaron 7,830 encuestas en total, de las cuales 5,469 respuestas (70% de la muestra) fueron de origen y destino (OD) y 2,361 de preferencias declaradas (PD) (30% de la muestra).

Tabla 2.4. Encuestas OD y PD aplicadas

Tipo de encuesta	Frecuencia	%
Origen y destino	5,469	70%
Preferencia declarada	2,361	30%
Total	7,830	100%

Del total de 81 rutas que existen en la cuenca de la 11 Norte Sur se estudiaron 75 rutas, mismas que están divididas como se muestra en Tabla 2.5. De las cuales se distinguieron las rutas según su incidencia directa, siendo 19 rutas estudiadas, de un total de 21, en la 11 Norte Sur, 8 en la 16 de Septiembre de un total de 9 y finalmente 48 rutas, de las 51 que son remanentes, estas últimas tienen relación con los corredores de transporte mencionados y tocan de manera transversal los mismos.

Tabla 2.5. Rutas estudiadas en la cuenca

	11 Norte Sur	16 de Septiembre	Remanentes	Total
Estudiadas	19	8	48	75
Existentes	21	9	51	81

En la Tabla 2.7 se encuentran el total de las 75 rutas estudiadas, con la respectiva frecuencia (número de encuestas), el número de viajes y el porcentaje asociados a cada ruta. Es importante resaltar que las rutas faltantes no fueron localizadas durante los periodos de estudios en campo a pesar de existir en el inventario proporcionado por la Secretaría de Transportes del Estado de Puebla

Para la elaboración de la estadística descriptiva se utilizó el número de viajes expandidos para cada ruta, es decir, el producto del factor de expansión es el resultado del cociente de la demanda entre el número de encuestas aplicadas para cada ruta en cuestión. En la Tabla se muestran los viajes expandidos para cada una de las rutas. Se obtuvieron un total de 592,811 viajes diarios en el total de la cuenca.

Tabla 2.6. Rutas estudiadas en la cuenca

	11 Norte Sur	16 de Septiembre	Remanentes	Total
Estudiadas	19	8	48	75
Existentes	21	9	51	81

Tabla 2.7.Total de Rutas estudiadas en la cuenca

Etiquetas de fila	Frecuencia	Viajes	% Viajes
Ruta "t" tecali	125	5,210	0.9%
Ruta "t" tecali - tepeaca	100	386	0.1%
Ruta 1 popular, estacion nueva - 11 sur	72	8,589	1.4%
Ruta 1 popular, estacion nueva - avenida nacional	78	8,820	1.5%
Ruta 12 "a" villa frontera	54	10,527	1.8%
Ruta 12 barranca honda, paseo bravo	50	3,686	0.6%
Ruta 12 xochimehuacan, centro, santa barbara	39	5,741	1.0%
Ruta 14 "a" la loma	189	4,130	0.7%
Ruta 14 la loma	230	9,883	1.7%
Ruta 16 xilotzingo, centro	101	4,887	0.8%
Ruta 20 loma bella - centro	277	3,729	0.6%
Ruta 20 santa lucia, snte	181	10,162	1.7%
Ruta 2000 - la margarita	136	7,901	1.3%
Ruta 2000 - xilotzingo	115	9,534	1.6%
Ruta 21 la margarita, mercado hidalgo, capu	125	7,112	1.2%
Ruta 25 "a" san alejandro	132	7,443	1.3%
Ruta 25 "b" chedraui, centro escolar	23	3,044	0.5%
Ruta 25 chedraui	100	12,919	2.2%
Ruta 25 nueva vision - las fuentes, gonzalez ortega	69	1,648	0.3%
Ruta 25 nueva vision - las fuentes, san felipe	217	2,952	0.5%
Ruta 25 nueva vision - santa lucia, gonzalez ortega	131	367	0.1%
Ruta 25 nueva vision - santa lucia, san felipe	185	1,882	0.3%
Ruta 27 "a" solidaridad, paseo bravo	121	1,102	0.2%
Ruta 27 villa frontera - aceitera	76	5,741	1.0%
Ruta 27 villa frontera - capu, aceitera	27	136	0.0%
Ruta 27 villa frontera - naciones unidas	67	5,152	0.9%
Ruta 34 - castillotla, capu	151	20,976	3.5%
Ruta 34 - castillotla, mega, angelopolis x 55 poniente	36	2,663	0.4%
Ruta 34 - castillotla, mega, angelopolis x las torres	4	0	0.0%
Ruta 34 - san alejandro, ortopedia, galaxia	138	11,595	2.0%
Ruta 38 "a" solidaridad - centro	117	8,010	1.4%
Ruta 38 cerrito, chamizal	149	4,327	0.7%

Etiquetas de fila	Frecuencia	Viajes	% Viajes
Ruta 4 loma bella, agua santa	201	18,491	3.1%
Ruta 46 solidaridad, plaza dorada - cerrito	190	2,037	0.3%
Ruta 46 solidaridad, plaza dorada - rancho	123	1,769	0.3%
Ruta 48 xilotzingo (xicap)	41	13,274	2.2%
Ruta 54 "a" la vista, plaza dorada	69	18,153	3.1%
Ruta 54 imss, san jose, loma bella - santa clara	27	2,195	0.4%
Ruta 54 imss, san jose, loma bella - tres cerritos	43	2,003	0.3%
Ruta 63 amalucan, lomas del sol	227	44,997	7.6%
Ruta 64 "a" - directo capulin	100	696	0.1%
Ruta 64 "a" - directo san juan	132	710	0.1%
Ruta 64 "b" - guadalupe	121	3,178	0.5%
Ruta 64 "b" - loma bonita	65	1,474	0.2%
Ruta 64 "b" - loma linda	102	1,594	0.3%
Ruta 64 "b" - san pablo	80	3,565	0.6%
Ruta 65 - unidad v.w. 1, casas geo	43	8,590	1.4%
Ruta 65 - unidad v.w. 1, ocotlan	62	786	0.1%
Ruta 70 xonaca - china poblana, centro	42	3,572	0.6%
Ruta 72 "a" maravillas, las animas	117	7,305	1.2%
Ruta 72 cu, san isidro	98	16,238	2.7%
Ruta 77 "a" - cd. Judicial	70	7,425	1.3%
Ruta 77 "a" - uemac	129	8,716	1.5%
Ruta 8 bugambilias - san isidro	66	6,967	1.2%
Ruta agua azul, mayorazgo - balcones, capu x 105 poniente	129	30,204	5.1%
Ruta agua azul, mayorazgo - balcones, centro x105 poniente	137	19,684	3.3%
Ruta agua azul, mayorazgo - capu, san miguel, galaxia, castillotla	121	9,061	1.5%
Ruta agua azul, mayorazgo - guadalupe, imss, san jose	131	2,611	0.4%
Ruta agua azul, mayorazgo - san jose , imss, colosio	177	11,009	1.9%
Ruta agua azul, mayorazgo - san miguel, castillotla, capu	102	5,261	0.9%
Ruta agua azul, mayorazgo - san ramon 4n	60	27,087	4.6%
Ruta azumiatlá - centro	104	7,781	1.3%
Ruta boulevard , c.u. Xilotzingo	50	10,663	1.8%
Ruta boulevard, c.u. Cinco estrellas	135	2,412	0.4%
Ruta boulevard, c.u. Rápidos de san antonio	69	18,800	3.2%
Ruta coordinados de san jeronimo	43	10,628	1.8%
Ruta fx barranca honda - paseo bravo	97	496	0.1%
Ruta galgos del sur - imss san jose x 17 y 19, san ramon, volcanes, agua santa y san bartolo	108	12,313	2.1%
Ruta galgos del sur - imss san jose, santa lucia, snte	210	1,356	0.2%
Ruta galgos del sur - san ramon 4n	67	25,686	4.3%
Ruta libertad cuauhtemoc - villa frontera xilotzingo	83	13,999	2.4%

Etiquetas de fila	Frecuencia	Viajes	% Viajes
Ruta prepa calderon, loma bella	104	18,754	3.2%
Ruta tercer milenio	40	294	0.0%
Ruta valsequillo - cuauhtinchan	61	721	0.1%
Ruta valsequillo - huehuetlan	39	0	0.0%
Total general	7,830	592,811	100.0%

El estudio de cierre de circuito arrojó la demanda puntal al día y los volúmenes en HMD ambos sentidos de las principales rutas estudiadas. Por otra parte, el estudio de A-D mostró la demanda al día, las principales paradas de las rutas de transporte y la movilidad de los usuarios sobre ellas. Ahora toca tratar la distribución espacial de los viajes, es decir, de dónde a dónde se mueve la población y por qué motivo lo hace. Con tal fin, se recurre a la encuesta O-D.

La O-D es una encuesta en la que el usuario contesta ciertas preguntas mientras hace su recorrido a lo largo de la ruta. Se indaga sobre la movilidad de las personas (origen y destino del viaje), los motivos de viaje, el nivel de ingresos, la frecuencia del viaje, etc. La encuesta se aplicó a bordo de las unidades

Las encuestas O-D aplicadas se ubicaron en un SIG (Sistema de Información Geográfica), para representarlas y visualizar la movilidad de la población (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Vale la pena señalar que estas tres figuras parten de la base de encuestas O-D corresponden a los viajes expandidos para la hora de máxima demanda.

Distribución espacial de los lugares de origen. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el detalle de la distribución espacial de los orígenes de los usuarios del transporte público en las cuencas. El principal punto generador de viajes se encuentra dentro de la zona urbana, con especial énfasis en la zona del centro de la ciudad, Santa María Coatepec y Ciudad Universitaria.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** también da cuenta de la importancia de las cuencas 11 Norte Sur y 16 de Septiembre, que genera una gran cantidad de viajes dentro de sus áreas de captaciones.

A continuación se enlistan las colonias con mayor generación de viajes.

Zonas generadoras de viajes:

-
- **Colonias:** Se mencionan en orden de importancia por ser puntos generadores de viajes:
 - Centro histórico,
 - Santa María Coatepec,
 - Ciudad Universitaria,
 - Clotilde Torres, Huexotitlan,
 - Mayorazgo,
 - San Francisco,
 - Miguel Auza (Jardines de San Manuel),
 - San Baltazar Linda Vista,
 - La Pradera 2^a Sección Rancho Colorado

Distribución espacial de los lugares de destino. En la figura 31 aparecen diferentes detalles de la distribución espacial de los destinos. Ésta es en buena medida recíproca a los orígenes: las zonas que generan viajes tienen la misma función en cuanto a atraerlos.

Zonas atractivas de viajes:

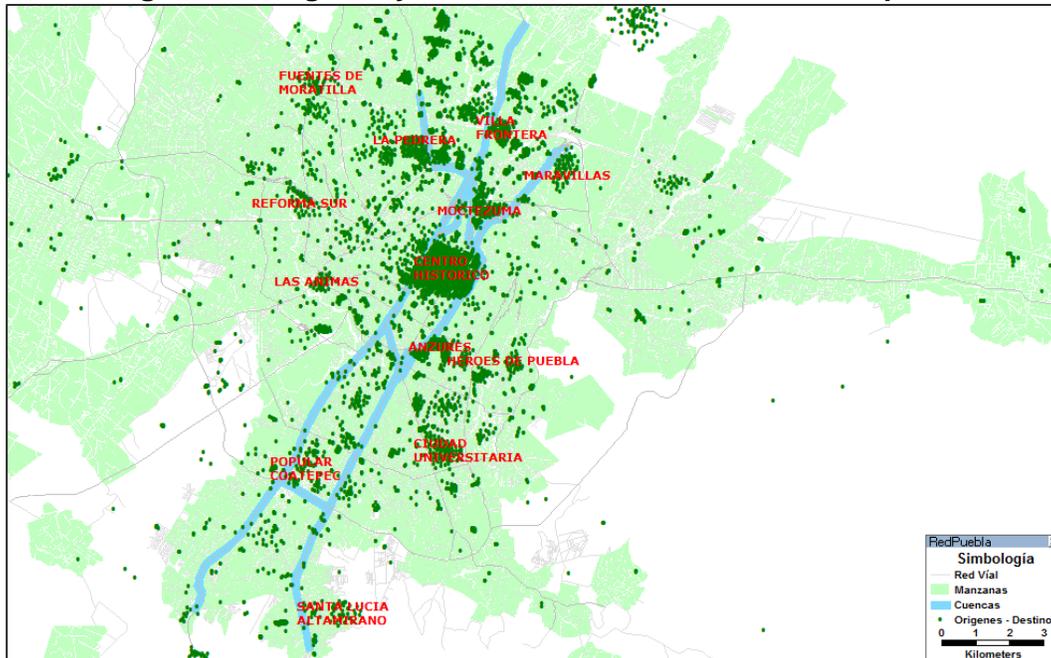
- **Colonias:** Se mencionan en orden de importancia por ser puntos generadores de viajes:
 - San Francisco,
 - Santiago,
 - Centro Histórico,
 - La Pradera 2^a Sección Rancho Colorado,
 - Francisco Villa 26 de Mayo,
 - Ciudad Universitaria,
 - La Paz
 - Jardines de San Manuel,
 - La Loma.

Como se detalla en los siguientes apartados, los usuarios utilizan en mayor medida el transporte de lunes a viernes, con la intención de desplazarse a sus casas, trabajos, escuelas o hacer compras. La mayoría de viajes que se presentan por la mañana teniendo un origen-destino determinados (casa-escuela, por ejemplo) se presenta en

sentido inverso por la tarde. De ahí que haya un comportamiento similar en el mapa de sembrados de origen y destino.

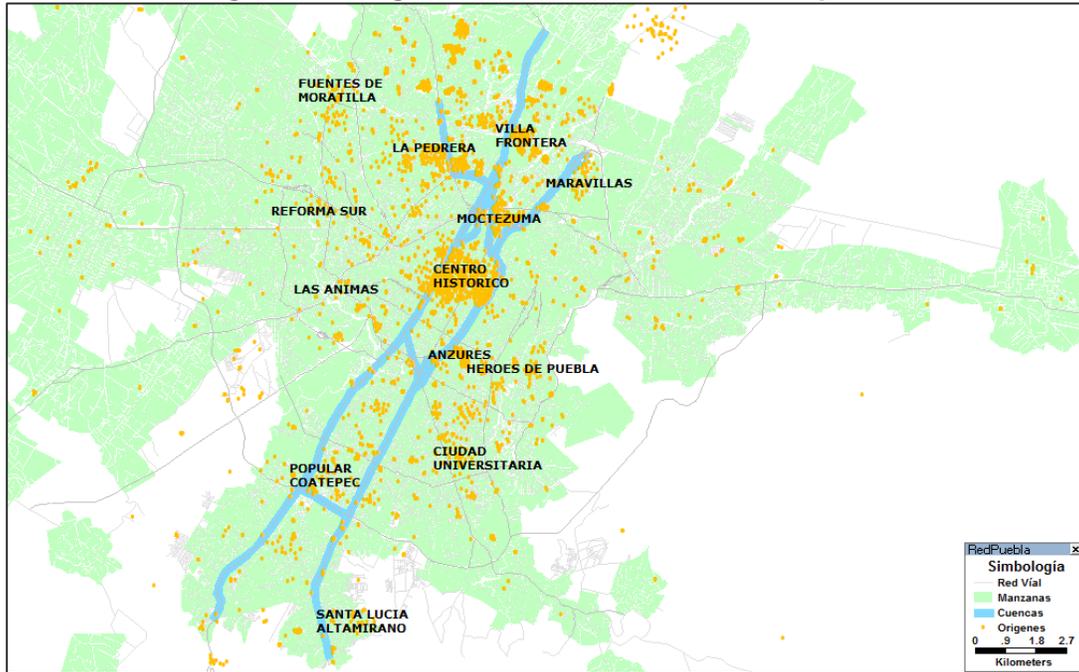
En la Figura 29, se comparan las zonas atractoras (destino) y generadoras (orígenes) de viajes; de manera que se comprueba lo dicho en el párrafo anterior

Figura 29: Orígenes y destinos de los usuarios de transporte



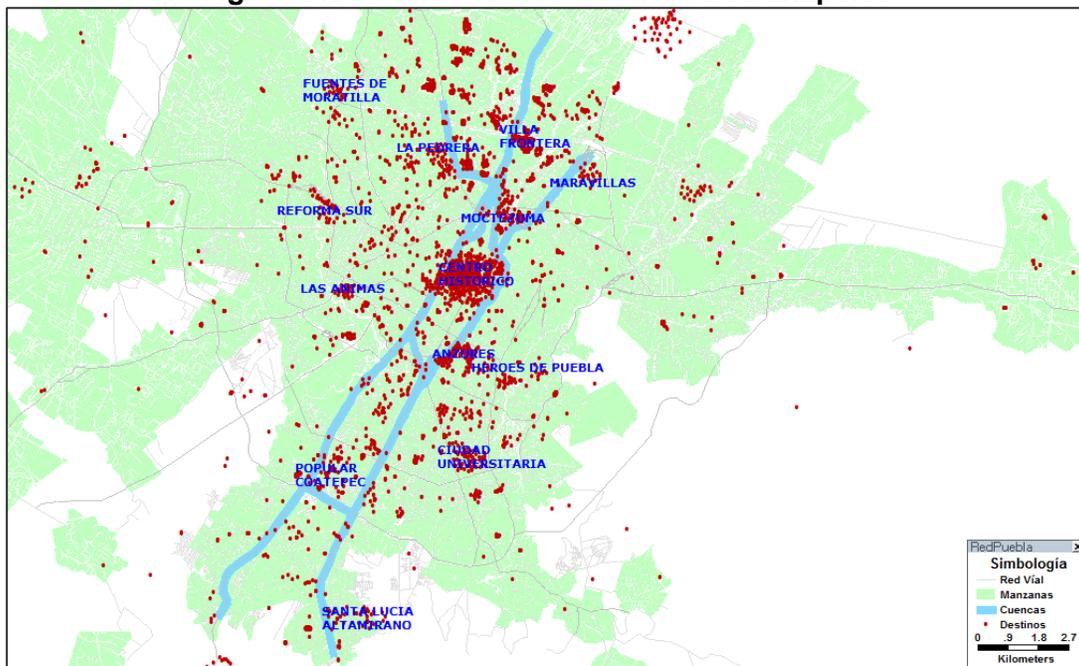
Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

Figura 30: Origenes de los usuarios de transporte



Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

Figura 31: Destinos de los usuarios de transporte



Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

Desarrollo del sistema de transporte masivo

Tanto el municipio de Puebla como los municipios que conforman la ZMP han padecido en los últimos años un crecimiento desordenado de su suelo urbano, como consecuencia principalmente de una desmesurada generación de nuevos fraccionamientos de interés social y residencial medio en la periferia, así como la proliferación de asentamientos irregulares generados por grupos de población que no son sujetos de créditos públicos ni privados para la vivienda.

La desordenada expansión de la mancha urbana, aunada a una limitada infraestructura vial principal en las áreas periféricas y a un ineficiente sistema de transporte público colectivo, tienen como consecuencia el deterioro de las condiciones de vida de los habitantes, al incrementarse los recorridos y tiempos de traslado, con la consecuente afectación al medio ambiente por gases contaminantes producto de la combustión de los vehículos automotores (Gobierno Municipal de Puebla, 2011).

Además de que el transporte aporta más del 20 -25 % de las emisiones de CO₂, el problema se agrava por la localización geográfica de la ciudad, debido a que se ubica en un valle rodeado por volcanes y montañas que dificultan la dispersión de los contaminantes, así como por las escasas áreas verdes que hay en la ciudad. Se estima que, en Puebla, existen apenas entre 1.08 m² y 1.85 m² de áreas verdes por habitante (Gobierno Municipal de Puebla, 2011:44), muy por debajo de los 9.0 m² por habitante de áreas verdes urbanas que recomienda la Organización Mundial de Salud.

Dada esta situación, el Plan Municipal de Desarrollo 2011-2014 (PMD) consideró dentro de su estrategia "Planeación y Gestión Sustentable de Recursos", mejorar la movilidad, el transporte y la accesibilidad urbanos, a través de la ampliación y mejoramiento de la infraestructura vial y el espacio público del Municipio, impulsar sistemas alternativos de transporte, promover la conformación de troncales viales de transporte público, realizar obras de mejoramiento en los cruceros más peligrosos y promover la construcción de estacionamientos públicos con ubicación estratégica (Gobierno Municipal de Puebla, 2011).

Mejorar la movilidad en la ZMP cobra mayor relevancia si se considera que diariamente se realizan 3'561,312 de viajes en unidades de transporte público, taxis, transporte escolar, transporte de personal de las empresas, automóviles particulares, motocicletas, bicicletas y a pie (Logit S. A. de C. V.) de los cuales 2'282,802 son motorizados.

Adicionalmente, la situación vial en la ZMP enfrenta un sostenido aumento del parque vehicular, como se detallará en las secciones II.2.2 y II.2.3, así como una insuficiencia en la calidad y eficiencia del transporte público. Esto último debido a que existen 284 rutas que operan en recorrido yuxtapuesto y con frecuencias no acordes a la demanda horaria; provocando que el servicio de transporte sea fragmentado, de baja capacidad y con problemas de eficiencia (costos de producción), productividad y calidad del servicio.

La ineficiencia del transporte público de la ZMP se ve reflejada en los servicios que se proveen dentro de la cuenca Norte Sur, área en la que opera cerca del 29% de las rutas concesionadas en el municipio de Puebla, lo que constituye un claro indicador del rol que juega la cuenca Norte Sur en la estructuración de la movilidad en la ciudad.

En concreto, como se verá en la sección 2.3, el 72.7% de viajes (1'659,597 viajes/día) que se realizan diariamente en vehículos motorizados se efectúan en unidades de transporte público, (tabla 2.9) de los cuales el 35.8% (aproximadamente 593 mil viajes/día) se originan o tienen como destino la cuenca Norte Sur.

En la actualidad, no existe una alternativa de transporte público eficiente y seguro para realizar viajes entre las unidades habitacionales ubicadas al sur del Periférico Ecológico a la Zona Industrial y la Central de Abasto, localizadas al norte de la Autopista México - Puebla - Veracruz. Un indicador que da cuenta de ello es que los viajes en transporte público en la cuenca Norte Sur duran 37.38 minutos en promedio.

Adicionalmente, aunque parezca contra intuitivo, las alternativas de transporte público actuales presentan, en horarios pico, altos niveles de sobreoferta lo que contribuye a generar una mayor congestión vehicular e incrementar el tiempo de viaje de los usuarios provocando que no sean una opción costo eficiencia y agraven el problema de la contaminación ambiental, auditiva y visual en el área.

b) Oferta en la situación actual

En esta sección se detalla la infraestructura vial y las principales características de la red de transporte privado y público con que cuenta la ZMP y, en específico, la cuenca Norte Sur, para apoyar la movilidad de personas.

Aspectos viales

Vialidad en el municipio de Puebla

La traza vial del municipio de Puebla tiene su origen en la retícula del Centro Histórico que data de la época colonial. El modelo de estructura urbana que presenta la ciudad es concéntrico: las vialidades más importantes envuelven al Centro Histórico, donde se realizan la mayoría de las actividades administrativas, comerciales y culturales.

Sin restar prioridad al primer centro, en años recientes han surgido nuevos centros de comercio y desarrollos habitacionales en las áreas periféricas, encontrándose comunicados por vialidades principales.

En torno al Centro Histórico se han construido circuitos, como el Circuito Interior Juan Pablo II, que en su recorrido integra pares viales y vías principales, así como el Periférico

Ecológico que envuelve gran parte de la superficie urbana del municipio de Puebla y lo conecta con otros municipios metropolitanos.

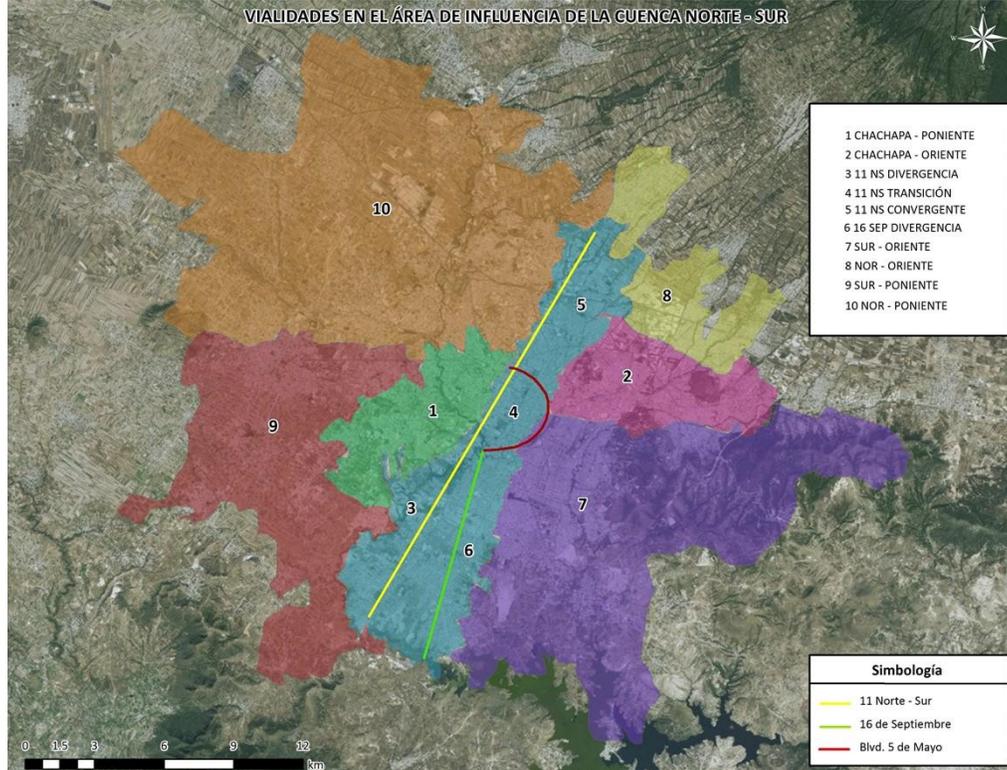
Entre las vías principales que actualmente estructuran al municipio destacan el Blvd. Hermanos Serdán, Recta a Cholula, Vía Atlixcáyotl, avenida 11 Norte Sur, Prolongación 14 Sur, Blvd. Héroe del 5 de Mayo, Prolongación 16 de Septiembre, Blvd. Valsequillo, Av. Independencia, Av. Resurrección, Calzada Ignacio Zaragoza, Defensores de la República y Av. Carmen Serdán; así como carreteras que han sido absorbidas por la mancha urbana, como la Carretera Puebla Tlaxcala, la Vía Corta a Santa Ana Chiautempan y la Carretera a San Miguel Canoa.

A pesar de este desarrollo vial, se calcula que existe un déficit de cuatro millones de metros cuadrados de calles sin pavimentar en el municipio, en especial donde se ubican los nuevos asentamientos humanos (Gobierno Municipal de Puebla, 2011). La carpeta asfáltica existente del municipio de Puebla se encuentra deteriorada, en la mayoría de los casos debido a la falta de mantenimiento.

Vialidad en el área de influencia de la cuenca Norte Sur

La estructura vial está determinada por los diferentes tipos de vías que conforman la red urbana. La cuenca Norte Sur se conforma por el área delimitada entre las vialidades 11 Norte Sur, la Av. 16 de Septiembre y el Blvd. Héroe del 5 de Mayo, colindando al norte con la Central de Abasto y al sur con el Periférico Ecológico. Véase figura 32.

Figura 32: Vías donde se estructuran los corredores de la cuenca Norte Sur



Fuente: Modelística S. A. de C. V. sobre la base de Google Earth

La importancia de la avenida 11 Norte Sur comienza desde la época del Porfiriato con la instalación de la Estación de Ferrocarriles que unía a Puebla con Apizaco, Tlaxcala, y la construcción de la alameda Paseo de San Javier (hoy Paseo Bravo) a finales del siglo XIX (Salamanca, 2005; Morrison, 2012). Desde entonces esta calle ha sido una de las principales vías que conecta el norte con el sur de la ciudad.

En la actualidad, se registra un importante desplazamiento entre los polos norte y sur de la ciudad, así como de oriente a poniente. Los desplazamientos de norte a sur y viceversa responden a características particulares de la ciudad de Puebla. En el norte se localiza la Volkswagen de México y los parques industriales FINSA, Resurrección y Puebla 2000, donde se ubican grandes empresas de diversos giros, así como la Central de Abasto; en el sur se encuentran varias unidades habitacionales como los INFONAVIT San Miguel Mayorazgo, La Carmelita, Agua Santa, San Bartolo, San Ramón, San Roque y San Jorge, generando desplazamientos importantes de un extremo a otro. Asimismo, existen desplazamientos importantes que van de oriente a poniente y viceversa a lo largo de toda la cuenca Norte Sur.

Adicionalmente, hay que subrayar que sobre el trazo de la avenida 11 Norte Sur se ubican 2,345 establecimientos activos al 2010, pertenecientes a diversas ramas económicas. Estas unidades representan el 3% de las unidades económicas registradas en el

municipio de Puebla, lo que indica su influencia en cuanto a las actividades productivas y comerciales de la ciudad (INEGI, 2011).

La avenida 16 de Septiembre constituye una de las vías a partir de las cuales se ha estructurado la traza urbana de la ciudad de Puebla desde su fundación. Su intersección con las avenidas Reforma, 5 de Mayo, Juan de Palafox y Mendoza, dividen a la ciudad en cuatro cuadrantes. Cabe mencionar que el trazo de la avenida 16 de Septiembre parte del corazón del Centro Histórico y llega más allá del Periférico Ecológico, al sur de la ciudad. Debido a que su trazo en el tramo del Centro Histórico corresponde al Siglo XVI, la sección tipo es de 10 metros; en tanto una vez que se adentra en la parte moderna de la ciudad, al cruzar el Blvd. Valsequillo, alcanza una sección tipo de 16 metros.

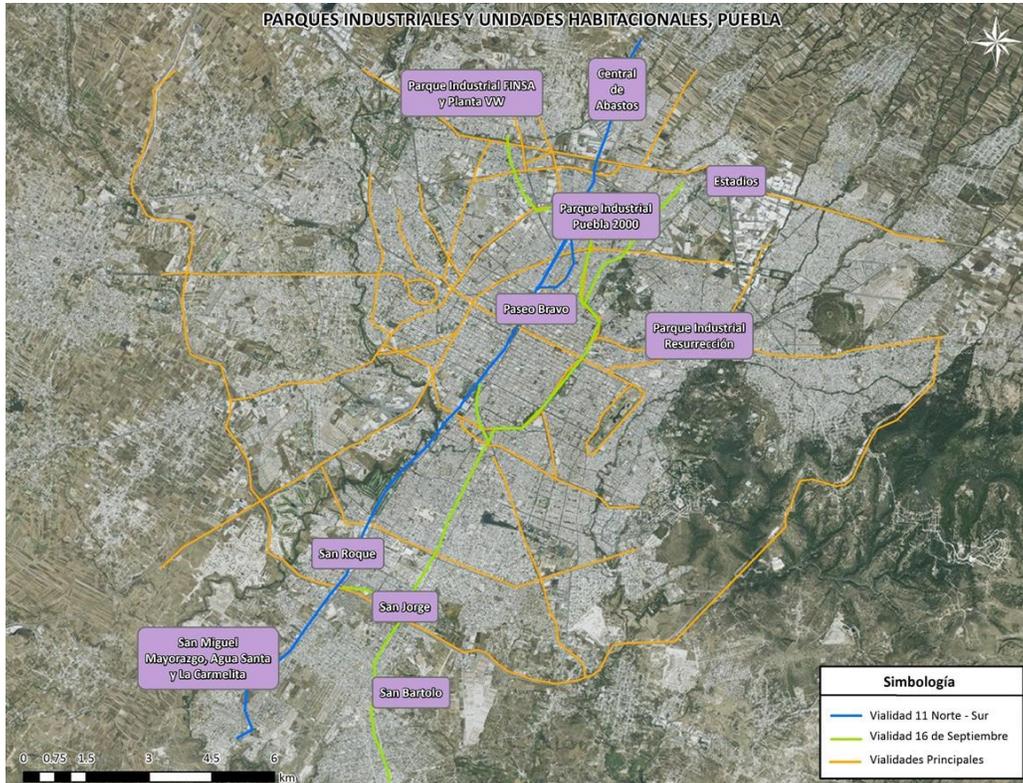
Como es de esperarse, esta vía no sólo alberga a innumerables edificios de gran valor arquitectónico, entre los que destacan la Catedral, la Casa del Deán, la Iglesia de la Virgen del Carmen, sino que también en ella se localizan diversos comercios, oficinas, escuelas y casas habitación.

Por su parte, la construcción del Blvd. Héroes del 5 de Mayo a principios de los años sesenta del siglo pasado, implicó embovedar el río San Francisco, ramal del río Atoyac, dando inicio a lo que años después conformaría un importante circuito vial, al conectarse este con los Bulevares Norte, Atlixco y del Niño Poblano, la Av. 55 Poniente, la Calle 5 Sur y el Bulevar Valsequillo, rodeando el área central de la ciudad.

De esta manera, el Blvd. Héroes del 5 de Mayo constituye una de las principales vías de la ciudad, cruzando sobre el extremo oriente del Centro Histórico, declarado por la UNESCO Patrimonio de la Humanidad en 1987; un poco más al norte permite tener acceso a los Estadios, a través de la Calle 2 Norte y la Calzada Ignacio Zaragoza, así como a la Central de Autobuses de Pasajeros de Puebla, ubicada sobre el Blvd. Norte.

Debido a la importancia que revisten las vialidades mencionadas, es posible identificar importantes puntos generadores de viajes sobre el trazo de la cuenca, tales como: la Central de Abasto, el Paseo Bravo, el Centro Histórico, el Balneario Agua Azul, el Club Campestre de Puebla, el Mercado Independencia, el Hospital General de Agua Santa, el Mercado Hidalgo, la Central de Autobuses de Pasajeros (CAPU), el Centro Escolar Morelos, el Benemérito Instituto Normal del Estado, el Centro Escolar Niños Héroes de Chapultepec, el Centro de Convenciones, el Centro Cívico 5 de Mayo, el Barrio del Alto, el Barrio de Analco, así como los centros comerciales Paseo de San Francisco, Plaza Crystal, Plaza San Pedro y Plaza Dorada.

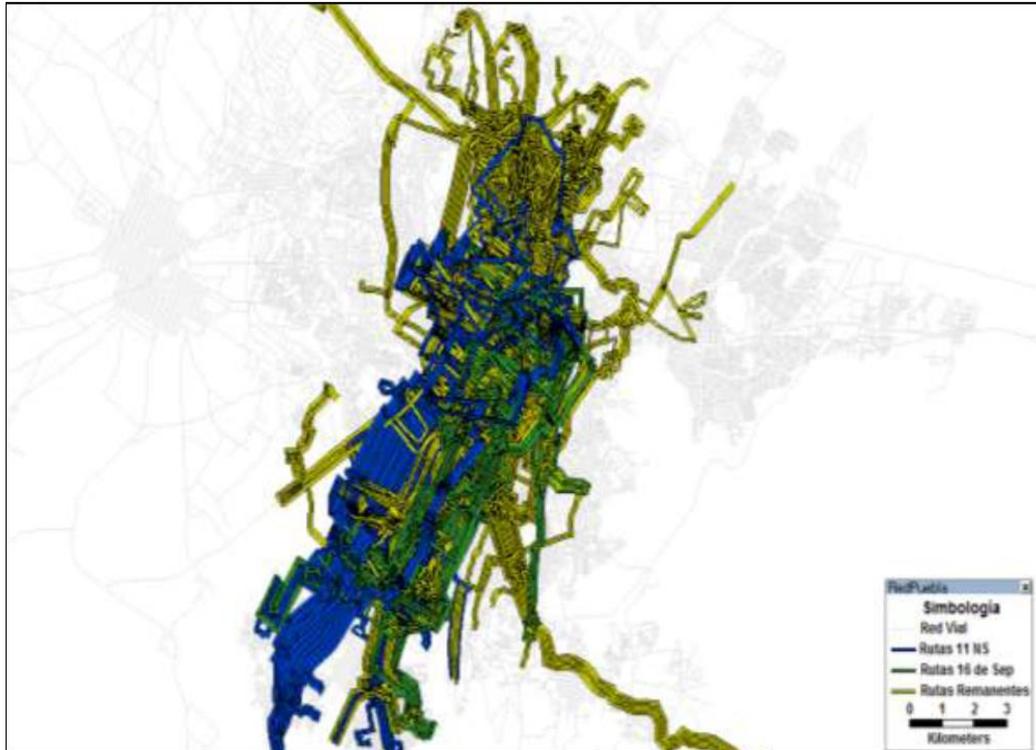
Figura 33: Localización de los parques industriales y unidades habitacionales de la cuenca Norte Sur



Fuente: Modelistica S. A. de C. V. con la base de Google Earth

Asimismo, el Centro Histórico, ubicado en la macrozona 4 dentro de la cuenca Norte Sur, atrae un número importante de viajes generando desplazamientos tanto de norte a sur como de oriente a poniente dentro de la cuenca como lo muestra la figura 34.

Figura 34: Desplazamientos de norte a sur y de oriente a poniente en la cuenca Norte Sur



Fuente: Spectron Desarrollo S. C., 2012

Vías Radiales

Las vías radiales son, generalmente, la prolongación de las vías regionales y carreteras que pasan por la zona urbana, cuentan con dos o más carriles en ambos sentidos, algunas veces con camellón. Por ellas circulan volúmenes de tránsito importantes, del orden de 500 a 800 vehículos/hora/carril en periodos de máxima demanda. Generalmente estas vías cruzan la ciudad de un extremo al otro y pasan por el centro de la misma o cerca de esta.

A continuación, se detallan las características de las vías radiales que se ubican en el área de influencia de la cuenca Norte Sur, tabla 2.8.

Tabla 2.8 Vías radiales

Vialidad	Tramo	Longitud (km)	Cuerpos	Carriles
Ejército de Oriente - Zaragoza	Autopista – 5 de Mayo	4.3	2	3
Av. Hidalgo – Av. Resurrección	Autopista – José María Morelos	3.1	1	1 a 3

Av. Xonacatepec	Independencia – Xonacatepec	5.7	2	2 a 3
Blvd. Valsequillo	La Fragua - 11 Norte Sur	6.6	2	2 a 3
Av. 16 de Septiembre	3 Sur – Valsequillo	7.1	1a2	2 a 3
Pról. 11 Norte Sur	Av. Guadalupe – Circuito Interior	7.1	2	3
Carmen Serdán	Autopista – Blvd. Norte	1.7	2	3

Fuente: Logit S. A. de C. V., Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2010.

Vías principales

Existen dos tipos de vialidades principales. Las vialidades principales “1” de la ZMP son vías que cruzan y conectan la ciudad en cualquier sentido. Habitualmente cuentan con dos o más carriles que operan en ambos sentidos y algunas veces con camellón. Por éstas circulan volúmenes de tránsito importantes, del orden de 500 a 800 vehículos/hora/carril en periodos de máxima demanda. Generalmente estas vías cruzan la ciudad de un extremo al otro y pasan por el centro de la misma o cerca de éste.

A continuación, en la tabla 2.9, se detallan las características de las vías principales “1” que se ubican dentro de la cuenca Norte Sur.

Tabla 2.9. Vías principales “1”

Vialidad	Tramo	Longitud (km.)	Cuerpos	Carriles
Blvd. Héroes del 5 de Mayo	Todo el circuito	17.2	2	2 a 4
11 Norte Sur	Circuito Juan Pablo II – Blvd. Norte	6.2	1 a 2	2 a 3
Av. 16 de Septiembre	Blvd. Valsequillo – Av. Reforma	3.2	1	2 a 4
Av. 25 Poniente	Blvd. Atlixco – 24 Sur	5.5	1	5
Av. San Baltasar – Fidel Velázquez	Valsequillo – Vicente Suárez	3.9	2	2 a 3
Torrecillas – Las Torres	11 Norte Sur – Fidel Velázquez	7.7	2	3
Av. Defensores de la República	Av. Reforma – Justo Sierra	6.8	2	3

Fuente: Logit S. A. de C. V., Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2010.

Las vías principales “2” son importantes dentro de la estructura vial, pero no cuentan con las características para ser vías principales “1”, ya que generalmente son de un solo sentido o cuerpo, con dos o más carriles de circulación, sin camellón, poseen continuidad transversal, el tránsito es mediano y las distancias son cortas, la velocidad de cruce es del orden de los 40 km/h y cuentan con intersecciones a nivel controladas por semáforos, tabla 2.10.

Tabla 2.10. Vías principales “2”

Vialidad	Tramo	Longitud (km.)	Cuerpos	Carriles
9 Norte Sur	Defensores de la República - 55 Poniente	5.5	1 a 2	2 a 3
Av. Margaritas	Av. 16 de Septiembre – 11 Sur	1.7	1 a 2	2 a 3

Fuente: Logit S. A. de C. V., Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2010.

Vías secundarias

Las vías secundarias acceden a lugares específicos de la ciudad, conectadas con la red vial principal. No tienen una gran afluencia vehicular, por lo general su longitud es menor a 1.0 kilómetro, la velocidad de circulación es baja (menor a 40 km/h); son las vías por las que mayormente transita el transporte urbano, por lo menos en un 50%. En la tabla 2.11 se enumeran las vías secundarias más importantes en el área de influencia de la cuenca Norte Sur.

Tabla 2.11 Vías secundarias más importantes

Vialidad	Tramo	Longitud (km)	Cuerpos	Carriles
Av. Las Huertas – San Pablo Xochimehuacan	Carretera Tlaxcala – Carretera a Santa Ana	2.8	1	1 a 2
Héroes de Nacoziari	Autopista – 11 Norte	3.5	1	2 a 3
Av. Nacional	Av. 55 Poniente – 11 Sur	3.9	1	2
Av. 18 Poniente	Blvd. Héroes del 5 de Mayo – Blvd. Norte	3.4	1 a 2	2 a 3
Av. 10 Poniente	5 de Mayo– Hermanos Serdán	3.6	1 a 2	3
Av. 4 Oriente-Poniente	5 de Mayo – 47 Norte	4.8	1 a 2	3
Av. 43 Poniente – 39 Oriente	9 Sur – Blvd. Díaz Ordaz – 24 Sur	2.6	2	3
Av. 16 De Septiembre	Ferrocarril – Camino Herradura	2.3	1	2
Av. de La Revolución	Autopista México Puebla – Calle Puebla	2.8	1	1
Av. Bugarvilias	Blvd. Valsequillo – Av. 65 Oriente	1.6	1	2 a 3
Pról. 14 Sur	Blvd. Municipio Libre – Periférico	1.8	1 a 2	1 a 2
Av. 105 Poniente	4 Sur – Av. Nacional	2.1	1	2

Fuente: Logit S. A. de C. V., Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2010.

La velocidad del tránsito vehicular en las principales vialidades varía en función de su acercamiento al centro urbano, en donde en horario pico se registra una velocidad de 12 km/h; en el siguiente anillo, la velocidad comienza a mejorar en el orden de los 21 a los 25 km/h; en tanto las vialidades que registran una mayor velocidad (más de 40 km/h) son el Periférico, la autopista México – Puebla - Veracruz y La Recta a Cholula, mismas que tienen cierto grado de confinamiento, véase figura 35.

Figura 35: Velocidad de cruceo de las principales vías de la Zona Metropolitana de Puebla



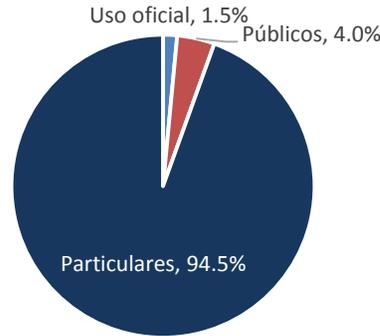
Fuente: Logit S. A. de C. V. Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2010.

Red de transporte privado

El parque vehicular registrado en la ZMP asciende a 621,132 unidades, de las cuales el 94.5% son vehículos particulares (587,191 unidades), en tanto los vehículos del sistema de transporte público representan tan sólo el 4.0% (24,614 unidades: 14,581 son taxis, 4,198 son camiones de carga y 5,835 son autobuses, midibuses y vans para pasajeros), y el restante 1.5% son vehículos de uso oficial, tal como se muestra en la gráfica 2.31.

Figura 36: Parque Vehicular de la Zona Metropolitana de Puebla

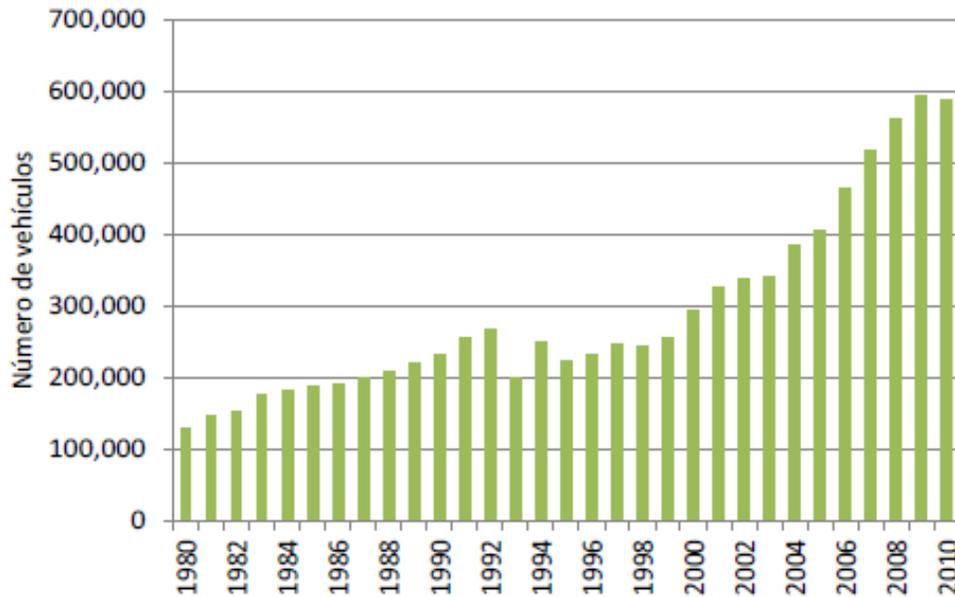
Uso de vehículos



Fuente: Vehículos de Motor Registrados en Circulación 2010. INEGI 2010

Durante la última década, caracterizada por una significativa estabilidad macroeconómica, fueron las propias empresas automotrices las que ofrecieron programas de financiamiento atractivos, situación que conllevó a que el parque vehicular privado se duplicara, pasando de cerca de 294 mil a poco más de 587 mil unidades. Como consecuencia, el índice de motorización aumentó significativamente, al pasar de 1.8 a 3.0 vehículos particulares por cada diez habitantes (INEGI, 2010). Véase figura 37.

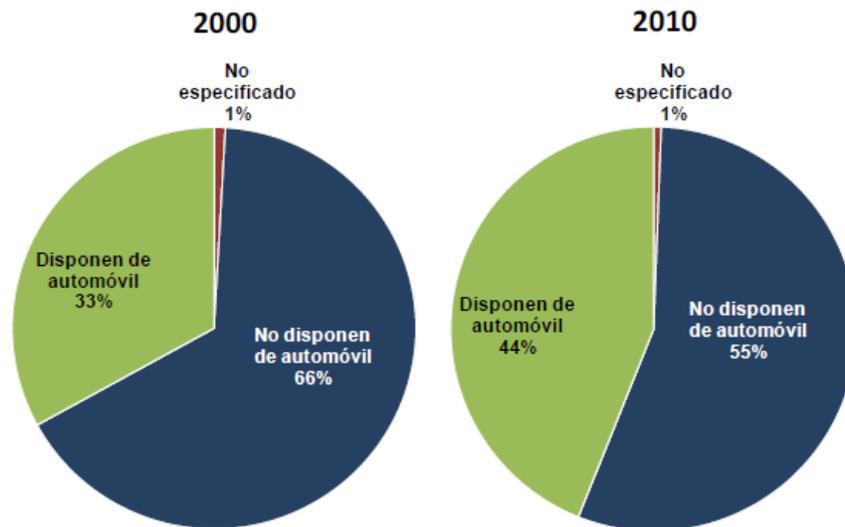
Figura 37: Parque Vehicular Privado de la ZMP



Fuente: Vehículos de Motor Registrados en Circulación 2010. INEGI 2010.

A pesar del significativo aumento del parque vehicular de los últimos años, éste sigue siendo propiedad de un número reducido de familias. Los Censos de Población y Vivienda de los años 2000 y 2010 (INEGI, 2000; INEGI, 2010) muestran que el número de viviendas particulares habitadas de la ZMP que poseen al menos un automóvil se incrementó sólo en diez puntos porcentuales, pasando del 33.0% registrado en el año 2000 al 43.9% en el 2010, véase figura 38.

Figura 38: Viviendas que poseen al menos un automóvil



Fuente: Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010. INEGI

De esta forma, 218 mil familias poseen 587 mil automóviles, con una media de 2.7 automóviles por familia, lo cual refleja que las necesidades de traslado de los residentes de la ZMP deben ser satisfechas preponderantemente por el servicio de transporte público de pasajeros.

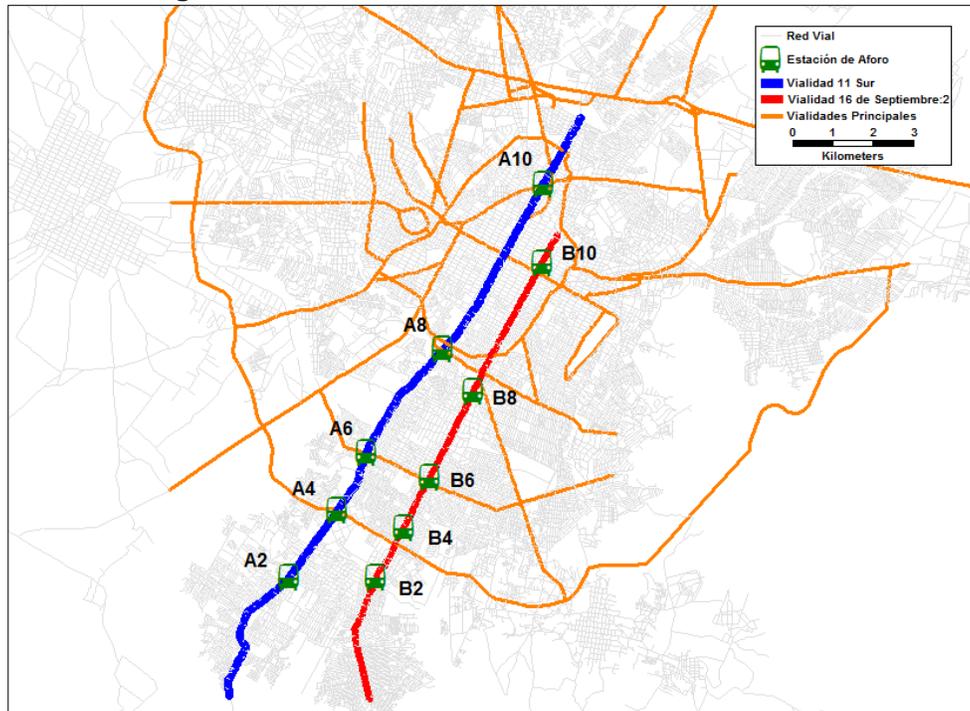
Aforos vehiculares

Se instalaron diez estaciones de aforos mecánicos en la cuenca norte sur, específicamente en dos vialidades principales, para el primer caso la Avenida 11 Norte Sur y la Avenida 16 de Septiembre ver tabla 2.12 y figura 39.

Tabla 2.12. Localización de estaciones de aforos vehiculares transversales

Consecutivo	Id	Punto	Sobre calle	Entre calles
1	A2	11Sur-135Pte (Guadalupe)	11Sur	Miguel Hidalgo y Pino Suarez
2	A4	11Sur-Periférico	11Sur	Tabascos y 103Poniente
3	A6	11Sur-DeLasTorres	11Sur	79 Pte. Y 75Pte (atrás Club Campestre Puebla)
4	A8	11Sur-JPabloll	11Sur	Niño Poblano y 53 Pte (Parque acuático Agua Azul)
5	A10	11Sur-Diagonal Defensores de la Rep.	11Norte	36Pte y Defensores de la Rep.
6	B2	Granjas Puebla	16 Sep	117Pte y 123 Pte
7	B4	16Sep-Periférico	16Sep	109B Ote y 109-A Ote
8	B6	16Sep-DeLasTorres	16Sep	Zacapoaxtla
9	B8	16Sep-JPabloll	16Sep	Violetas y 57Pte
10	B10	Xonaca	Héroes 5 de Mayo	Juan de Palafox y 14 Ote(Xonaca)

Figura 39: Localización de las estaciones de aforo



Fuente: Spectron Desarrollo S. C.

Dentro del presente apartado se analizarán los resultados arrojados motivo de los aforos antes citados, en los diez puntos aforados los cuales se indican en el plano siguiente y en la tabla resumen de cada punto.

Tabla 2.13. Estación A2, Avenida 11 sur (Pinos y 119 poniente)

ESTACIÓN	A2 11 SUR (Pinos y 119 Poniente)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	27652	89.3%	14080	13572
B	1793	5.8%	834	959
C	1523	4.9%	636	887
TOTAL	30968	100.0%		
TOTAL X SENTIDO			15550	15418
% x SENTIDO			50.2%	49.8%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	31092
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	31092

Tabla 2.14. Estación A4, Avenida 11 sur (Tarascos y 103 poniente)

ESTACIÓN	A4 11 SUR (Tarascos y 103 Poniente)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	27099	89.0%	15394	11705
B	2024	6.6%	893	1131
C	1323	4.3%	590	733
TOTAL	30446	100.0%		
TOTAL X SENTIDO			16877	13569
% x SENTIDO			55.4%	44.6%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	30568
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	30568

Tabla 2.15. Estación A6, Avenida 11 sur (79 Poniente y 77 poniente)

ESTACIÓN	A6 11 SUR (79 Poniente y 77 Poniente)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	26601	90.3%	13686	12915
B	1815	6.2%	910	905
C	1039	3.5%	455	584
TOTAL	29455	100.0%		
TOTAL X SENTIDO			15051	14404
% x SENTIDO			51.1%	48.9%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	29573
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	29573

Tabla 2.16. Estación A8, Avenida 11 sur (13 A sur)

ESTACIÓN	A8 11 SUR (13 A Sur)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	32467	110.2%	16072	16395
B	1503	5.1%	823	680
C	798	2.7%	445	353
TOTAL	34768	118.0%		
TOTAL X SENTIDO			17340	17428
% x SENTIDO			49.9%	50.1%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	34908
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	34908

Tabla 2.17. Estación A10, Avenida 11 sur (36 poniente y 38 poniente)

ESTACIÓN	A10 11 SUR (36 Poniente y 38 Poniente)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	9411	32.0%	7457	1954
B	803	2.7%	596	207
C	410	1.4%	337	73
TOTAL	10624	36.1%		
TOTAL X SENTIDO			8390	2234
% x SENTIDO			79.0%	21.0%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	10667
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	10667

Tabla 2.18. Estación B2, Avenida 16 de septiembre (125 oriente y 123 poniente)

ESTACIÓN	B2 16 SEPTIEMBRE (125 Oriente y 123 Poniente)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	27614	93.7%	14208	13406
B	1394	4.7%	746	648
C	943	3.2%	397	546
TOTAL	29951	101.7%		
TOTAL X SENTIDO			15351	14600
% x SENTIDO			51.3%	48.7%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	30071
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	30071

Tabla 2.19. Estación B4, Avenida 16 de septiembre (109 B oriente y 109 A oriente)

ESTACIÓN	B4 16 SEPTIEMBRE (109B Oriente y 109A Oriente)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	30754	104.4%	17646	13108
B	1258	4.3%	607	651
C	1658	5.6%	768	890
TOTAL	33670	114.3%		
TOTAL X SENTIDO			19021	14649
% x SENTIDO			56.5%	43.5%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	33805
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	33805

Tabla 2.20. Estación B6, Avenida 16 de septiembre (109 B oriente y 109 A oriente)

ESTACIÓN	B6 16 SEPTIEMBRE (Zacapoaxtla y TePexi)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	18930	64.3%	8647	10283
B	743	2.5%	337	406
C	620	2.1%	247	373
TOTAL	20293	68.9%		
TOTAL X SENTIDO			9231	11062
% x SENTIDO			45.5%	54.5%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	20374
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	20374

Tabla 2.21. Estación B8, Avenida 16 de septiembre (Violetas y Roble)

ESTACIÓN	B8 16 SEPTIEMBRE (Violetas y Roble)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	20713	70.3%	8644	12069
B	733	2.5%	334	399
C	841	2.9%	240	601
TOTAL	22287	75.7%		
TOTAL X SENTIDO			9218	13069
% x SENTIDO			41.4%	58.6%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	22377
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	22377

Tabla 2.22. Estación B10, Avenida 16 de septiembre (4 oriente y 8 oriente)

ESTACIÓN	B10 16 SEPTIEMBRE (4 Oriente y 8 Oriente:CConvenciones)			
VEHICULO	TRANSITO TOTAL		TRANSITO POR SENTIDO	
TIPO	VOLUMEN	PORCENTAJE	Norte-Sur	Sur-Norte
A	30825	104.7%	17384	13441
B	1638	5.6%	880	758
C	1909	6.5%	988	921
TOTAL	34372	116.7%		
TOTAL X SENTIDO			19252	15120
% x SENTIDO			56.0%	44.0%
FACTOR ESTACIONALIDAD	1.004		TDPA actual	34510
FACTOR NOCTURNIDAD	1		Transito inducido	0
FACTOR DEMANDA INDUCIDA	1		TDPA año base	34510

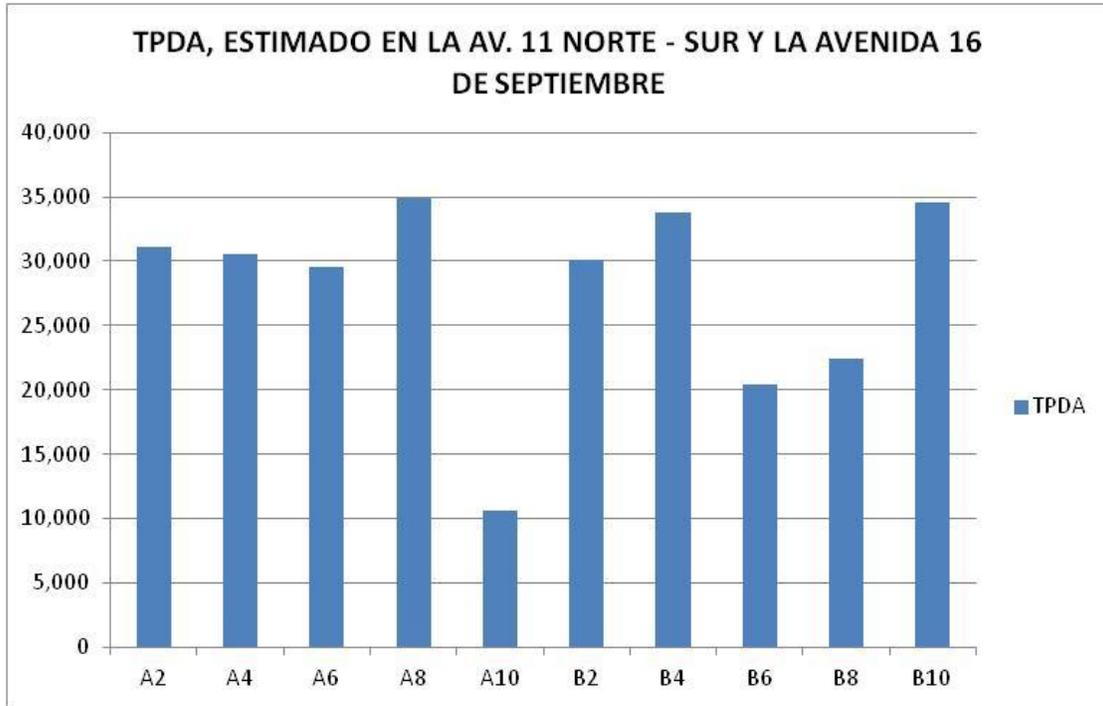
Los resultados obtenidos por cada estación son lo que en adelante se resumen en la tabla 2.23 y la figura 40, en la cual, se tiene el tránsito promedio diario anual, por cada punto, por sentido y la suma de ambos.

Tabla 2.23. TPDA por estación

PUNTO	TPDA		
	Norte-Sur	Sur-Norte	Ambos
A2	15,612	15,480	31,092
A4	16,945	13,623	30,568
A6	15,111	14,462	29,573
A8	17,410	17,498	34,908
A10	8,424	2,243	10,667
B2	15,413	14,658	30,071
B4	19,097	14,708	33,805
B6	9,268	11,106	20,374

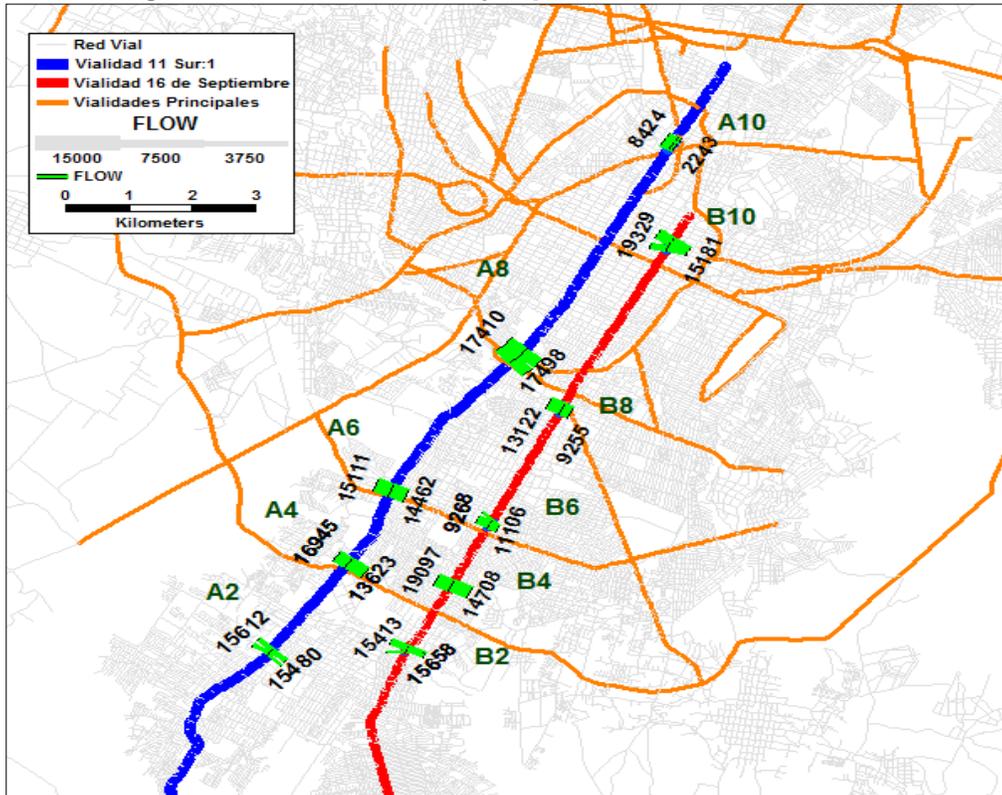
B8	9,255	13,122	22,377
B10	19,329	15,181	34,510

Figura 40: TPDA por estación



Como puede apreciarse, en las tablas antes expuestas, el 90% de las estaciones, rebasan un TPDA de 20,000 y la mayoría oscila entre un TPDA de 29,000 a 35,000, por lo tanto podríamos decir que, las vialidades involucradas presentan un flujo similar, no obstante es la vialidad denominada Av. 16 de septiembre la que presenta mayor variación en cuanto a las estaciones aforadas, y a su vez la estación A10 ubicada dentro de la Avenida 11 norte-sur presente el TPDA más bajo de casi un tercio de los demás resultados, es decir de escasos 10,000 vehículos.

Figura 41: Resumen de flujos por cada estación de aforo



Fuente: Spectron Desarrollo S. C.

Red de transporte público

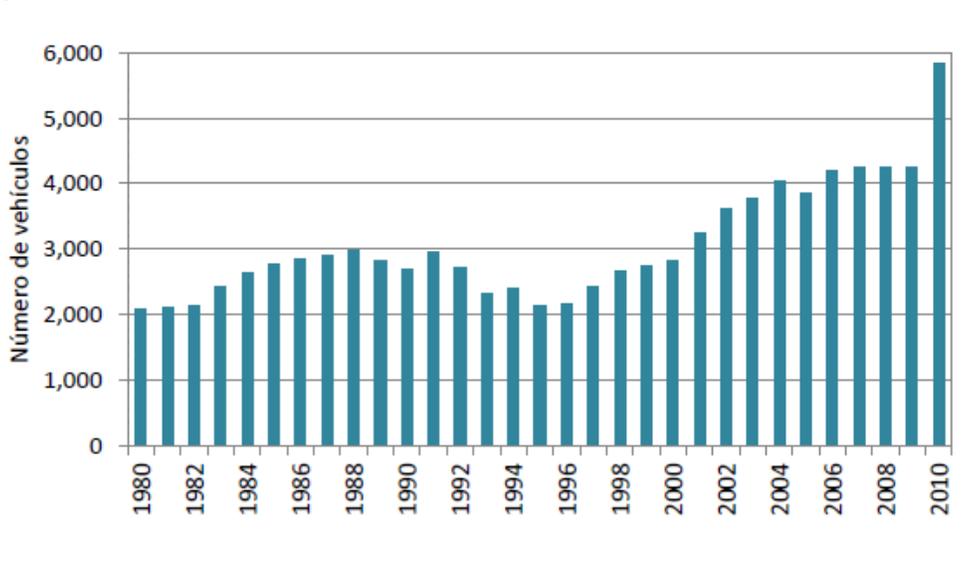
El proceso de metropolización que se ha presentado en el área de estudio no ha estado acompañado por una modernización del sistema de transporte público que permita ofrecer un servicio eficiente, seguro y de calidad a sus habitantes, a pesar de que tres de cada cuatro viajes motorizados al día que se realizan en la ZMP se efectúan en esta modalidad de transporte.

Como puede observarse en la figura 42, durante los años ochenta y noventa del siglo pasado el parque vehicular del sistema de transporte público registró un comportamiento cíclico; es decir, el número de vehículos fluctuó en función del número de nuevas concesiones que se otorgaron y del número de vehículos que salieron de circulación debido a que la unidad se destruyó o rebasó la antigüedad permitida, o por una revocación de la concesión.

Así, entre 1980 y el año 2000, el parque vehicular se mantuvo alrededor de 2,500 unidades. Sin embargo, entre este último año y el 2004 el número de vehículos registró un

importante incremento, manteniéndose en el siguiente quinquenio alrededor de 4,000 unidades, para ascender a 5,835 unidades en el año 2010, lo que contribuyó a agravar la problemática que se enfrenta en materia de movilidad en la ZMP.

Figura 42: Parque Vehicular del Sistema de Transporte Público de la ZMP



Fuente: Vehículos de Motor Registrados en Circulación, INEGI 2010.

El sistema de transporte público colectivo (exceptuando los taxis) de toda la ZMP está conformado por 5,835 vehículos agrupados en 284 rutas urbanas (incluyendo ramales), que en su mayoría operan bajo el esquema hombre-camión, con recorridos yuxtapuestos y frecuencias no acordes con la demanda horaria. Consecuentemente, registra una sobreoferta en horas pico, altos costos de operación, mayores tiempos de viaje, un gran número de accidentes viales, así como contaminación atmosférica, auditiva y visual.

En relación al tipo de vialidades por las que transitan, 192 rutas son de tipo radial, 77 son diametrales y 15 rutas que recorren un circuito o semicircuito. Además del total de rutas urbanas, el 81% pasa por el centro de la ciudad, el cual continúa siendo uno de los destinos más solicitados por la mayoría de quienes se trasladan por la ZMP, como se refleja en la figura.

El horario de operación es desde las 06:00 a las 22:00 horas entre semana y en horarios más reducidos los fines de semana, de 6:00 a 21:00. Si bien el servicio ofrecido por cada ruta es distinto y depende de factores tales como la demanda que atienden, la longitud de su recorrido y el parque vehicular con que cuentan; el promedio ponderado de la frecuencia de paso asciende a 7 vehículos por hora, con un intervalo de 8 minutos.

Finalmente, es importante resaltar que las rutas operan en promedio a una velocidad de 17.5 km/h, lo que implica que el 45% de los usuarios de transporte público destinen entre

30 a 59 minutos para llegar a su destino, en tanto un 16% de los usuarios emplee un tiempo de viaje mayor a 60 minutos (Logit S. A. de C. V.).

Figura 43: Cobertura de las rutas de la Zona Metropolitana de Puebla



Fuente: Logit, S. A. de C. V., Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2010.

En conclusión, el actual sistema de transporte público tiene básicamente una estructura radial, cuyos recorridos se originan en los extremos de la ciudad teniendo como destino el centro de la misma; con altas concentraciones de rutas en las principales vialidades, lo que torna caótico al sistema y produce conflictos operacionales con los otros modos de transporte, sobre todo en las horas pico.

El caso específico de la cuenca Norte Sur, se extiende longitudinalmente sobre dos vías casi paralelas, por la avenida 11 Norte Sur y la avenida 16 de Septiembre, que interconectan el aglomerado habitacional del extremo sur, transitando por el Centro Histórico, hacia las zonas industriales ubicadas al norte de la autopista México Puebla.

Es importante notar que si bien la cobertura de servicios de transporte sobre estas vías se disocia en el área sur de la ciudad, las rutas de transporte en ambas corren paralelamente en el área del Centro Histórico, alcanzando una adecuada cobertura, para posteriormente entrelazarse y atender el área norte de la ciudad. Por lo que se tornó necesario jerarquizar

la importancia de estas vías para determinar la configuración del sistema integral de transporte de la cuenca Norte Sur mediante un estudio de movilidad (véase sección II.3).

Se encontró que los servicios entre 16 de Septiembre y 11 Norte Sur se encuentran interconectados a través de vías transversales, lo que pone en evidencia su interacción y complementariedad para atender la demanda en las zonas central y sur de la ciudad.

Adicionalmente, la distribución espacial de las vialidades transversales que conforman la cuenca Norte Sur permite distinguir al menos seis grandes ejes: 1) Autopista México - Puebla - Veracruz, 2) Blvd. Norte, 3) La parte central del corredor Chachapa - Tlaxcalancingo, 4) Circuito Interior Juan Pablo II, 5) Av. 105 poniente y, 6) el Periférico Ecológico.

Con respecto a la oferta de servicio de transporte público, en la cuenca Norte Sur operan 81 de las 284 rutas concesionadas en el municipio de Puebla, equivalentes al 29% del total, proporción que resulta un claro indicador del importante rol que juega esta cuenca en la estructuración de la movilidad de la ciudad, ver figura 44. Algunas rutas tienen incidencia directa en las dos vías principales de la cuenca, mientras otras son rutas de incidencia indirecta, cuyo trazo no pasa por dichas vías.

Figura 44: Cobertura de la red de transporte público en la cuenca Norte Sur



Fuente: Spectron Desarrollo S. C, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

Específicamente, de las 81 rutas que operan en la cuenca Norte Sur, 30 tienen incidencia directa sobre la 11 Norte Sur y la 16 de Septiembre (21 y 9 rutas respectivamente), mientras que 51 rutas tienen incidencia indirecta sobre las vías mencionadas operando con un parque vehicular total de 2,009 unidades. Véase tabla 2.24.

Tabla 2.24 Rutas y vehículos que operan en las vías 11 Norte Sur y 16 de Septiembre en la situación actual

Incidencia	Número de rutas	Número de vehículos
Directa	30	751
11 Norte Sur	21	515
Autobús		268
Midibús		180
Van		67
16 de Septiembre	9	236
Autobús		147
Midibús		89
Van		0
Indirecta	51	1,258
Total	81	2,009

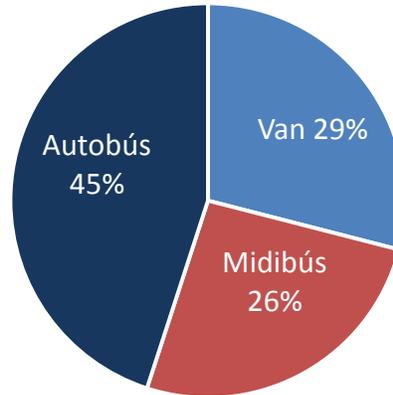
Fuente: Modelística S. A. de C. V.

De acuerdo con los datos antecedentes, en la cuenca Norte Sur operan 33.5 vehículos de transporte público por kilómetro cuadrado, dato que es sintomático del traslape de los recorridos de las rutas existentes; situación que conlleva a una competencia espacial para circular más rápido, rebasar a otros vehículos, hacer ascensos y descensos en cualquier lugar, a fin de captar al mayor número de pasajeros posibles.

En términos de recorridos, el parque vehicular de la cuenca transita 430,000 veh-km/día, lo que genera costos de operación muy altos, consecuentes gases contaminantes y otras externalidades. Con estas características, la velocidad a la que transitan es relativamente baja, operando entre 13 y 16 km/h, lo que finalmente repercute en un sistema que no resulta eficiente y que no brinda una calidad adecuada de servicio para los usuarios.

Los tipos de unidades que conforman el parque vehicular de transporte público tienen distinta capacidad: autobuses de 40 pasajeros, midibuses de 30 pasajeros y vans de 15 pasajeros. La mayoría de los vehículos que operan en la cuenca Norte Sur son de baja capacidad, debido a que aproximadamente sólo cuatro de cada diez vehículos son autobuses y las dos terceras partes restantes son unidades de menos de 35 pasajeros, véase figura 45.

Figura 45: Parque vehicular de la cuenca Norte-Sur



Fuente: Spectron Desarrollo S. C., *Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur, 2012*; y Logit, S. A. de C. V, *Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2010*.

Aunque en la cuenca Norte Sur se encuentran registrados 2,009 vehículos de transporte público, de acuerdo al estudio de movilidad efectuado por Spectron Desarrollo S. C. en 2012, se identificaron sólo 1,987 vehículos en efectiva operación.

El parque vehicular de transporte público que opera en la cuenca Norte Sur se encuentra envejecido, lo que se evidencia en que la antigüedad promedio de las unidades es de 7.5 años y más de un 10% de los vehículos tiene más de 10 años de antigüedad. De manera que sólo el 28% de los vehículos podrán continuar operando como máximo 5 años adicionales y cumplir con la normatividad vigente que establece una antigüedad máxima de 10 años, tabla 2.25.

Tabla 2.25 Antigüedad del parque vehicular público en la cuenca Norte Sur en la situación actual

Años de antigüedad	Van	Midibús	Autobús	Total
1	6	0	16	22
2	40	35	54	129
3	31	17	16	64
4	29	39	56	124
5	56	45	86	187
6	70	37	88	195
7	35	46	51	132
8	59	103	80	242
9	70	149	241	460
10	22	186	246	454
Total	418	657	934	2009

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, *Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur*.

Los datos anteriores son indicativos de:

- a) la atomización del servicio en unidades de baja capacidad,
- b) un mercado con niveles de competencia elevada por el pasaje y con ello prácticas típicas de monopolio espacial, como son: detención en doble fila, bloqueo de paradas, detención en paradas no autorizadas, exceso de velocidad, gran número de accidentes viales, etc.

En síntesis, el servicio de transporte público sobre la cuenca Norte Sur está atomizado, con un gran número de rutas y unidades de baja capacidad. Esta situación genera altos costos económicos y sociales, derivados de los largos tiempos de viaje; elevados costos de operación vehicular, significativas emisiones de contaminantes, así como un inadecuado nivel de eficiencia en la producción del servicio.

En la siguiente tabla se muestran los datos oferta en Hora de Máxima Demanda (HMD ambos sentidos) en condiciones actuales:

Tabla 2.26. Oferta en hora de máxima demanda en condiciones actuales

Ruta	Autobuses	Longitud	Velocidad	Tiempo de Ciclo	Capacidad de la unidad
C6	13	31.99	16	127.96	40
D07	2	17.24	16	73.89	40
D10	5	16.12	16	74.40	40
D11	17	15.68	16	78.40	40
D12	13	15.54	16	62.16	40
D12.1	13	21	16	84.00	40
D13	13	21.58	16	92.49	40
D22	13	32.4	16	162.00	40
D22.1	13	31.65	16	126.60	40
D23	15	40.46	16	151.73	40
D24	14	44.26	16	165.98	40
N01	1	22.29	16	102.88	40
N11	9	25.77	16	118.94	40
N12	2	27.23	16	102.11	40
N13	14	25.86	16	103.44	40
N14	14	39.5	16	139.41	40
N15	15	40.82	16	188.40	40
N17	13	29.77	16	119.08	40
N18	13	27.85	16	111.40	40
N23	7	30.7	16	131.57	40
N23.1	9	30.24	16	139.57	40
N25	13	19.92	16	79.68	40

Ruta	Autobuses	Longitud	Velocidad	Tiempo de Ciclo	Capacidad de la unidad
N25.1	13	22.01	16	94.33	40
N27	20	20.82	16	96.09	40
N27.1	12	19.59	16	78.36	40
N27.2	10	20.95	16	96.69	40
N27.3	10	19.31	16	89.12	40
N32.1	4	39.79	16	99.48	40
N32.2	13	40.52	16	187.02	40
OP05	20	39	16	156.00	40
S01	28	35.85	17	126.53	40
S02	24	35.37	16	132.64	40
S03	16	36.15	14	154.93	40
S04	14	30.62	15	122.48	40
S05	10	35.67	25	85.61	40
S06	32	29.45	14	126.21	40
S07	27	37.11	16	139.16	40
S08	16	33.25	13	153.46	40
S09	9	29.76	17	105.04	40
S10	14	31.14	19	98.34	40
S11	21	35.57	16	133.39	40
S11.1	7	47.58	16	178.43	40
S11.3	15	31.8	16	119.25	40
S13	18	32.84	19	103.71	40
S15	15	36.58	12	182.90	40
S16	16	36.28	16	136.05	40
S17	5	50.08	16	200.32	40
S17.1	6	49.97	16	176.36	40
S17.2	13	47.78	16	179.18	40
S17.3	6	50.28	16	177.46	40
S18	10	32.04	16	120.15	40
S19	9	27.11	14	116.19	40
S22	12	24.85	16	114.69	40
S22.1	13	35.16	16	140.64	40
S23	7	43.26	16	162.23	40
S23.1	7	51.69	16	193.84	40
S25	17	33.96	16	135.84	40
S26.1	7	28.3	12	141.50	40
S26.2	12	36.08	16	135.30	40
S27	24	24.5	12	122.50	40
S28	11	33.43	14	143.27	40
S33	14	35.37	16	132.64	40

Ruta	Autobuses	Longitud	Velocidad	Tiempo de Ciclo	Capacidad de la unidad
S34	12	40.12	16	150.45	40
S35	17	37.27	16	159.73	40
S37	16	27.77	14	119.01	40
S38	12	35.43	14	151.84	40
S39	29	46.46	16	185.84	40
S40	12	46.13	16	197.70	40
S42	13	21.84	18	72.80	40
S43	2	34.72	16	130.20	40
V01	26	27.76	16	138.80	40
V02	7	26.95	16	124.38	40
V03	57	30.59	16	131.10	40
V08	9	75.23	16	167.18	40
V08.1	5	81.73	16	408.65	40
V09	5	65.42	16	261.68	40
V18	9	24.3	16	97.20	40
V22	13	38.76	16	155.04	40
V24	13	24.07	16	96.28	40

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

c) Análisis de la demanda en la situación actual

De acuerdo con los resultados de la Encuesta Origen Destino 2011 (Logit S. A. de C. V.), en la ZMP se realizan 3.5 millones de viajes al día; de ellos, el 64.1% se realiza en vehículos motorizados. De estos viajes, el 72.7% (cerca de 1.7 millones de viajes) se efectúa en unidades de transporte público masivo, mientras tan sólo el 25.7% de los viajes motorizados se realiza en vehículos particulares. Tabla 2.27.

Tabla 2.27. Total de viajes al día por modalidad de transporte

Total de viajes por día	Motorizados	Transporte Público Masivo
		1'659,597 72.7%
3'561,314	2'282,802 64.1%	Taxis
		38,808 1.7%
		Automóviles particulares
		436,015 19.1%
		Otros vehículos particulares
		150,665 6.6%

Fuente: Logit S. A. de C. V., Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2011.

Centrando la atención en lo que sucede específicamente en la cuenca, se realizó un estudio de movilidad de la cuenca Norte Sur 2012 que permitió identificar las principales necesidades de movilidad y deficiencias del actual sistema de transporte público. Para dicho estudio se realizaron:

- 5,469 encuestas origen destino a bordo de las unidades de transporte público y en las principales paradas.
- Estudio de tiempos de recorrido, demoras y frecuencias de paso en 81 rutas.
- Estudios de ascensos y descensos en 81 rutas.
- Aforos vehiculares transversales en 10 secciones.
- Estudios de frecuencia de paso en 15 secciones.

Ese estudio y el Método de Asignación de Redes permitieron simular el equilibrio entre oferta y demanda necesaria para diseñar las rutas de transporte y dimensionar su parque vehicular, reportando que se efectúan cerca de 593 mil viajes al día en unidades del transporte público dentro de la cuenca Norte Sur, y al igual que en toda la ZMP, las principales razones por las que se moviliza la población se deben a cuestiones de trabajo (42%), estudio (18%), compras (16%) y la cuarta parte restante se debe a la realización de actividades recreativas y trámites.

En la siguiente tabla se muestran los datos de demanda que incluyen el tipo de incidencia, el corredor al que esta asociado, el tipo de vehículo, la demanda en hora de máxima demanda (HMD ambos sentidos), sección de máxima demanda (un sentido) y al día por ruta (ambos sentidos) en condiciones actuales.

Tabla 2.28 Demanda por ruta

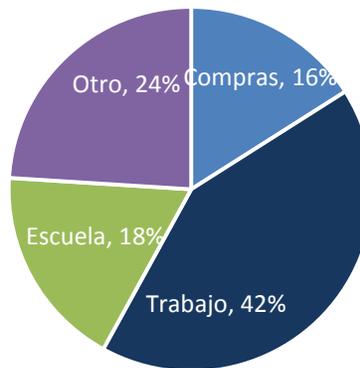
Ruta	Tipo	Corredor	Vehículo	Demanda HMD ambos sentidos	Sección de Máxima Demanda un sentido	Intervalo	Demanda al día
C6	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	631	353	12	7,042
D07	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	60	57	15	666
D10	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	53	37	15	593
D11	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	211	130	15	2,353
D12	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	88	67	15	986
D12.1	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	160	49	15	1,788
D13	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	36	22	15	399
D22	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	98	41	15	1096
D22.1	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	664	368	12	7,415
D23	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	1,812	540	15	20,222
D24	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	348	125	15	3,886
N01	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	276	195	15	3,076
N11	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	214	97	15	2,383
N12	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	155	82	15	1,727
N13	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	319	92	15	3,555
N14	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	279	100	15	3,112
N15	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	251	106	15	2,795
N17	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	289	205	15	3,227
N18	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	799	404	12	8,921
N23	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	184	92	15	2,051
N23.1	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	89	39	15	988
N25	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	125	110	15	1,394
N25.1	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	3	2	15	32
N27	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	182	98	15	2,025
N27.1	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	104	61	15	1155
N27.2	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	195	131	15	2,170
N27.3	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	227	87	15	2,536
N32.1	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	172	83	15	1,916
N32.2	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	225	180	15	2,505
OPO5	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	262	116	15	2,926
S01	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	3,252	1,753	3	36,290
S02	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	2,521	1,316	4	28,130
S03	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	429	363	15	4,784
S04	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	1,011	612	7	11,284
S05	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	604	316	11	6,737
S06	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	678	412	11	7,566
S07	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	1,949	475	9	21,753
S08	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	187	92	15	2,085
S09	Incidencia directa	16 Septiembre	autobús	58	44	15	651

Actualización del Análisis Costo Beneficio del Proyecto de Transporte Masivo de la Cuenca Norte Sur de la Zona Metropolitana de Puebla

Ruta	Tipo	Corredor	Vehículo	Demanda HMD ambos sentidos	Sección de Máxima Demanda un sentido	Intervalo	Demanda al día
S10	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	1,988	974	5	22,189
S11	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	1,566	813	7	17,474
S11.1	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	235	142	15	2,626
S11.3	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	823	379	11	9,180
S13	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	1,306	375	9	14,578
S15	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	288	222	15	3,219
S16	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	121	64	15	1,355
S17	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	204	48	15	2,277
S17.1	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	201	44	15	2,244
S17.2	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	280	185	15	3,122
S17.3	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	176	47	15	1,964
S18	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	282	117	15	3,143
S19	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	223	98	15	2,487
S22	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	453	186	15	5,056
S22.1	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	435	209	15	4,852
S23	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	673	570	15	7,507
S23.1	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	762	620	15	8,504
S25	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	1,181	385	14	13,174
S26.1	Incidencia directa	16 Septiembre	autobús	215	83	15	2,395
S26.2	Incidencia directa	16 Septiembre	autobús	235	114	15	2,623
S27	Incidencia directa	16 Septiembre	autobús	1,939	645	9	21,635
S28	Incidencia directa	16 Septiembre	autobús	411	209	15	4,586
S33	Incidencia directa	16 Septiembre	autobús	511	208	15	5,706
S34	Incidencia directa	16 Septiembre	autobús	302	129	15	3,367
S35	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	1,207	432	12	13,470
S37	Incidencia directa	16 Septiembre	autobús	438	197	15	4,887
S38	Incidencia directa	16 Septiembre	autobús	874	389	15	9,751
S39	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	3,608	1,140	7	40,261
S40	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	1,247	264	15	13,913
S42	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	728	306	5	8,120
S43	Incidencia directa	11 Norte Sur	autobús	363	285	15	4,047
V01	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	262	162	15	2,922
V02	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	110	86	15	1,224
V03	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	1,716	543	9	19,145
V08	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	185	85	15	2,062
V08.1	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	200	93	15	2,228
V09	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	216	116	15	2,411
V18	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	256	212	14	2,853
V22	Poca incidencia	11 Norte Sur	autobús	863	450	14	9,627
V24	Poca incidencia	16 Septiembre	autobús	487	254	14	5,440
							521,844

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

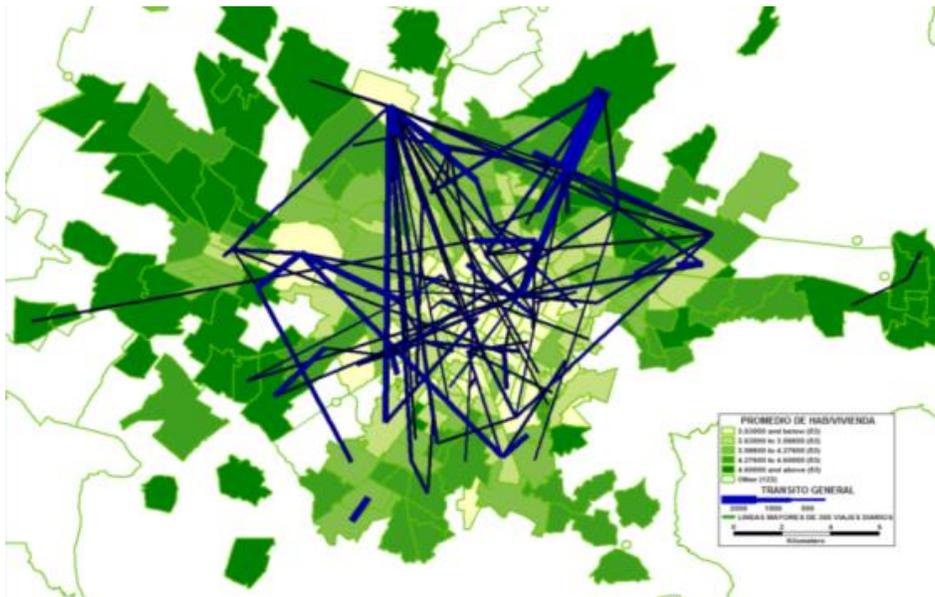
Figura 46: Motivos de viaje en la cuenca Norte Sur



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

En cuanto a los patrones de movilidad del tránsito, éstos se representan en el gráfico 2.42, el cual muestra los deseos de viajes de la población en vehículos motorizados. El comportamiento del tránsito vehicular en el horario pico, en ambos sentidos, en todos los modos de transporte motorizado, explica la saturación de los niveles de servicio de las principales vías de la ciudad.

Figura 47: Deseos de viaje en transporte motorizado. Mayores a 300 viajes diarios.

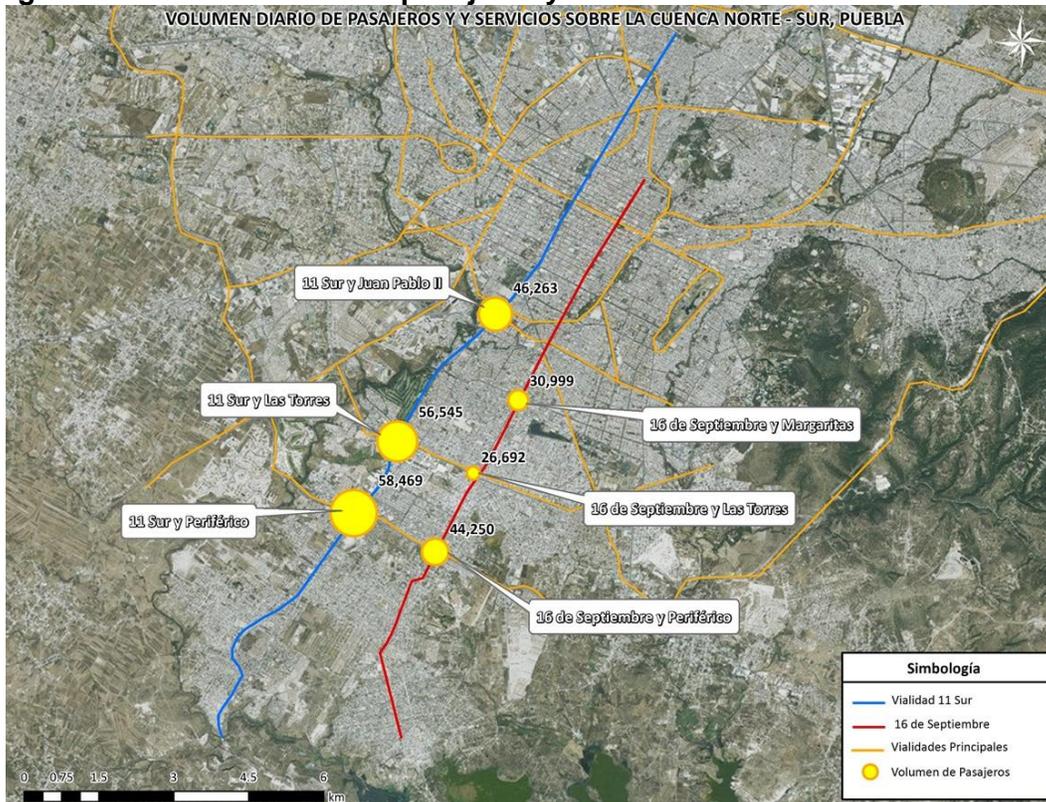


Fuente: Logit S. A. de C. V., Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2010.

El mismo estudio permitió, además, tener estimaciones puntuales de estos flujos. La figura 48 identifica los requerimientos de traslados en tres puntos específicos de las vías 11 Norte Sur y 16 de Septiembre, evidenciando que la mayor demanda de servicios de transporte público se presenta en el tramo sur de la cuenca. En la vialidad 11 Norte Sur se contabilizaron 58,469 pasajeros al día en el cruce de este eje con el Periférico Ecológico, mientras que a la altura de Av. de las Torres se registraron 56,545 pasajeros y 46,263 en el cruce del Circuito Juan Pablo II. Por su parte, sobre el eje 16 de Septiembre, en el cruce con las mismas avenidas se registró un número menor de pasajeros aunque de todas formas de considerable importancia: 44,240; 26,892 y 30,999 respectivamente.

Al conocer la demanda a lo largo de estas vialidades, así como la localización geográfica de los orígenes y destinos de los pasajeros es posible diseñar un sistema de movilidad que responda eficientemente a las necesidades de los usuarios. En este sentido, puede concluirse que la cuenca Norte Sur registra una demanda de transporte público suficiente para implementar dos troncales.

Figura 48: Volumen diario de pasajeros y servicios sobre la cuenca Norte Sur.



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012; sobre la base de Google Earth.

Para la situación actual de acuerdo con los resultados del estudio, en toda la cuenca Norte Sur se realizan más de medio millón de viajes en transporte público, 521,844 al día en el 2012, lo que equivale al 31.47% del total de viajes que se efectúan en la ZMP en

este modo de transporte. La importancia de las vías 11 Norte Sur y 16 de Septiembre se evidencia en la gran concentración de viajes que presentan: tres de cada cinco viajes de la cuenca Norte Sur y uno de cada tres de los viajes de toda la ZMP se efectúan por esta cuenca.

Tabla 2.29. Demanda en la situación actual, año 2012

Cobertura geográfica	Demanda	
	Viajes por día	% ZMP
Cuenca Norte Sur	521,844	31.47%
Total Zona Metropolitana de Puebla	1'658,278	100%

Fuente: Spectron Desarrollo S. C., 2012

Adicionalmente, el Estudio de Movilidad de la cuenca Norte Sur permitió identificar el perfil de los usuarios que se presenta en la cuenca. Entre ellos, cabe destacar:

- 67% realiza de 3 a 7 viajes a la semana
- El promedio de tiempo de viaje es de 37.38 minutos
- 74% paga hasta 6 pesos por viaje
- 45% tiene como única opción movilizarse por transporte público
- 38% manifiesta tener inconvenientes con el sistema de transporte público actual

Adicionalmente, el estudio mencionado refleja que el volumen vehicular aforado por sentido muestra un típico desequilibrio por el mañana, generado por los movimientos pendulares desde la periferia sur hacia el centro y el norte de la ZMP.

Es precisamente a las 7:00 de la mañana el momento en que se identifica la sección de máxima demanda en ambas vialidades, registrándose 4,238 viajes/hora/sentido sobre la 11 Norte Sur y 3,471 viajes/hora/sentido sobre la 16 de Septiembre, véase tabla 2.30.

Tabla 2.30 Sección de Máxima Demanda por Eje Vial

Viajes por hora

11 Sur Periférico			16 de Septiembre - Periférico		
Hora	Norte Sur	Sur Norte	Hora	Norte Sur	Sur Norte
7	1,255	4,238	7	1,291	3,471
8	1,446	3,944	8	1,654	2,908
9	208	1,129	9	1,614	1,950
10	1,147	2,376	10	721	838
11	1,685	2,054	11	1,053	1,586
12	1,705	1,949	12	894	1,672
13	2,266	2,545	13	1,178	1,824

14	1,975	2,162	14	1,241	1,704
15	2,254	1,923	15	527	492
16	2,164	1,798	16	2,392	1,600
17	1,481	1,606	17	1,957	1,464

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Cabe mencionar que en ambas vías se presentan importantes flujos vehiculares, del orden de 30 mil vehículos por día, conllevando a un significativo nivel de congestamiento, así como niveles importantes de contaminación ambiental, auditiva y visual.

Finalmente, el tiempo de viaje promedio que los usuarios destinan a transportarse en la cuenca Norte Sur es de 37.38 minutos, con algunas variantes por macrozona que van desde 25.79 minutos hasta 49.99 minutos, véase tabla 2.31.

Tabla 2.31 Tiempo de viaje promedio por macrozona de la cuenca Norte Sur en la situación actual

Minutos	
Macrozona	Tiempo de viaje en situación actual
1. Chachapa Poniente	25.79
2. Chachapa Oriente	49.99
3. 11 Norte Sur divergencia	29.06
4. 11 Norte Sur transición	31.62
5. 11 Norte Sur convergencia	38.67
6. 16 de septiembre divergencia	35.78
7. Suroriente	39.55
8. Nororiente	39.08
9. Surponiente	41.93
10. Norponiente	41.88
Promedio ponderado	37.38

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur.

d) Interacción de la oferta y la demanda en la situación actual

Metodología, supuestos y herramientas utilizadas en la estimación de la oferta y la demanda.

La metodología empleada para analizar la interacción entre la oferta y la demanda de transporte se sustenta en el Método de Asignación a Redes, que permite asignar los viajes a una red de vialidades y a un conjunto de rutas de transporte público, a partir de sus características de desempeño (por ejemplo, tiempos de recorrido, de espera y de transbordos, así como el costo generalizado de viaje). Este método supone que el sistema está en equilibrio cuando ningún usuario puede reducir su tiempo de viaje o costo generalizado de viaje, modificando la ruta a seguir (primer principio de Wardrop).

Para ello, fue necesario caracterizar la red y los servicios de transporte (oferta a través de la caracterización de las vías, Estudios de Frecuencia de Paso y Carga, y de Ascenso y Descenso), así como las necesidades de movilidad de los usuarios en términos de su distribución espacial y temporal (demanda mediante una matriz origen-destino), a fin de poder replicar las condiciones actuales de operación en el sistema de transporte.

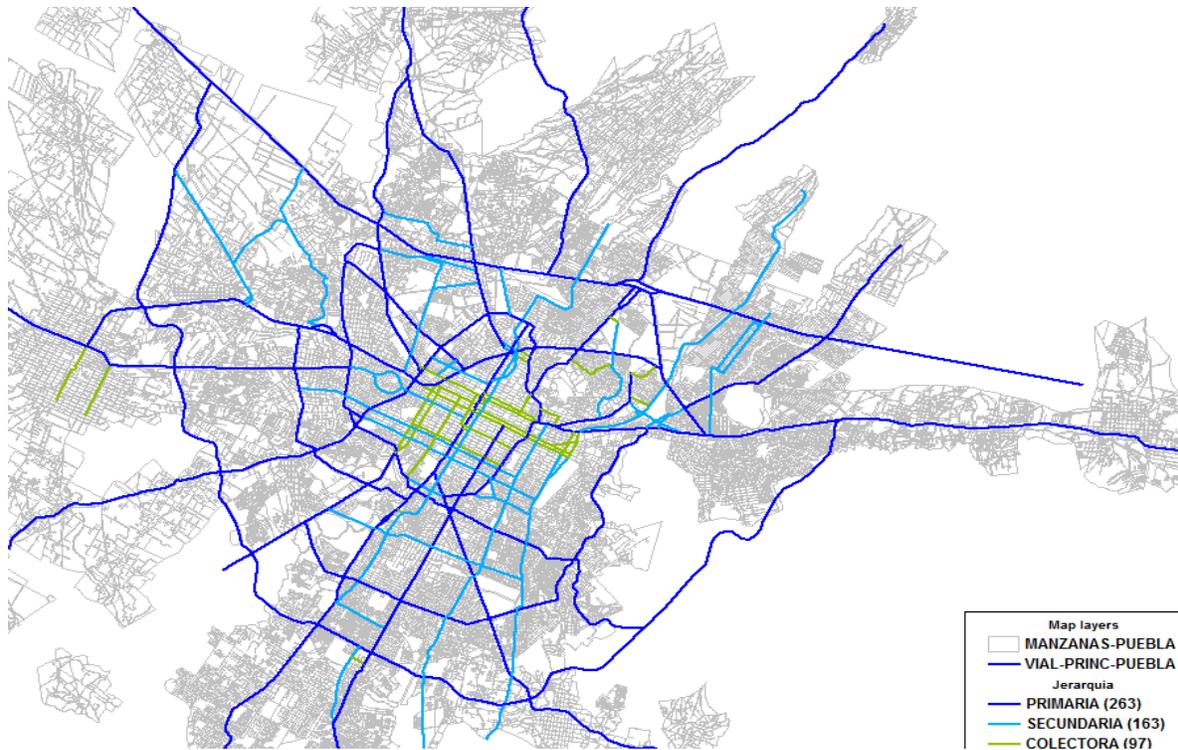
Posteriormente, el Modelo de Asignación de Redes se ajustó o calibró, a sus parámetros internos (por ejemplo, los correspondientes a la función de demora, coeficientes de penalización por trasbordos, tiempos de espera, etcétera) mediante coeficientes de correlación o estimadores del tipo GEH².

Caracterización de la oferta

Para la caracterización de la red vial se utilizaron archivos geográficos de traza urbana generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, distinguiendo entre vialidades principales, secundarias y locales, obteniendo parámetros de ocupación y congestión para cada tipo. Posteriormente, la red vial se construyó a partir de nodos y arcos con ayuda de las herramientas del editor de redes de TransCad, tomando como base la traza urbana y el nivel de detalle indicado para cada zona de estudio.

² El estadístico GEH es una fórmula empírica similar a la chi-cuadrada usada en ingeniería de tránsito, pronóstico del tránsito y modelado del tránsito, para comparar conjuntos de volúmenes de tránsito, y toma su nombre de su inventor Geoffrey E. Havers.

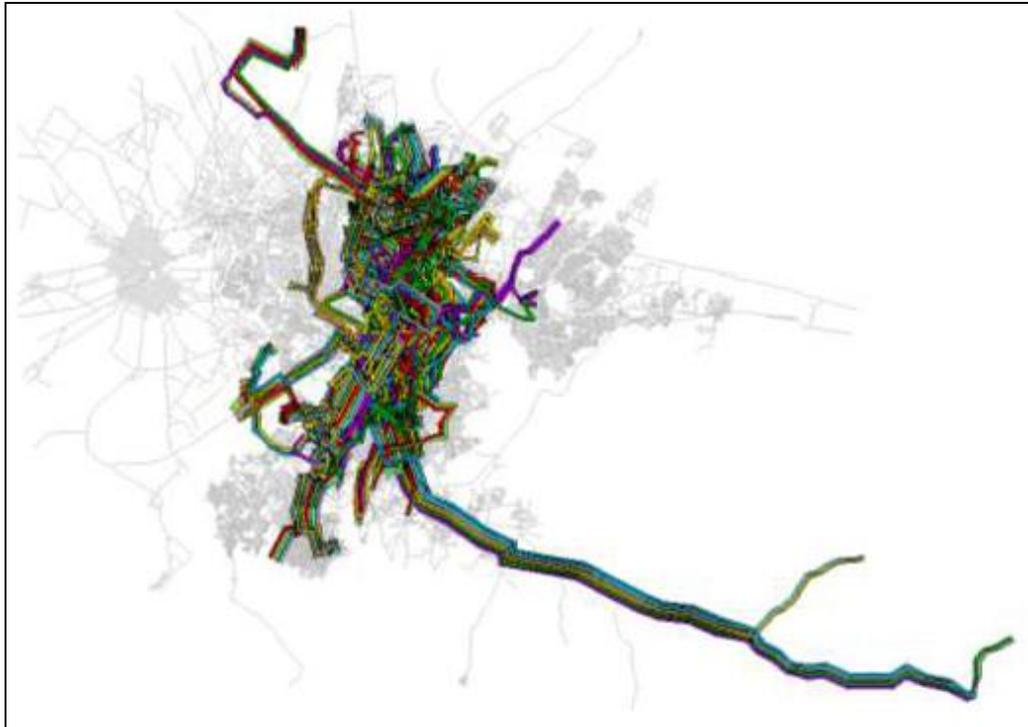
Figura 49: Jerarquía de la red de vías en las zonas de estudio



Fuente: Logit Logística Informática y Transporte, Programa Sectorial de Movilidad, 2012

Por otra parte, los servicios de transporte comprenden las rutas con influencia directa sobre las vialidades 11 Norte Sur y 16 de Septiembre Blvd. Héroes del 5 de Mayo (21 y 9 rutas respectivamente) y 51 rutas de incidencia indirecta, mismas que realizan 8,650 paradas y recorren 2,673 km al día.

Figura 50: Rutas de incidencia directa e indirecta de la cuenca Norte-Sur



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur.

A través de un Estudio de Frecuencia de Paso y Carga se determinó para cada ruta, en diferentes periodos del día, la frecuencia de paso del servicio que circulan por un segmento estratégico previamente identificado; además se cuantificó visualmente el número de pasajeros a bordo de cada vehículo y la velocidad de recorrido; en tanto el Estudio de Ascenso y Descenso permitió conocer el número de pasajeros a bordo de cada unidad, conocer la distribución espacial y temporal de los viajes y determinar los tiempos de recorrido de cada unidad.

Finalmente, se calibró el modelo para construir una situación de referencia que replica las condiciones actuales del sistema de transporte público. Este ajuste se llevó a cabo a partir de los volúmenes de viajes obtenidos en el Estudio de Ascensos y Descensos, ajustado mediante un coeficiente de correlación (r) del 76% entre los datos observados y los arrojados por el modelo, factor que se encuentra dentro de los rangos aceptables de un modelo de asignación calibrado para un número importante de rutas y con el nivel de detalle considerado en este estudio.

Caracterización de la Demanda

La estimación de la demanda, se sustenta en el modelado de los deseos de viaje a partir de una matriz origen destino inicial para los modos de transporte público y privado durante la Hora de Máxima Demanda, la cual corresponde de 8 a 9 de la mañana, como se puede observar en la tabla 2.32.

Tabla 2.32 Distribución horaria de viajes durante un día laborable para la obtención de la matriz de viajes para la Hora de Máxima Demanda.

Hora	Servicios	Volúmenes	Porcentaje
6	103	6,283	2.76 %
7	312	19,032	8.35 %
8	389	23,729	10.41 %
9	307	18,727	8.22 %
10	290	17,690	7.76 %
11	302	18,422	8.08 %
12	288	17,568	7.71 %
13	255	15,555	6.83 %
14	313	19,093	8.38 %
15	347	21,167	9.29 %
16	342	20,862	9.15 %
17	268	16,348	7.17 %
18	117	7,137	3.13 %
19	103	6,283	2.76 %
Total	3736	227,896	100 %

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur, 2012.

Para obtener la matriz inicial de la HMD AMBOS SENTIDOS se consideraron los volúmenes registrados en cada ruta como factor de expansión en las encuestas aplicadas en las rutas analizadas.

Tabla 2.33. Factores de expansión matriz HMD ambos sentidos

Ruta	Encuestas	Factor de Expansión	Volumen en HMD AMBOS SENTIDOS
D07	288	0.11	31
D10	137	1.18	162
D11	45	10.07	453
D13	93	4.09	380
D22	141	2.81	396
D23	118	10.8	1,275
D24	270	4.12	1,112

Ruta	Encuestas	Factor de Expansión	Volumen en HMD AMBOS SENTIDOS
N01	151	0.48	72
N11	100	4.00	400
N12	126	0.36	45
N13	99	6.02	596
N14	97	6.78	658
N15	138	1.77	245
N17	209	2.73	570
N18	95	6.14	583
N23	95	2.97	282
N23.1	169	2.9	491
N25	100	3.31	331
N25.1	204	1.62	329
N27	140	1.2	167
N27.1	200	1.21	242
N27.2	178	0.6	106
N27.3	84	3.76	316
N32.1	116	1.34	155
N32.2	99	5.88	582
OP05	90	8.29	746
S17	169	1.34	227
S17.1	192	1.84	353
S17.2	171	1.75	299
S17.3	271	1.44	391
S22	99	9.38	929
S25	68	13.92	946
S35	54	22.13	1,195
S39	87	44.82	3,899
S40	181	5.35	969
S43	20	4.91	98
V01	146	8.87	1,295
V02	146	1.78	260
V03	86	41.9	3,603
V08	97	5.13	498
V08.1	86	3.01	259
V18	72	6.87	494
Total	3193		26,441

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur, 2012

Se utilizó esta matriz como punto de partida para asignarla a la red de transporte mediante el programa TransCad y así poder para cuantificar los tiempos de recorrido, espera y transbordo, así como el número de viajes en la Hora de Máxima Demanda, el que asciende a un total de 47,430 viajes que se reparten conforme a la matriz por

macrozonas de la siguiente tabla. De este total de viajes, el 44% se realiza en la subcuenca del troncal 11 Norte Sur, en tanto que el 14% corresponde a viajes que inician y/o terminan en la subcuenca de 16 de Septiembre; y el 31% restante de los viajes son de tránsito entre las macrozonas que conforman la zona de influencia indirecta a los troncales analizados.

Tabla 2.34 Matriz de viajes agregada por macrozona para el transporte público en la Hora de Máxima demanda (7 a 8 AM).

Macro zona origen	Macro zona destino										Total
	11 Norte Sur convergencia	11 Norte Sur divergencia	11 Norte Sur transición	16 de Septiembre divergencia	Chachapa oriente	Chachapa poniente	Nororiente	Norponiente	Suroriente	Surponiente	
11 Norte Sur convergencia	873	154	2,360	73	203	214	74	675	188	33	4,848
11 Norte Sur divergencia	186	1,639	2,422	1,419	275	279	85	3,975	748	28	11,057
11 Norte Sur transición	434	1,669	2,967	850	814	285	244	1,132	1,875	49	10,319
16 de Septiembre divergencia	201	1,154	501	2,361	355	148	36	338	1,249	28	6,371
Chachapa oriente	68	285	419	264	340	46	47	244	539	11	2,263
Chachapa poniente	167	216	209	101	45	202	16	97	59	16	1,127
Nororiente	73	117	247	76	11	4	55	60	68	1	712
Norponiente	616	404	1,035	280	116	88	114	1,240	291	33	4,218
Suroriente	274	894	1,291	1,351	872	78	25	470	721	24	5,999
Surponiente	19	97	87	32	25	117	19	99	14	8	517
Total	2,910	6,628	11,538	6,808	3,056	1,462	715	8,331	5,753	231	47,430

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Finalmente, para la estimación de la demanda y la oferta en la situación actual se utilizaron los siguientes supuestos:

Tabla 2.35 Supuestos para la situación actual

Concepto	Descripción	Valor	Fuente
Horas por día	Factor de expansión de los viajes en hora de máxima demanda (HMD AMBOS SENTIDOS) a viajes por día.	11.0	Estimación a partir de Wrigth & Hook, 2010
Tasa de ocupación vehicular	Es el número de personas promedio por vehículo privado	2.2	Estudio de Movilidad de la cuenca Norte Sur

Costo de operación vehicular	Se calculó el costo de operación vehicular utilizando el modelo VOC MEX, considerando un aumento del mismo de acuerdo a la antigüedad de cada vehículo	Autobús (40 p) 13.57 \$/km Midibús 11.97 \$/km Van 6.94 \$/km Particular 5.13 \$/km	VOC-MEX, 2012
Velocidad promedio	Velocidad que puede alcanzar los vehículos de acuerdo a la vialidad en la que circulen	Carril confinado 11 Norte Sur 22 km/h Carril preferencial 16 de Septiembre Blvd. Héroes del 5 de Mayo 18 km/h Carril mixto en las auxiliares 14 km/h	Estimación a partir de Wriqth & Hook, 2010

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Los parámetros utilizados para el cálculo del Costo de Operación Vehicular para la situación actual son los que se indican en la tabla siguiente.

1. Características de la carretera

	Concepto	Particular	Van	Midibús	Autobús
1	Tipo de superficie	1.00	1.00	1.00	1.00
2	Rugosidad promedio (IIR)	5.00	5.00	5.00	5.00
3	Pendiente media ascendente	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Pendiente media descendente	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Proporción de viaje ascendente	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Curvatura horizontal promedio	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Sobrevaloración promedio (peralte)	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Altitud del terreno	2140.00	2140.00	2140.00	2140.00
9	Número efectivo de carriles	0.00	0.00	0.00	0.00

* (Valor de "default" del programa en función de la curvatura)

Selección del vehículo Tipo de vehículo:	2.00	4.00	5.00	5.00
--	------	------	------	------

2. Características del Vehículo

	Concepto	Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	Peso del vehículo vacío	1,680.00	1,680.00	17,500.00	17,500.00
2	Carga útil	1,030.00	1,030.00	7,500.00	7,500.00
3	Potencia máxima en operación	63.87	63.87	288.95	288.95
4	Potencia máxima del freno	51.91	51.91	333.56	333.56

5	Velocidad deseada	50.00	23.00	22.80	21.00
6	Coeficiente aerodinámico de arrastre	0.46	0.46	0.65	0.65
7	Área frontal proyectada	2.58	2.58	6.98	6.98
8	Velocidad calibrada del motor	3,700.00	3,700.00	1,700.00	1,700.00
9	Factor de eficiencia energética	0.80	0.80	0.80	0.80
10	Factor de ajuste de combustible	1.16	1.16	1.15	1.15

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014")

3. Características de los Neumáticos

	Concepto	Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	Número de llantas por vehículo	4.00	4.00	4	6
2	Volumen de hule utilizable por llanta	-	-	6.85	6.85
3	Costo de renovación/costo llanta nueva	0.38	0.38	0.33	0.33
4	Máximo número de renovaciones	-	-	2.39	2.39
5	Término const. del modelo de desgaste	-	-	0.164	0.16
6	Coeficiente de desgaste	-	-	12.78	12.78

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014")

4. Datos sobre la Utilización del Vehículo

	Concepto	Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	Número de km conducidos por año	20000.00	50,000.00	73,448.00	120,000.00
2	Número de horas conducidas por año	1716.00	4,950.00	4,950.00	4,950.00
3	Índice de utilización horaria	0.60	0.60	0.80	0.80
4	Vida útil promedio de servicio	6.00	6.00	8.00	8.00
5	¿Usar vida útil constante?	1.00	1.00	1.00	1.00
6	Edad del vehículo en kilómetros	70000.00	70,000.00	750,000.00	750,000.00
7	Número de pasajeros por vehículo	2.00	12.00	19.00	25.00

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014")

5. Costos Unitarios (Precios 2014)

	Concepto	Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	Precio del vehículo nuevo	212152.00	305,157.00	549,516.00	961,510.00
2	Costo del combustible	13.57	13.57	14.20	14.20
3	Costo de los lubricantes	26.26	26.38	25.87	25.87
4	Costo por llanta nueva	909.59	924.00	2,714.04	2,714.04
5	Tiempo de los operarios	22.97	23.11	66.19	66.19
6	Tiempo de los pasajeros	0.00	0.00	0.00	0.00

7	Mano de obra de mantenimiento	21.70	21.84	56.77	56.77
8	Retención de la carga	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Tasa de interés anual	2.56	2.56	2.56	2.56
10	Costos indirectos por vehículo-km	0.33	0.35	1.06	1.06

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014"

6. Coeficientes adicionales

	Concepto		Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	KP		0.31	0.31	0.48	0.48
2	Cpo	10E-6	32.49	32.49	1.77	1.77
3	CPq	10E-3	13.70	13.70	3.56	3.56
4	QIPo		120.00	120.00	190.00	190.00
5	Clo		77.14	77.14	293.44	293.44
6	CLp		0.55	0.55	0.52	0.52
7	CLq		0.00	0.00	0.01	0.01
8	Coo		1.55	1.55	3.07	3.07
9	FRATIOo		0.22	0.22	0.23	0.23
10	FRATIO1	10E-4	0.00	0.00	0.00	0.00
11	ARMAX		239.70	239.70	212.80	212.80
1	BW		1.00	1.00	1.00	1.00
2	BETA		0.31	0.31	0.27	0.27
3	Eo		1.00	1.00	1.01	1.01
4	Ao		6014.00	6014.00	-7276.00	-7276.00
5	A1		37.60	37.60	63.50	63.50
6	A2		0.00	0.00	0.00	0.00
7	A3		3846.00	3846.00	4323.00	4323.00
8	A4		1.40	1.40	0.00	0.00
9	A5		0.00	0.00	8.64	8.64
10	A6		3604.00	3604.00	2479.00	2479.00
11	A7		0.00	0.00	11.50	11.50
12	NHO		-12.00	-12.00	-50.00	-50.00

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014"

7. Consumo por cada 1000 vehículo-km

	Concepto	Particular	Van	Midibus	Autobús
1	Consumo de combustible	190.37	288.19	364.6	375.03
2	Uso de lubricantes	2.30	2.30	3.82	3.82

3	Consumo de llantas	0.08	0.08	0.13	0.16
4	Tiempo de operador	20.21	43.39	43.38	47.09
5	Mano de obra de mantenimiento	2.88	2.88	14.72	14.72
6	Refacciones	0.25	0.25	0.15	0.15
7	Depreciación	0.45	0.22	0.12	0.12
8	Intereses	0.03	0.02	0.01	0.01

8. Impacto de los consumos por cada 1000 vehículo-km

	Concepto	Particular	Van	Midibus	Autobús
1	Consumo de combustible	2583.28	3,910.75	5,177.27	5325.44
2	Uso de lubricantes	60.51	60.79	98.94	98.94
3	Consumo de llantas	73.88	75.05	344.55	431.03
4	Tiempo de operador	464.12	1,002.67	2,871.55	3116.86
5	Mano de obra de mantenimiento	62.59	62.99	835.84	835.84
6	Refacciones	521.71	750.42	843.54	1475.97
7	Depreciación	956.98	674.35	668.52	1115.00
8	Interés	73.50	51.79	68.46	114.18
9	Costos indirectos	330.00	350.00	1,060.00	1060.00

9. Costos Unitarios (Precios 2014)

	Concepto	Particular	Van	Midibus	Autobús
1	Precio de vehículo nuevo	212152.00	305,157.00	549,516.00	961,510.00
2	Costo de combustible	13.57	13.57	14.20	14.20
3	Costo de lubricantes	26.26	26.38	25.87	25.87
4	Costo de llanta nueva	909.59	924.00	2714.04	2714.04
5	Tiempo de operador	22.97	23.11	66.19	66.19
6	Mano de obra de mantenimiento	21.70	21.84	56.77	56.77
7	Tasa de interés anual	2.56	2.56	2.56	2.56
8	Costos indirectos por vehículo-km	0.33	0.35	1.06	1.06

Costo de Operación (pesos por vehículo-km)

\$ 5.13	\$ 6.94	\$ 11.97	\$ 13.57
---------	---------	----------	----------

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Análisis de la interacción de la oferta y la demanda en situación actual

Un sistema de transporte público eficiente debe ajustar su oferta a la demanda horaria registrada en cada tramo de su recorrido, esto es, ajustar la frecuencia de paso de los vehículos (vehículo/hora), el tipo de vehículo según su capacidad (pasajeros/vehículo) y los horarios de servicio, al número de pasajeros que se registran en cada estación a lo largo del día.

Sin embargo, tal situación no se presenta actualmente en la cuenca Norte Sur, donde las rutas ofrecen el servicio de transporte sin que se relacione la capacidad de las unidades con la demanda de viajes que se presenta a lo largo del día en los diversos tramos que conforman el recorrido de las rutas. Adicionalmente, en la Situación Actual se registra un exceso de oferta del 16.7%, equivalente a 103,877 viajes/día, cómo se observa en la tabla 2.36.

Tabla 2.36 Interacción de la oferta y la demanda en la Situación Actual

<i>Viajes/día</i>			
Región	Demanda	Oferta	Diferencia
Cuenca Norte Sur	521,844	625,761	103,877

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Nota: *Un viaje equivale a un pasajero con un origen, un destino y un solo motivo.

En la tabla anterior se puede observar la diferencia entre la oferta del servicio de transporte público (número de plazas o lugares) respecto a la demanda real transportada por las 81 rutas. La demanda real transportada (521,844 usuarios) se obtiene al cruzar la información de ascensos y descensos (demanda promedio por servicio ofertado) con la frecuencia de paso (número de servicios por hora por ruta) que en su conjunto da como resultado la demanda transportada en el sistema analizado. Por otro lado la oferta de servicios se obtiene de multiplicar el número de recorridos de todas las unidades a lo largo del día de cada ruta por la capacidad del vehículo dando como resultado la oferta de espacios (asientos y posiciones de pie) para todo el sistema. La diferencia que se observa (103,877) muestra que el servicio de transporte público es ocupado en un 83.4% de la capacidad total del sistema.

Respecto al tamaño del parque vehicular se aprecia que el sistema de transporte de la cuenca cuenta con un gran número de unidades (2,009), sin embargo, la mayoría de éstas son de baja capacidad (31 pasajeros/vehículo, en promedio), lo que genera un mayor congestionamiento vial en horas pico (33.5 veh/km²).

Además, la falta de uniformidad en las paradas de ascenso y descenso reduce significativamente la velocidad global, incrementando el tiempo de recorrido tanto para los usuarios del transporte público como para los demás vehículos que transitan sobre la cuenca.

Derivado de los largos recorridos, la baja velocidad de circulación y el exceso de paradas para ascenso y descenso de pasajeros, el costo de operación vehicular resulta ser relativamente alto, por lo que los concesionarios periódicamente presionan a la autoridad regulatoria para que se les autorice incrementar las tarifas cobradas a los usuarios.

Por otra parte, el sistema de transporte público de la cuenca norte sur –al igual que el resto del municipio-, no dispone de un sistema de recaudo con tarjeta inteligente, sino que las tarifas son pagadas al operador con dinero en efectivo dentro del vehículo, situación que imposibilita el control adecuado de los ingresos tarifarios.

El sistema tampoco cuenta con un control operacional del parque vehicular, el cual se maneja completamente a discreción de los operadores, lo que en ocasiones se ve reflejado en un bajo intervalo de paso de vehículos, principalmente en horas valle. Tampoco se cuenta con servicio de talleres ni patios para resguardo de los vehículos, generando que algunas vías de las zonas habitacionales donde habitan los operadores de los vehículos de transporte público se conviertan por la noche en grandes estacionamientos.

En resumen, la problemática que se enfrenta en la cuenca Norte Sur en materia de transporte público se puede sintetizar en que el servicio se encuentra atomizado, con un amplio parque vehicular, la mayoría de baja capacidad, que opera bajo el esquema de hombre camión, sin ajustar su oferta a la demanda horaria, lo que conlleva a que cada unidad recorra 217.9 km/día, incurra en altos costos de operación vehicular (\$12.94/km) y tiempos de viaje promedio (37.38 min).

Tabla 2.37 Indicadores de la Operación del Sistema de Transporte Público

Concepto	Situación actual
Número de vehículos	2,009
Kilómetros recorridos (km/veh/día)	217.9
Concentración vehicular (veh/km ²)	33.5
Velocidad comercial promedio (km/h)	16.0
COV (pesos/ [\$ /veh.- km])	12.94
Tiempo de viaje (minutos)	37.38

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur y con información de Logit, S. A., Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla 2010.

En resumen la problemática que enfrenta consiste en 81 rutas que circulan sobre la cuenca Norte Sur, transportando cerca de 593 mil pasajeros al día, en 2,009 vehículos, mayoritariamente de baja capacidad, a una velocidad comercial promedio de 16 km/h, provocando una concentración vehicular de 33.5 veh/km y un tiempo de viaje promedio de 37.38 minutos.

En la siguiente tabla se muestran los datos de interacción oferta - demanda en hora de máxima demanda (HMD AMBOS SENTIDOS) y al día por ruta en condiciones actuales:

Tabla 2.38 Interacción Oferta – Demanda

RUTA	UNIDADES	VEHKM-HMD AMBOS SENTIDOS	PAXKM-HMD AMBOS SENTIDOS	VEHKM-DIA	PAXKM-DIA
C6	13	415.87	1.52	3,992	15
D07	2	34.48	1.73	331	17
D10	5	80.60	0.66	774	6
D11	17	266.56	0.79	2,559	8
D12	13	202.02	0.44	1,939	4
D12.1	13	273.00	0.59	2,621	6
D13	13	280.54	0.13	2,693	1
D22	13	421.20	0.23	4,044	2
D22.1	13	411.45	1.61	3,950	16
D23	15	606.90	2.99	5,826	29
D24	14	619.64	0.56	5,949	5
N01	1	22.29	12.37	214	119
N11	9	231.93	0.92	2,227	9
N12	2	54.46	2.84	523	27
N13	14	362.04	0.88	3,476	8
N14	14	553.00	0.50	5,309	5
N15	15	612.30	0.41	5,878	4
N17	13	387.01	0.75	3,715	7
N18	13	362.05	2.21	3,476	21
N23	7	214.90	0.86	2,063	8
N23.1	9	272.16	0.33	2,613	3
N25	13	258.96	0.48	2,486	5
N25.1	13	286.13	0.01	2,747	0
N27	20	416.40	0.44	3,997	4
N27.1	12	235.08	0.44	2,257	4
N27.2	10	209.50	0.93	2,011	9
N27.3	10	193.10	1.18	1,854	11
N32.1	4	159.16	1.08	1,528	10
N32.2	13	526.76	0.43	5,057	4
OP05	20	780.00	0.34	7,488	3
S01	28	1,003.80	3.24	9,636	31
S02	24	848.88	2.97	8,149	29
S03	16	578.40	0.74	5,553	7
S04	14	428.68	2.36	4,115	23
S05	10	356.70	1.69	3,424	16
S06	32	942.40	0.72	9,047	7
S07	27	1,001.97	1.95	9,619	19
S08	16	532.00	0.35	5,107	3
S09	9	267.84	0.22	2,571	2

RUTA	UNIDADES	VEHKM-HMD AMBOS SENTIDOS	PAXKM-HMD AMBOS SENTIDOS	VEHKM-DIA	PAXKM-DIA
S10	14	435.96	4.56	4,185	44
S11	21	746.97	2.10	7,171	20
S11.1	7	333.06	0.71	3,197	7
S11.3	15	477.00	1.72	4,579	17
S13	18	591.12	2.21	5,675	21
S15	15	548.70	0.53	5,268	5
S16	16	580.48	0.21	5,573	2
S17	5	250.40	0.81	2,404	8
S17.1	6	299.82	0.67	2,878	6
S17.2	13	621.14	0.45	5,963	4
S17.3	6	301.68	0.58	2,896	6
S18	10	320.40	0.88	3,076	8
S19	9	243.99	0.91	2,342	9
S22	12	298.20	1.52	2,863	15
S22.1	13	457.08	0.95	4,388	9
S23	7	302.82	2.22	2,907	21
S23.1	7	361.83	2.11	3,474	20
S25	17	577.32	2.04	5,542	20
S26.1	7	198.10	1.08	1,902	10
S26.2	12	432.96	0.54	4,156	5
S27	24	588.00	3.30	5,645	32
S28	11	367.73	1.12	3,530	11
S33	14	495.18	1.03	4,754	10
S34	12	481.44	0.63	4,622	6
S35	17	633.59	1.91	6,082	18
S37	16	444.32	0.99	4,265	9
S38	12	425.16	2.06	4,082	20
S39	29	1,347.34	2.68	12,934	26
S40	12	553.56	2.25	5,314	22
S42	13	283.92	2.56	2,726	25
S43	2	69.44	5.22	667	50
V01	26	721.76	0.36	6,929	3
V02	7	188.65	0.58	1,811	6
V03	57	1,743.63	0.98	16,739	9
V08	9	677.07	0.27	6,500	3
V08.1	5	408.65	0.49	3,923	5
V09	5	327.10	0.66	3,140	6
V18	9	218.70	1.17	2,100	11
V22	13	503.88	1.71	4,837	16
V24	13	312.91	1.56	3,004	15

En la siguiente tabla se muestra los principales datos operativos por ruta (ambos sentidos) en hora de máxima demanda y al día. Estos datos muestran de manera generica los parámetros operacionales de cada una de las rutas analizadas en el presente estudio. También la tabla contiene la información de la tasa de ocupación promedio por ruta que se obtuvo con la información de los ascensos y descensos por sentido y la frecuencia y ocupación visual.

Tabla 2.39. Datos operativos de las rutas

Ruta	TIPO	CORREDOR	Vehículo	Demanda HMD	SMD	Intervalo	Demanda al día	Nivel de ocupacion
C6	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	631	353	12	7,042	56%
D07	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	60	57	15	666	75%
D10	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	53	37	15	593	27%
D11	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	211	130	15	2,353	31%
D12	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	88	67	15	986	17%
D12.1	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	160	49	15	1,788	31%
D13	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	36	22	15	399	20%
D22	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	98	41	15	1096	19%
D22.1	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	664	368	12	7,415	59%
D23	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	1,812	540	15	20,222	85%
D24	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	348	125	15	3,886	62%
N01	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	276	195	15	3,076	85%
N11	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	214	97	15	2,383	59%
N12	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	155	82	15	1,727	90%
N13	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	319	92	15	3,555	57%
N14	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	279	100	15	3,112	50%
N15	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	251	106	15	2,795	42%
N17	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	289	205	15	3,227	56%
N18	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	799	404	12	8,921	71%
N23	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	184	92	15	2,051	66%
N23.1	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	89	39	15	988	25%
N25	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	125	110	15	1,394	24%
N25.1	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	3	2	15	32	25%
N27	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	182	98	15	2,025	23%
N27.1	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	104	61	15	1155	22%
N27.2	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	195	131	15	2,170	49%
N27.3	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	227	87	15	2,536	57%
N32.1	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	172	83	15	1,916	50%
N32.2	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	225	180	15	2,505	43%
OP05	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	262	116	15	2,926	33%
S01	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	3,252	1,753	3	36,290	85%
S02	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	2,521	1,316	4	28,130	85%
S03	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	429	363	15	4,784	67%
S04	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	1,011	612	7	11,284	84%
S05	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	604	316	11	6,737	70%
S06	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	678	412	11	7,566	53%
S07	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	1,949	475	9	21,753	84%
S08	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	187	92	15	2,085	29%
S09	INCIDENCIA DIRECTA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	58	44	15	651	16%

Actualización del Análisis Costo Beneficio del Proyecto de Transporte Masivo de la Cuenca Norte Sur de la Zona Metropolitana de Puebla

Ruta	TIPO	CORREDOR	Vehículo	Demanda HMD	SMD	Intervalo	Demanda al día	Nivel de ocupacion
S10	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	1,988	974	5	22,189	85%
S11	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	1,566	813	7	17,474	87%
S11.1	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	235	142	15	2,626	84%
S11.3	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	823	379	11	9,180	64%
S13	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	1,306	375	9	14,578	84%
S15	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	288	222	15	3,219	48%
S16	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	121	64	15	1,355	19%
S17	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	204	48	15	2,277	47%
S17.1	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	201	44	15	2,244	84%
S17.2	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	280	185	15	3,122	54%
S17.3	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	176	47	15	1,964	73%
S18	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	282	117	15	3,143	70%
S19	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	223	98	15	2,487	62%
S22	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	453	186	15	5,056	94%
S22.1	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	435	209	15	4,852	84%
S23	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	673	570	15	7,507	85%
S23.1	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	762	620	15	8,504	85%
S25	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	1,181	385	14	13,174	81%
S26.1	INCIDENCIA DIRECTA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	215	83	15	2,395	77%
S26.2	INCIDENCIA DIRECTA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	235	114	15	2,623	49%
S27	INCIDENCIA DIRECTA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	1,939	645	9	21,635	94%
S28	INCIDENCIA DIRECTA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	411	209	15	4,586	93%
S33	INCIDENCIA DIRECTA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	511	208	15	5,706	91%
S34	INCIDENCIA DIRECTA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	302	129	15	3,367	63%
S35	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	1,207	432	12	13,470	83%
S37	INCIDENCIA DIRECTA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	438	197	15	4,887	68%
S38	INCIDENCIA DIRECTA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	874	389	15	9,751	85%
S39	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	3,608	1,140	7	40,261	85%
S40	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	1,247	264	15	13,913	85%
S42	INCIDENCIA DIRECTA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	728	306	5	8,120	65%
S43	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	363	285	15	4,047	85%
V01	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	262	162	15	2,922	25%
V02	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	110	86	15	1,224	39%
V03	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	1,716	543	9	19,145	75%
V08	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	185	85	15	2,062	51%
V08.1	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	200	93	15	2,228	46%
V09	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	216	116	15	2,411	50%
V18	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	256	212	14	2,853	71%
V22	POCA INCIDENCIA	11 NORTE-SUR	AUTOBÚS	863	450	14	9,627	77%
V24	POCA INCIDENCIA	16 SEPTIEMBRE	AUTOBÚS	487	254	14	5,440	94%

iii. Situación sin proyecto de inversión

El contenido de este capítulo está comprendido por la descripción de la oferta y la demanda de transporte colectivo urbano en la cuenca Norte Sur, así como las acciones y adecuaciones que deberían implementarse, aun cuando el proyecto no tuviera lugar. El propósito de dicha presentación es obtener el escenario base contra el cual se deberán comparar los resultados esperados del presente proyecto. Finalmente, se presentan las diversas alternativas de solución factibles que fueron evaluadas.

a) Optimizaciones

En esta sección se describen las acciones que en materia de transporte se llevarán a cabo al 2014 en la ZMP por parte del Gobierno del Estado de Puebla, aun cuando el proyecto de un sistema integral de troncales de transporte masivo complementarios sobre la cuenca Norte Sur de la ZMP no se lleve a cabo.

Los proyectos considerados que tienen relativa incidencia en la zona en la que se propone efectuar el proyecto son los siguientes:

- La construcción del corredor troncal de la RUTA: Chachapa - Tlaxcalancingo.
- El Programa de Desarrollo Urbano Integral Sustentable (DUIS) en el Centro Histórico de la ciudad.
- La racionalización del servicio de transporte en la cuenca Norte Sur, entendiendo esto como acoplar el número de vehículos que operan día a día a la demanda de transporte.

Para visualizar la importancia de las obras descritas, a continuación se presenta una breve descripción de cada una de ellas y, de ser el caso, la fecha factible de inicio de operaciones de las obras. Asimismo, se señalan las bondades o beneficios, directos e indirectos, que se estima tendrán estas obras para Puebla y, específicamente, para la zona de influencia del proyecto que nos ocupa.

Corredor troncal Chachapa Tlaxcalancingo

El Plan Estatal de Desarrollo 2011-2017 y el Programa Sectorial de Transportes reconocen la urgencia de mejorar la eficiencia con que se presta el servicio de transporte

público, no sólo porque se está impactando negativamente la competitividad de la ZMP, sino porque afecta significativamente la calidad de vida de la población.

Por ello, una de las primeras acciones de la actual administración fue diseñar una alternativa de solución que permitiera estructurar un sistema integral de transporte público que fuese eficiente, seguro y sustentable a largo plazo.

Sustentado en el Programa Sectorial de Movilidad Urbana de la ZMP (Logit S. A. de C. V.), se llegó al diseño de la Red Urbana de Transporte Articulado RUTA, la cual constituye un sistema BRT, que se conformará por seis corredores troncales, interconectados por ejes complementarios.

Actualmente, se encuentra en operación el primer corredor troncal de la RUTA, cuyo trazo inicia en la localidad de Chachapa, municipio de Amozoc, en el extremo nororiente de la ZMP, cruza la parte norte de la ciudad de Puebla, hasta llegar a la localidad de Tlaxcalancingo, municipio de San Andrés Cholula, en el extremo surponiente de la ZMP uniendo así dos extremos del Periférico Ecológico.

Este primer corredor Chachapa Tlaxcalancingo ha contribuido a mejorar la movilidad en esta área de la ZMP, al permitir transportar de manera más eficiente y segura a poco más de 100 mil pasajeros al día; al mismo tiempo que su implementación implica el redimensionamiento del parque vehicular y la reestructuración del recorrido de las rutas que actualmente inciden de manera directa sobre el corredor; así como la modificación del recorrido de 62 rutas más, a fin de garantizar la adecuada operación del corredor.

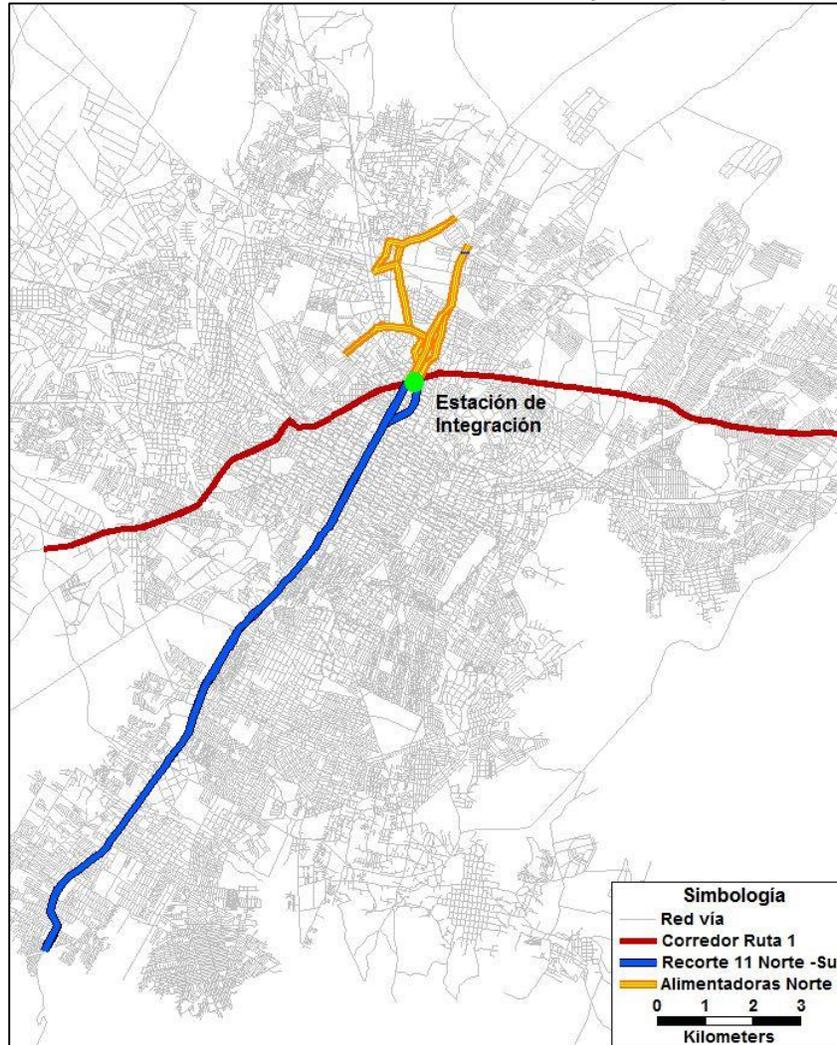
El diseño tronco alimentador (1 servicio troncal + 10 alimentadores y auxiliares) con dimensionamiento operacional óptimo entre la demanda y la frecuencia de servicio (5 minutos) y sin costo de trasbordo atiende una demanda de 107,758 pasajeros/día, quienes pagan una tarifa similar a la de los servicios convencionales.

El corredor entró en operaciones en enero de 2013 y cuenta con la siguiente infraestructura:

- Dos carriles confinados de 18.5 km que permiten el libre tránsito de los autobuses articulados, posibilitando un tránsito más rápido y seguro.
- 38 estaciones de plataforma alta que permiten el ingreso a nivel a los autobuses articulados.
- 2 terminales que cuentan con encierros, talleres y estaciones de abasto de combustible.

El servicio está programado de acuerdo con la demanda horaria, reduciendo los tiempos de espera y los costos de operación vehicular.

Figura 51: Sistema troncal, corredores 11 Norte Sur y Chachapa - Tlaxcalancingo



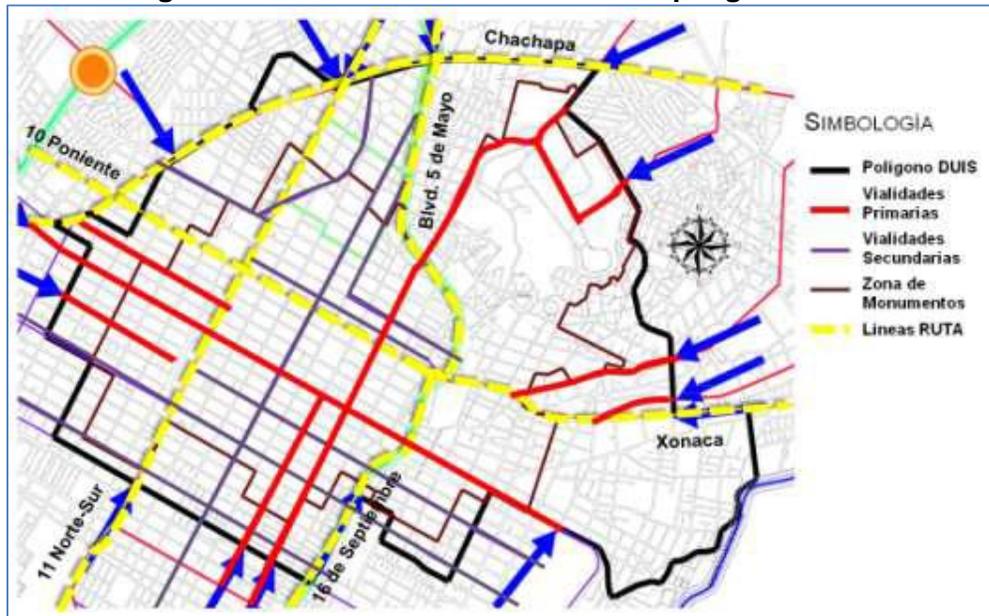
Fuente: Logit S.A. de C. V. 2011

Programa de Desarrollo Urbano Integral Sustentable (DUIS) en el Centro Histórico de la ciudad.

Adicionalmente, el Ayuntamiento de Puebla plantea implementar un Programa de Desarrollo Urbano Integral Sustentable (DUIS) en el Centro Histórico de la ciudad, a partir del cual se busca revitalizar el Centro Histórico, al generar áreas de desarrollo integralmente planeadas contribuyendo al ordenamiento territorial del municipio y facilitando la provisión eficiente de servicios públicos, lo que incidirá en el crecimiento económico de la región, resultado de la participación de actores públicos, privados y sociales.

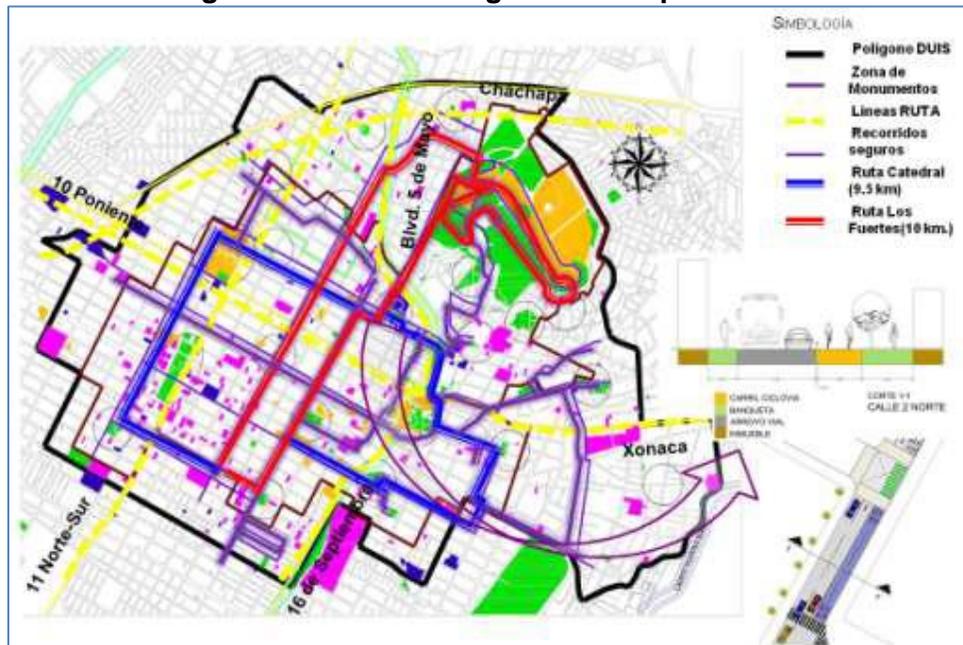
En materia de transporte, el DUIS implica limitar la circulación de todo tipo de vehículos motorizados y fomentar los viajes a pie y en bicicleta en el área; por lo que es muy probable que este programa, a mediano plazo, conlleve la modificación de los patrones de movilidad del área central de la ciudad y, por lo tanto, la demanda del servicio de transporte público.

Figura 52: Clasificación vial dentro del polígono DUIS



Fuente: Puebla Gobierno Municipal, 2012

Figura 53 Sistema Integral de transporte DUIS



Fuente: Puebla Gobierno Municipal, 2012

Racionalización de vehículos en la cuenca Norte Sur

Una posible optimización a evaluar es el impacto que tendrían medidas tales como la racionalización del parque vehicular del transporte público que circula en la cuenca Norte Sur sobre las características del servicio público de transporte.

La racionalización de vehículos en la cuenca Norte Sur implica:

- mantener el mismo número de rutas que opera en la Situación Actual,
- ajustar la cantidad de vehículos a través de una optimización operativa, en la que se hace corresponder la sección de máxima demanda un sentido (SMD) con el parque vehicular requerido, y
- retirar las unidades excedentes con respecto a la Situación Actual conforme a su mayor antigüedad.

Esto implica que los actuales concesionarios deberán deshacerse de algunas de sus unidades bajo el argumento que el ajuste de su parque vehicular a la demanda horaria les permitirá continuar atendiendo al mismo número de pasajeros incurriendo en mejores costos de operación vehicular, lo que les llevará a incrementar la rentabilidad su negocio.

De lograr la aceptación de esta medida de optimización, se conseguiría reducir en 44.1% el parque vehicular que actualmente opera en la cuenca, lo que equivale a retirar de circulación a 885 vehículos.

Tabla 3.1. Rutas y parque vehicular del transporte público que opera en la cuenca Norte Sur

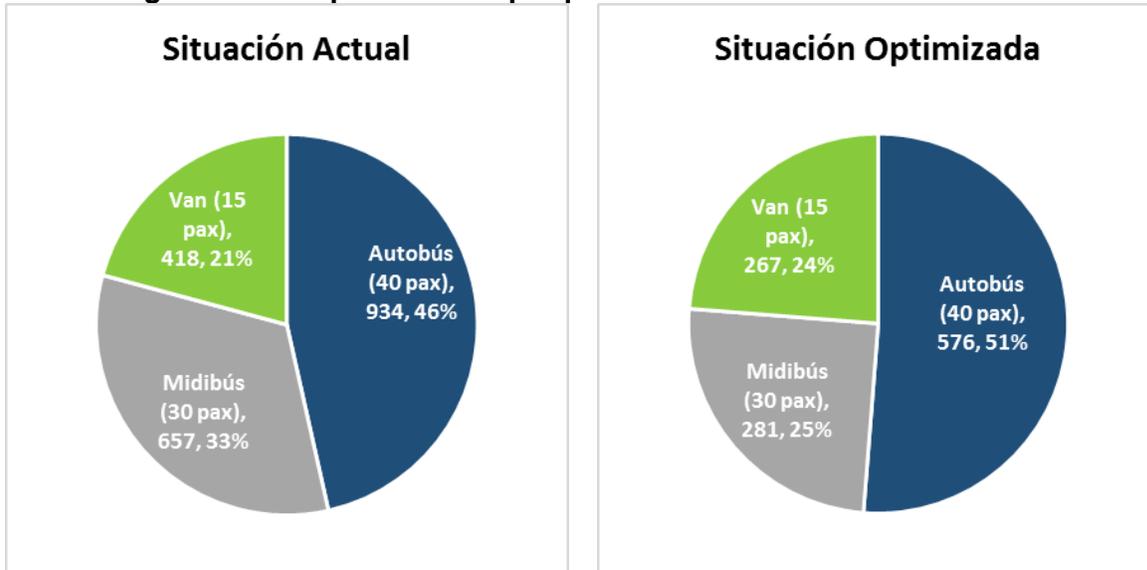
Ruta	Situación Actual		Situación Optimizada		Reducción Parque Vehicular
	Rutas	Vehículos	Rutas	Vehículos	
11 Norte Sur	21	515	21	432	-16.1%
Autobús (40 pax)		268		268	0.0%
Midibús (30 pax)		180		116	-35.6%
Van (15 pax)		67		48	-28.4%
16 de Septiembre	9	236	9	111	-53.0%
Autobús (40 pax)		147		64	-56.5%
Midibús (30 pax)		89		47	-47.2%
Van (15 pax)		0		0	0.0%
Incidencia indirecta	51	1,258	51	581	-53.8%
Autobús (40 pax)		519		244	-53.0%
Midibús (30 pax)		388		118	-69.6%
Van (15 pax)		351		219	-37.6%
Total	81	2,009	81	1,124	-44.05%

Fuente: Spectron Desarrollo, S.C., Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte Sur de la Zona Metropolitana de Puebla 2012.

Adicionalmente, al retirar los vehículos más antiguos, se estaría modificando la composición del parque vehicular, tendiendo a conservar las unidades de mayor capacidad, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

La disminución de las 885 unidades se dará en la hora de máxima demanda que es el periodo en el que se modela y se dimensiona el parque vehicular necesario para atender la demanda estimada en el estudio de mercado. Para optimizar y racionalizar el número de unidades se requiere realizar la programación de los servicios de cada ruta en base al perfil de la demanda a lo largo del día. Los cálculos de flota en periodos de media y baja demanda no son optimizaciones.

Figura 54: Composición del parque vehicular de la cuenca Norte Sur



Fuente: Spectron Desarrollo, S.C., Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte-Sur de la Zona Metropolitana de Puebla 2012.

Esta medida va acorde con lo dictado en el artículo 70 de la Ley de Transportes del Estado de Puebla, que establece una antigüedad máxima de diez años de los vehículos para poder prestar el servicio de transporte público de pasajeros. De esta forma, se retirarían de circulación las unidades de modelos de más de diez años, así como las de mayor antigüedad, dejando sólo los modelos más modernos en circulación.

Tabla 3.2. Antigüedad de la parque vehicular por tipo de vehículo en la cuenca Norte Sur en la situación actual y en la situación actual optimizada.

Años de Antigüedad	Situación Actual				Situación Optimizada				Reducción del Parque Vehicular
	Van	Midibús	Autobús	Total	Van	Midibús	Autobús	Total	
1	6	0	16	22	6	0	16	22	0
2	40	35	54	129	40	35	54	129	0
3	31	17	16	64	31	17	16	64	0
4	29	39	56	124	29	39	56	124	0
5	56	45	86	187	56	45	86	187	0
6	70	37	88	195	70	37	88	195	0
7	35	46	51	132	35	46	51	132	0
8	59	103	80	242		21	62	83	159
9	70	149	241	460		39	63	102	358
10	22	186	246	454		2	84	86	368
Total	418	657	934	2009	267	281	576	1124	885

Fuente: Spectron Desarrollo, S.C., Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte-Sur de la Zona Metropolitana de Puebla 2012. Nota: Los autobuses son de 40 pasajeros.

A continuación se describen algunas de las medidas que el Gobierno del Estado de Puebla promovería para alcanzar una Situación Optimizada al reducir el número de vehículos de la situación actual y regular la sobreoferta existente, sin dejar de atender la demanda de 331,588 viajes al día que se estima se transportarán en la cuenca Norte Sur en el año 2015.

1. La promoción entre los concesionarios sobre la conveniencia de reducir el número de vehículos para disminuir la sobreoferta, a través de la realización de seminarios que contribuyan a la concientización de un transporte público más ordenado, donde la operación vehicular este en función de la demanda horaria para traer mayores beneficios sociales y privados.
2. La coordinación de semáforos y señalización en las vías principales.
3. Supervisión y control del parque vehicular al implementar una revista vehicular más efectiva, proceso que se encuentra actualmente en marcha que conlleve a mantener las unidades en mejor estado y sobre todo a no exceder su vida útil. Es posible solicitar el apoyo del Programa Federal de Chatarrización, que otorga estímulos fiscales a la destrucción de vehículos que ya sobrepasaron su vida útil. Su propósito es facilitar a los transportistas la renovación y modernización de sus vehículos, mediante un estímulo fiscal que el Gobierno Federal ofrece y que se traduce en parte de un enganche o en una reducción en los pagos que se realizan por la unidad nueva o usada.

Tabla 3.3. Cuantificación de medidas de optimización.

Problema	Medidas Administrativas	Situación Actual	Situación Optimizada
Sobre oferta de servicio	Optimización operativa: ajustar el parque vehicular en función de la demanda estimada en la Sección de Máxima Demanda un sentido.	2,009 vehículos	1,124 vehículos
Tiempos de recorrido elevados	Optimización semafórica que conlleve a agilizar la circulación vehicular.	13 km/h (promedio en hora pico)	14 km/h (promedio en hora pico)
Ineficiencia operacional y contaminación	Supervisión y control para que la vida útil del parque vehicular no sobrepase los 10 años.	7.5 años edad promedio	3.4 años edad promedio

Fuente: Spectron Desarrollo, S.C., Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte Sur de la Zona Metropolitana de Puebla 2012.

Si bien estas medidas permitirían reducir los costos promedio de operación vehicular por kilómetro recorrido de \$12.94 a \$10.97 (\$/km), apenas reducirían los tiempos de viaje en relación con la situación actual.

Para implementar las optimizaciones se cambiará y mejorará la señalización de la avenida 11 Norte Sur y de la avenida 16 de Septiembre. Así mismo se actualizará la semaforización para hacerla inteligente y programada. Llevar a cabo eso tendrá un costo de \$43'883,620, como lo muestra la **Tabla 3.** Esta inversión será menor al 5% de la inversión propuesta para el proyecto.

Tabla 3.4. Cuantificación de medidas de optimización.

Concepto	Descripción	Cantidad	Unidades	Monto Total
Semaforización inteligente y programada	Coordinar los semáforos para optimizar el paso en los cruces conforme el tránsito existente. Permite que el tránsito fluya adecuadamente. Favorece el transporte público y privado.	45	pieza	11,328,000
Señalización y nomenclatura	Permite coordinar los cruces peatonales con los cruces del tránsito. Promueve la seguridad de los transeúntes y conductores.	153,310	m ²	32,555,620
Subcuenca 11 Norte Sur		109,200	m ²	11,963,620
Subcuenca 16 de Septiembre		44,110	m ²	20,592,000
Total		NA	NA	43,883,620

Fuente: Spectron Desarrollo, S.C., Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte-Sur de la Zona Metropolitana de Puebla 2012.

Crecimiento de la población de la ciudad y de las zonas urbanas

Para realizar la proyección de la demanda de viajes en la zona de influencia y segregarla a la demanda del proyecto a lo largo del horizonte de evaluación. Es decir se considera desde el año 2015, año en que comienza la operación del proyecto, hasta el 2044, último año considerado en el horizonte de evaluación.

La proyección considera que la demanda de viajes crecería en función de la población que habita en la zona de influencia de la cuenca Norte Sur. Bajo este supuesto se utilizó la tasa de crecimiento poblacional estimada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) de la región de interés; en particular, de los municipios que integran la ZMP. Cabe mencionar que la proyección que realiza CONAPO contiene información sólo hasta el 2030. Por esta razón, y sólo para los últimos 14 años de evaluación del proyecto (del

2031 al 2042), se estimó que la población continuaría creciendo a una tasa decreciente en 0.0454% cada año. Utilizando este supuesto sobre el crecimiento poblacional se obtuvieron los beneficios sociales para cada uno de los 30 años del proyecto que considera el horizonte de evaluación.

Tabla 3.5 Tasa de crecimiento de la población

Tasa de crecimiento de la población

Año	Tasa crecimiento de la ZMP
2013	1.57%
2014	1.51%
2015	1.46%
2016	1.41%
2017	1.36%
2018	1.31%
2019	1.26%
2020	1.22%
2021	1.17%
2022	1.13%
2023	1.08%
2024	1.04%
2025	0.99%
2026	0.95%
2027	0.90%
2028	0.86%
2029	0.81%
2030	0.77%
2031	0.72%
2032	0.68%
2033	0.63%
2034	0.59%
2035	0.54%
2036	0.50%
2037	0.45%
2038	0.40%
2039	0.36%
2040	0.31%
2041	0.27%
2042	0.22%

Tasa de crecimiento de la población

Año	Tasa crecimiento de la ZMP
2043	0.18%
2044	0.13%

Fuente: CONAPO, 2014

b) Análisis de la oferta sin proyecto de inversión en la situación optimizada

La importancia de la cuenca Norte Sur en el patrón de movilidad de la ciudad se torna evidente al considerar la oferta de vehículos disponibles para el servicio público que operan actualmente y la demanda de viajes diarios en la cuenca Norte Sur. La oferta de servicio de transporte público se compone de 2,009 vehículos de distinta capacidad, para atender una demanda de cerca de 593 mil viajes al día³, en un horario de 6:00 a 22:00 h de lunes a sábado y en horarios más reducidos los días festivos, recorriendo cada vehículo 153.9 km diarios en promedio, a una velocidad entre 13 y 16 km/h, por lo que el tiempo de viaje promedio asciende a 37.38 minutos.

Tras la optimización operativa, al seguir teniendo en la cuenca Norte Sur el mismo número de rutas (81) en operación, el recorrido de la mayoría seguiría siendo yuxtapuesto entre ellas y continuaría coincidiendo en la parte central de la ciudad.

Adicionalmente, la racionalización del parque vehicular provoca que cada vehículo recorra una mayor distancia para reemplazar el recorrido de los que han salido de circulación. Lo anterior no supone una reestructuración de rutas, sino que se da como consecuencia de la disminución en el intervalo de paso. En particular, la distancia recorrida por cada vehículo en la situación actual optimizada es en promedio un 2.5% mayor que el número de kilómetros recorridos en la situación actual sin optimizar. Por tanto, se logra hacer más eficiente la operación provocando una disminución de los costos de operación vehicular y de las emisiones de contaminantes a la atmósfera al transportar la misma demanda, pero con un menor parque vehicular.

Estas medidas de optimización no sólo permitirían racionalizar la oferta del servicio, y con ello reducir los costos de operación vehicular (véase **Tabla 3.**), sino también le permitirán a los usuarios del servicio destinar menor tiempo para su traslado, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

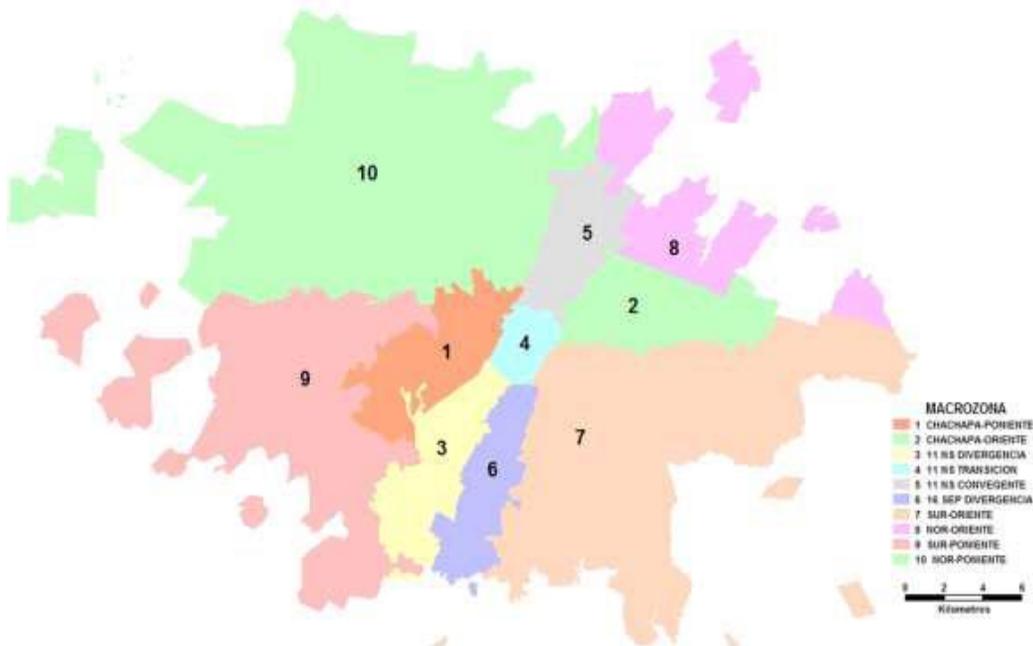
³ Viajes/día en el año 2013, excluye los transbordos que un pasajero debe realizar para llegar a su destino. esta cifra incluye los viajes realizados por las rutas remanentes (aquellas que cruzan la cuenca pero no tienen mayor relación con las vialidades 11 Norte Sur y 16 de Septiembre Blvd. Héroes del 5 de Mayo), mismos que no se toman en cuenta en la evaluación de la rentabilidad social.

Tabla 3.6. Tiempo de viaje de las rutas que operan en la cuenca Norte Sur.

Macrozona	Minutos		Ahorro
	Situación Actual	Situación Optimizada	
11 Norte Sur convergencia	26.38	24.35	2.03
11 Norte Sur divergencia	51.13	53.81	-2.68
11 Norte Sur transición	29.72	25.70	4.02
16 Septiembre	32.34	31.34	1.00
Chachapa Oriente	39.55	29.99	9.56
Chachapa Poniente	36.59	35.42	1.18
Norponiente	40.45	48.55	-8.10
Suroriente	42.88	33.65	9.24
Promedio	37.38	35.01	2.37

Fuente: Modelística S. A. de C. V. con información del estudio de movilidad de la Cuenca Norte Sur 2013.

Figura 55: Macrozonas de las rutas de la cuenca Norte Sur.



Fuente: Spectron Desarrollo S.C. con información del estudio de movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012.

11 Norte Sur convergencia: área norte de la cuenca, donde las rutas de ambas vialidades presentan recorridos yuxtapuestos con dirección norte sur.

11 Norte Sur transición: en el área del Centro Histórico, las rutas circulan sobre vialidades paralelas con un km de distancia entre ellas.

11 Norte Sur divergencia: en el extremo sur de la cuenca, las rutas circulan sobre vialidades cada vez más alejadas una de otra (1.5 km).

En resumen, de implementarse las medidas de optimización descritas anteriormente se lograría una reducción significativa en los costos de operación vehicular, sin embargo, el ahorro de tiempo de viaje promedio ascendería tan sólo a 2.37 minutos.

Tabla 3.7. Oferta de transporte público en la situación actual y situación optimizada.

Concepto	Situación Actual	Situación Optimizada	Δ Porcentual
Número de vehículos	2,009	1,124	44.05 %
Costo de operación vehicular (miles de pesos)	\$1,903	\$1,550	-18.55 %
Tiempo de viaje (min)	37.38	35.01	6.34

Fuente: Spectron Desarrollo, S. C., Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte Sur de la Zona Metropolitana de Puebla 2012.

Es posible concluir que estas medidas de optimización generarían beneficios directos: un número menor de vehículos, menos kilómetros recorridos y la disminución de los costos de operación vehicular; así como beneficios indirectos: menor contaminación atmosférica, visual y auditiva, una disminución de los congestionamientos y accidentes viales, un mejor nivel de servicio de las vialidades, así como un ahorro marginal en el tiempo de viaje.

De no llevarse a cabo el proyecto propuesto, cabría esperar que la oferta del servicio continuase presentando las mismas características que posee en la actualidad en los años por venir. Lo que podría modificarse marginalmente es el tamaño del parque vehicular y los recorridos de las rutas existentes.

Dado que el parque vehicular únicamente se puede expandir mediante el otorgamiento de una concesión por parte del Gobierno del Estado y el recorrido de cada ruta es autorizado por la Secretaría de Transportes, se esperaría que estas medidas fueran tomadas en función del crecimiento de la demanda y la expansión de la mancha urbana, de tal manera que se ajustase el tamaño del parque vehicular y sus recorridos a las necesidades de transporte de la población.

Durante el horizonte de evaluación del proyecto (2015-2045) la oferta irá incrementando en respuesta a la demanda proyectada desde 2015, año en que comienza la operación del proyecto, hasta el 2045, último año considerado en el horizonte de evaluación. Para realizar esta proyección se consideró que la demanda de viajes crecería en función de la

población que habita en la zona de influencia de la cuenca Norte Sur. Bajo este supuesto se utilizó la tasa de crecimiento poblacional estimada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) de la región de interés; en particular, de los municipios que integran la ZMP. La proyección de la demanda se explica más a detalle en la siguiente Sección.

El cálculo de la oferta y la demanda anualizada de las tablas 3.8, 3.10 y 3.11 se obtiene a través de los volúmenes de pasajeros obtenidos del modelo de redes (TransCad) mismo que se calibra para la hora de máxima demanda (HMD ambos sentidos). Esta información es expandida al día con un factor de 11 (valor que se obtiene del perfil de la demanda diaria del sistema, misma que contiene las horas pico y valle de 16 horas de operación), para finalmente ser anualizada con el factor de 330.

Tabla 3.8. Oferta a lo largo del horizonte de evaluación para la situación actual optimizada.

Año	Oferta (viajes por año*)
2015	124,674,000
2016	125,730,000
2017	126,786,000
2018	127,842,000
2019	128,898,000
2020	129,954,000
2021	131,010,000
2022	132,066,000
2023	133,122,000
2024	133,584,000
2025	134,046,000
2026	134,508,000
2027	134,970,000
2028	135,432,000
2029	135,894,000
2030	136,356,000
2031	136,818,000
2032	137,445,000
2033	138,072,000
2034	138,699,000
2035	139,326,000
2036	139,953,000
2037	140,580,000
2038	141,207,000

Año	Oferta (viajes por año*)
2039	141,834,000
2040	142,461,000
2041	143,088,000
2042	143,715,000
2043	144,342,000
2044	144,969,000
2045	145,596,000
Total	4,222,977,000

Nota: *Un viaje equivale a un pasajero con un origen, un destino y un solo motivo.

Fuente: Spectron Desarrollo S. C con información del Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte Sur 2012.

En la siguiente tabla se muestran los datos de oferta en la hora de máxima demanda (HMD ambos sentidos) por ruta en el escenario sin proyecto:

Tabla 3.9 Oferta por ruta

Ruta	Longitud	Velocidad	Tiempo de ciclo	Capacidad de la unidad
C6	32	15	128	40
D07	17	14	74	40
D10	16	13	74	40
D11	16	12	78	40
D12	16	15	62	40
D12.1	21	15	84	40
D13	22	14	92	40
D22	32	12	162	40
D22.1	32	15	127	40
D23	40	16	152	40
D24	44	16	166	40
N01	22	13	103	40
N11	26	13	119	40
N12	27	16	102	40
N13	26	15	103	40
N14	40	17	139	40
N15	41	13	188	40
N17	30	15	119	40
N18	28	15	111	40
N23	31	14	132	40
N23.1	30	13	140	40
N25	20	15	80	40

Ruta	Longitud	Velocidad	Tiempo de ciclo	Capacidad de la unidad
N25.1	22	14	94	40
N27	21	13	96	40
N27.1	20	15	78	40
N27.2	21	13	97	40
N27.3	19	13	89	40
N32.1	40	24	99	40
N32.2	41	13	187	40
OP05	39	15	156	40
S01	36	17	127	40
S02	35	16	133	40
S03	36	14	155	40
S04	31	15	122	40
S05	36	25	86	40
S06	29	14	126	40
S07	37	16	139	40
S08	33	13	153	40
S09	30	17	105	40
S10	31	19	98	40
S11	36	16	133	40
S11.1	48	16	178	40
S11.3	32	16	119	40
S13	33	19	104	40
S15	37	12	183	40
S16	36	16	136	40
S17	50	15	200	40
S17.1	50	17	176	40
S17.2	48	16	179	40
S17.3	50	17	177	40
S18	32	16	120	40
S19	27	14	116	40
S22	25	13	115	40
S22.1	35	15	141	40
S23	43	16	162	40
S23.1	52	16	194	40
S25	34	15	136	40
S26.1	28	12	142	40
S26.2	36	16	135	40
S27	25	12	123	40
S28	33	14	143	40
S33	35	16	133	40

Ruta	Longitud	Velocidad	Tiempo de ciclo	Capacidad de la unidad
S34	40	16	150	40
S35	37	14	160	40
S37	28	14	119	40
S38	35	14	152	40
S39	46	15	186	40
S40	46	14	198	40
S42	22	18	73	40
S43	35	16	130	40
V01	28	12	139	40
V02	27	13	124	40
V03	31	14	131	40
V08	75	27	167	40
V08.1	82	12	409	40
V09	65	15	262	40
V18	24	15	97	40
V22	39	15	155	40
V24	24	15	96	40

c) Análisis de la demanda sin proyecto de inversión en la situación optimizada

Es importante mencionar que la demanda del servicio de transporte público continuará incrementándose en función directa del crecimiento demográfico que se registre en la ZMP en los siguientes años, según la proyección estimada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO).

Cabe recordar que el 27.8% de los residentes están en edad escolar y que el 56.0% son miembros de la fuerza de trabajo, poblaciones ambas que demandan cotidianamente el servicio de transporte, independientemente de las condiciones que presente la oferta del mismo.

Para el año 2015, se registrará en la cuenca Norte Sur, una demanda de 364,149 viajes al día, con dirección norte sur en vehículos que circulan sobre las vías 11 Norte Sur, 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo y en las rutas auxiliares transversales que las interconectan.

Tabla 3.10. Demanda diaria efectiva de la Situación Actual Optimizada (2015)

Cobertura Geográfica	Demanda	
	(Viajes*/día)	%
11 Norte Sur , 16 Septiembre, Blvd. Héroes del 5 de Mayo y rutas auxiliares transversales	331,589	22%
Total Cuenca Norte-Sur	592,863	100%

Nota: *Un viaje equivale a un pasajero con un origen, un destino y un solo motivo.

Fuente: Spectron Desarrollo, S.C., Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte-Sur de la Zona Metropolitana de Puebla 2012.

Dado que el proyecto propuesto tiene como objetivo contribuir a mejorar la movilidad en la cuenca Norte Sur durante los próximos 30 años, se torna necesario pronosticar la demanda de transporte que se espera atender en ese periodo.

Para ello, se proyectó la demanda del servicio de transporte público en la cuenca considerando como base la demanda estimada en el Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur 2012. Adicionalmente, se utilizaron las tasas de crecimiento demográfico que el Consejo Nacional de Población estima se registrarán en los Municipios que conforman la ZMP durante el periodo 2010-2030, y suponiendo que para los años comprendidos entre el 2031 y el 2045, la población continuará creciendo a la misma tasa que la estimada para el año 2030.

Tabla 3.11. Demanda efectiva anual a lo largo del horizonte de evaluación para la situación actual optimizada

Año	Demanda Efectiva
2015	120,169,008
2016	122,039,781
2017	123,755,146
2018	125,435,500
2019	127,078,394
2020	128,683,161
2021	130,249,521
2022	131,778,310
2023	133,266,244
2024	134,710,706
2025	136,109,582
2026	137,461,090
2027	138,764,062
2028	140,016,827

Año	Demanda Efectiva
2029	141,217,660
2030	142,365,616
2031	143,458,300
2032	144,494,240
2033	145,406,460
2034	146,324,440
2035	147,181,783
2036	147,977,329
2037	148,709,994
2038	149,378,772
2039	149,982,739
2040	150,521,057
2041	150,992,970
2042	151,397,811
2043	151,735,004
2044	152,004,059
2045	152,204,582
Total	4,344,870,148

Fuente: Spectron Desarrollo, S.C., Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte-Sur de la Zona Metropolitana de Puebla 2012, CONAPO, Proyecciones de la Población 2005-2030; INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

A continuación, se detalla la demanda para cada uno de los componentes de la situación con proyecto:

Tabla 3.12. Demanda diaria

	11 Norte Sur	16 Septiembre y Blvd. Héroes del 5 Mayo	Total
Exclusiva en troncales	60,166	85,275	145,441
Alimentadoras con transbordo	97,431	62,687	160,118
Auxiliares transversales con transbordo	19,522	6,507	26,029
Sistema integral: 11 Norte Sur / 16 Septiembre - Blvd. Héroes del 5 Mayo	177,119	154,469	331,588

Fuente: Spectron Desarrollo, S.C., Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte Sur de la Zona Metropolitana de Puebla 2012.

En la siguiente tabla se muestran los datos de demanda en hora de máxima demanda (HMD ambos sentidos) y al día por ruta en el escenario sin proyecto:

Tabla 3.13. Demanda por ruta

Ruta	Demanda en HMD ambos sentidos	Sección de Máxima Demanda un sentido	Intervalo	Demanda al día
C6	542	316	15	5,199
D07	57	55	15	543
D10	55	37	15	524
D11	211	131	15	2,023
D12	88	67	15	848
D12.1	161	49	15	1,541
D13	34	22	15	326
D22	103	38	15	994
D22.1	565	363	13	5,428
D23	2,282	668	9	21,907
D24	335	125	15	3,217
N01	259	175	15	2,482
N11	222	113	15	2,132
N12	153	80	15	1,473
N13	312	95	15	2,994
N14	280	103	15	2,692
N15	247	107	15	2,373
N17	184	99	15	1,765
N18	882	448	9	8,466
N23	221	101	15	2,121
N23.1	85	38	15	815
N25	126	110	15	1,205
N25.1	3	2	15	27
N27	177	97	15	1,697
N27.1	104	61	15	994
N27.2	192	131	15	1,848
N27.3	226	87	15	2,168
N32.1	171	83	15	1,644
N32.2	226	181	15	2,166
OP05	254	109	15	2,442
S01	3,597	1,702	3	34,530
S02	2,742	1,435	4	26,321
S03	120	89	15	1,150
S04	965	591	8	9,267

Ruta	Demanda en HMD ambos sentidos	Sección de Máxima Demanda un sentido	Intervalo	Demanda al día
S05	597	249	12	5,730
S06	949	461	11	9,110
S07	1,060	386	14	10,173
S08	185	90	15	1,773
S09	81	50	15	780
S10	2,122	811	5	20,367
S11	1,800	1,002	5	17,275
S11.1	234	142	15	2,251
S11.3	726	335	13	6,970
S13	1,078	332	12	10,351
S15	293	219	15	2,811
S16	130	67	15	1,247
S17	205	41	15	1,965
S17.1	227	49	15	2,180
S17.2	286	175	15	2,745
S17.3	203	43	15	1,946
S18	299	123	15	2,875
S19	242	112	15	2,324
S22	469	187	15	4,507
S22.1	407	209	15	3,908
S23	827	691	9	7,940
S23.1	863	649	11	8,287
S25	1,174	388	14	11,269
S26.1	221	78	15	2,121
S26.2	280	122	15	2,684
S27	2,335	759	6	22,421
S28	428	241	15	4,113
S33	505	203	15	4,848
S34	275	136	15	2,644
S35	938	369	15	9,008
S37	458	191	15	4,397
S38	862	389	15	8,277
S39	3,715	1,217	6	35,660
S40	1,260	266	15	12,098
S42	355	242	10	3,406
S43	391	315	15	3,756
V01	227	138	15	2,181
V02	107	84	15	1,030

Ruta	Demanda en HMD ambos sentidos	Sección de Máxima Demanda un sentido	Intervalo	Demanda al día
V03	1,663	553	9	15,968
V08	182	88	15	1,745
V08.1	184	83	15	1,769
V09	214	125	15	2,057
V18	110	96	15	1,057
V22	990	468	13	9,502
V24	481	254	14	4,617

d) Diagnóstico de interacción de la oferta y la demanda con optimizaciones.

Metodología, supuestos y herramientas utilizadas en la estimación de la oferta y la demanda en la situación sin proyecto.

La estimación de la oferta y la demanda de la situación sin proyecto parte de la metodología empleada en la situación actual, la que a su vez se sustenta en el Método de Asignación a Redes, que permite asignar los viajes a una red de vialidades y a un conjunto de rutas de transporte público, a partir de sus características de desempeño.

El proceso de modelado se llevó a cabo con TransCad 5.2. A continuación se describen los elementos más relevantes del proceso de modelación y la simulación entendida como la asignación de viajes a la red de transporte.

Caracterización de la demanda

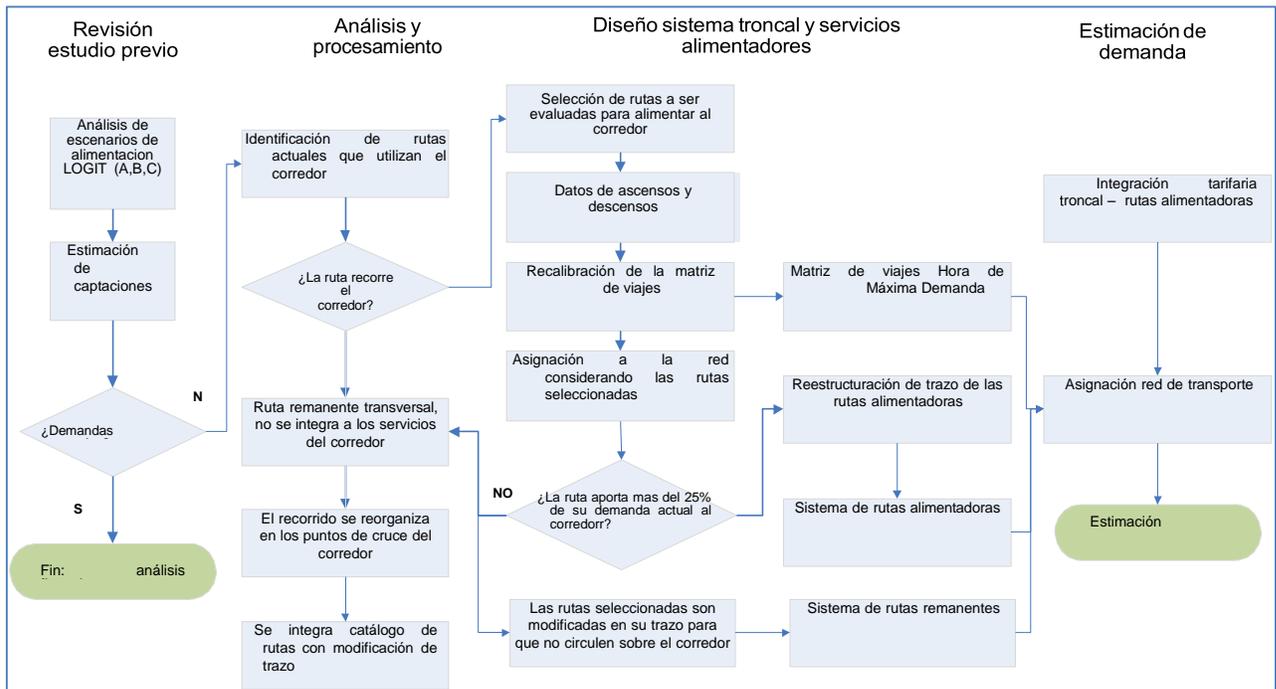
La estimación de la demanda para la situación sin proyecto se obtuvo a través de la metodología sintetizada en la siguiente figura. El enfoque utilizado para desarrollarla fue la modelación a nivel ruta y a nivel de usuario que consiste en representar toda la red actual de rutas, la red de vialidades y la demanda de los usuarios del transporte público en las condiciones más críticas de funcionamiento, correspondientes al periodo de máxima demanda. Para ello, se llevaron a cabo las siguientes actividades y en su caso estudios de campo:

- Área de estudio y su zonificación



- Ejes troncales y alimentadores de transporte público
- Análisis y procesamiento de la información
- Modelación inicial
- Calibración y ajuste del modelo

Figura 56 Metodología empleada para estimar la demanda de pasajeros en cada escenario.



Caracterización de la oferta

El dimensionamiento del parque vehicular generalmente se realiza para el periodo horario más crítico del día en el que se tiene el mayor volumen de usuarios del servicio de transporte público. De esta manera se garantiza que existirá la suficiente oferta de espacios (flota vehicular) para atender a la totalidad de usuarios de este periodo y también para el resto de periodos del día. Es importante considerar, que el número de usuarios varía durante el día. Por ello, habrá periodos horarios con demanda alta y baja. Para hacer corresponder la oferta de espacios en estos últimos periodos se incrementa el intervalo de paso y con ello, se reduce el número de unidades en circulación haciendo corresponder de esta manera la oferta de espacios con el número de usuarios de cada periodo. Esta parte de la operación de un servicio de transporte se denomina programación del servicio.

- a. Se determina el número de servicios requeridos para atender la sección de máxima demanda un sentido a través de la relación usuarios en la sección de máxima demanda un sentido entre capacidad de la unidad.
- b. Se obtiene el intervalo de paso a través de la relación entre el tiempo de ciclo y el número de servicios requeridos,
- c. Se estima el número de unidades con la relación tiempo de ciclo entre intervalo de paso.

Durante este proceso, se incorporan criterios de intervalos de paso mínimo y de ajuste a intervalos factibles para la programación del servicio así como el redondeo del número de unidades para obtener un número entero. Una vez determinados los parámetros de operación de cada una de las rutas que conforman el sistema de transporte, se procede a asignar la matriz de viajes a dicho sistema con la ayuda de la herramienta de simulación ya referida.

Dicho proceso de asignación es iterativo, a través de los algoritmos internos a la herramienta de simulación se determina, dado el origen de un viaje, cual es la ruta o conjunto de rutas óptimas que el usuario debe utilizar para llegar a su destino. El concepto óptimo se define como aquella que consume la menor cantidad de recursos expresado en términos de tiempo de viaje y tarifa pagada por el usuario. El término tiempo de viaje incluye, como se ha referido anteriormente, el tiempo que transcurre a bordo de la unidad, el tiempo de espera para abordarla y el tiempo que implica realizar un trasbordo. Es importante mencionar que el tiempo a bordo de la unidad depende de la ruta elegida y sus características de operación en tanto que el tiempo de espera depende del intervalo de paso de la ruta y el tiempo de trasbordo de la distancia a la que se encuentre la ruta a la cual el usuario trasborda.

En el caso de la situación sin proyecto cada uno de las rutas operará bajo los criterios de optimización operativa en el que se hace corresponder el número de servicios con la sección de máxima demanda un sentido. Sin embargo, el concesionario de la operación de cada uno de los servicios dispondrá de cierta flexibilidad para adecuar sus programas de servicio a medida de mantener la eficiencia operativa pero respetando el servicio mínimo establecido a 15 minutos de intervalo de paso como máximo entre dos servicios consecutivos.

Dado que en la mayoría de las rutas se encontró una sobreoferta del servicio, el resultado obtenido es la reducción del parque vehicular actual que pasaría de 2,009 unidades a 1,124. El diferencial de unidades resultante corresponde a las unidades a retirar de la circulación en la situación optimizada (885 vehículos) con el consecuente ahorro de kilómetros recorridos y por lo tanto ahorros de costos de operación vehicular.

La secuencia de criterios para definir que unidades se retiran para disminuir el parque vehicular consiste en:

- a. eliminar primeramente aquellas que rebasan la antigüedad de 10 años (actualmente muchas unidades operan fuera de la vida útil autorizada), enseguida

- b. eliminar las unidades de mayor antigüedad iniciando por los vehículos tipo van hasta un límite de edad de 5 años y
- c. eliminar las unidades de mayor antigüedad continuando por los vehículos tipo autobús.

A partir de esta secuencia, se logra eliminar las 885 unidades excedentes de las requeridas. En términos de la base datos, este ejercicio consiste en marcar a través de una variable latente (0 si se elimina, 1 si se mantiene operando) la base de datos conformada por las 2009 unidades y nuevamente multiplicar los kilómetros recorridos diarios por el número de días de operación y por el costo de operación. Es importante hacer notar que en este caso existirá una doble reducción de los costos de operación. En primer lugar, la reducción derivada de un menor número de kilómetros recorridos al tener menos unidades en operación y en segundo lugar, por la disminución del costo de operación por se al contar con vehículos con menor antigüedad que son los que tienen los costos de operación más bajo respecto a las unidades de mayor antigüedad.

Costos de operación vehicular

El costo de operación en situación sin proyecto se determinó a partir de realizar la optimización operativa para cada una de las rutas actuales. Los costos de operación vehicular para las unidades de transporte público se calcularon a través del software VOCMEX desarrollado por el Banco Mundial y posteriormente adaptados para el caso Mexicano.

Toda esta información así como la descripción de los parámetros y valores estandarizados se encuentran en la "Publicación Técnica 282", emitida por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) que tiene por nombre "Costos de Operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano" cuyos autores son Roberto Aguerrebere Salido y José Antonio Arroyo Osorno y de "Estructura de Costos Operativos de Vehículos Automotores- Año 2009", elaborado por la Dirección Nacional de Transporte de Paraguay, por Clemente Sanabria y José Luis González Vernazza.

En las siguientes tablas se indican los valores utilizados para determinar los costos de operación tomando como base el modelo Vocmex para los dos tipos de vehículos utilizados actualmente en la cuenca Norte Sur.

Características de la vialidad.

Podrá notarse que la superficie considerada es pavimento en un IRI de grado 4.5. Se asume que el terreno prácticamente es plano y que se tienen dos carriles efectivos de circulación por sentido. La altitud media supuesta fue de 2,140 metros sobre el nivel medio del mar.

Características del vehículo.

En relación a las características del vehículo se tomaron los valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) “Costos de Operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2014”. En el cuadro de la parte inferior se indican dichas características.

Uso de llantas

En relación al consumo de llantas se emplearon los siguientes valores según el tipo de vehículo que se indica. Estos valores son estándares y están predefinidos. En este caso se supone un proceso de renovación de las llantas para prolongar su vida útil.

Utilización del vehículo

Para determinar el uso del vehículo se asume que el vehículo recorre diariamente 250 kilómetros en promedio y que labora alrededor de 330 días descontando fines de semana, días festivos y reparaciones más un 5% por trayectos muertos fuera de la operación esto es 86,625 kilómetros.

En cuanto a las horas de operación se asume un servicio promedio de 6 de la mañana a 9 de la noche, esto es 15 horas diarias durante 330 días lo que asciende a 4,950 horas anuales de operación.

En cuanto a la edad del vehículo en kilómetros es un parámetro que se modifica en función de la antigüedad de la unidad. Al final del presente documento se indica los costos de operación para la vida útil de 10 años.

Recursos utilizados

En la tabla de la parte inferior se indican el volumen de insumos necesarios para la producción del servicio. Conforme a los datos requeridos por el VocMex se indican los combustibles, lubricantes, llantas, repuestos, mantenimiento con refacciones y tasas de interés considerando la depreciación del vehículo.

Costos unitarios

Para cuantificar los costos de operación es necesario especificar en el VOcMex el costo de los insumos para la producción. Se incluye en esta valoración tanto los costos indirectos por veh-km como el costo del tiempo del operador. Se excluyen del cálculo el tiempo de los usuarios el cual se calcula de forma directa con el modelo de asignación.

Tabla 3.14. Estimación del Costo de Operación Vehicular para cada tipo de vehículo

1. Características de la carretera

	Concepto	Particular	Van	Midibus	Autobús
1	Tipo de superficie	1.00	1.00	1.00	1.00
2	Rugosidad promedio (IIR)	4.50	4.50	4.50	4.50
3	Pendiente media ascendente	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Pendiente media descendente	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Proporción de viaje ascendente	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Curvatura horizontal promedio	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Sobrevaloración promedio (peralte)	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Altitud del terreno	2140.00	2140.00	2140.00	2140.00
9	Número efectivo de carriles	0.00	0.00	0.00	0.00

* (Valor de "default" del programa en función de la curvatura)

Selección del vehículo Tipo de vehículo:	2.00	4.00	5.00	5.00
--	------	------	------	------

2. Características del Vehículo

	Concepto	Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	Peso del vehículo vacío	1,680.00	1,680.00	17,500.00	17,500.00
2	Carga útil	1,030.00	1,030.00	7,500.00	7,500.00
3	Potencia máxima en operación	63.87	63.87	288.95	288.95
4	Potencia máxima del freno	51.91	51.91	333.56	333.56
5	Velocidad deseada	55.00	24.00	23.80	22.50
6	Coefficiente aerodinámico de arrastre	0.46	0.46	0.65	0.65
7	Área frontal proyectada	2.58	2.58	6.98	6.98
8	Velocidad calibrada del motor	3,700.00	3,700.00	1,700.00	1,700.00
9	Factor de eficiencia energética	0.80	0.80	0.80	0.80
10	Factor de ajuste de combustible	1.16	1.16	1.15	1.15

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014")

3. Características de los Neumáticos

	Concepto	Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	Número de llantas por vehículo	4.00	4.00	4.00	6.00
2	Volumen de hule utilizable por llanta	-	-	6.85	6.85
3	Costo de renovación/costo llanta nueva	0.38	0.38	0.33	0.33
4	Máximo número de renovaciones	-	-	2.39	2.39

5	Término const. del modelo de desgaste	-	-	0.16	0.16
6	Coefficiente de desgaste	-	-	12.78	12.78

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014")

4. Datos sobre la Utilización del Vehículo

	Concepto	Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	Número de km conducidos por año	20000.00	50,000.00	73,500.00	120,000.00
2	Número de horas conducidas por año	1716.00	4,950.00	4,950.00	4,950.00
3	Índice de utilización horaria	0.60	0.60	0.80	0.80
4	Vida útil promedio de servicio	6.00	6.00	8.00	8.00
5	¿Usar vida útil constante?	1.00	1.00	1.00	1.00
6	Edad del vehículo en kilómetros	70000.00	70,000.00	750,000.00	750,000.00
7	Número de pasajeros por vehículo	2.00	12.00	19.00	25.00

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014")

5. Costos Unitarios (Precios 2010)

	Concepto	Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	Precio del vehículo nuevo	212152.00	305,157.00	549,516.00	961,510.00
2	Costo del combustible	13.57	13.57	14.20	14.20
3	Costo de los lubricantes	26.26	26.38	25.87	25.87
4	Costo por llanta nueva	909.59	924.00	2,714.04	2,714.04
5	Tiempo de los operarios	22.97	23.11	66.19	66.19
6	Tiempo de los pasajeros	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Mano de obra de mantenimiento	21.70	21.84	56.77	56.77
8	Retención de la carga	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Tasa de interés anual	2.56	2.56	2.56	2.56
10	Costos indirectos por vehículo-km	0.33	0.35	1.06	1.06

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014")

6. Coeficientes adicionales

	Concepto	Particular	Van**	Midibus	Autobús**
1	KP		0.31	0.31	0.48
2	Cpo	10E-6	32.49	32.49	1.77
3	CPq	10E-3	13.70	13.70	3.56
4	QIPo		120.00	120.00	190.00
5	Clo		77.14	77.14	293.44
6	CLp		0.55	0.55	0.52

7	CLq		0.00	0.00	0.01	0.01
8	Coo		1.55	1.55	3.07	3.07
9	FRATIOo		0.22	0.22	0.23	0.23
10	FRATIO1	10E-4	0.00	0.00	0.00	0.00
11	ARMAX		239.70	239.70	212.80	212.80
1	BW		1.00	1.00	1.00	1.00
2	BETA		0.31	0.31	0.27	0.27
3	EO		1.00	1.00	1.01	1.01
4	Ao		6014.00	6014.00	-7276.00	-7276.00
5	A1		37.60	37.60	63.50	63.50
6	A2		0.00	0.00	0.00	0.00
7	A3		3846.00	3846.00	4323.00	4323.00
8	A4		1.40	1.40	0.00	0.00
9	A5		0.00	0.00	8.64	8.64
10	A6		3604.00	3604.00	2479.00	2479.00
11	A7		0.00	0.00	11.50	11.50
12	NHO		-12.00	-12.00	-50.00	-50.00

** (Valores obtenidos del Instituto Mexicano del Transporte, "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2014")

7. Consumo por cada 1000 vehículo-km

	Concepto	Particular	Van	Midibus	Autobús
1	Consumo de combustible	181.35	278.76	357.69	364.25
2	Uso de lubricantes	2.23	2.23	3.75	3.75
3	Consumo de llantas	0.08	0.08	0.13	0.16
4	Tiempo de operador	18.44	41.58	41.56	43.95
5	Mano de obra de mantenimiento	2.75	2.75	14.04	14.04
6	Refacciones	0.22	0.22	0.15	0.15
7	Depreciación	0.44	0.22	0.12	0.11
8	Intereses	0.03	0.02	0.01	0.01

8. Impacto de los consumos por cada 1000 vehículo-km

	Concepto	Particular	Van	Midibus	Autobús
1	Consumo de combustible	2460.96	3,782.78	5079.16	5172.31
2	Uso de lubricantes	58.53	58.80	96.98	96.98
3	Consumo de llantas	70.64	71.76	340.42	426.73
4	Tiempo de operador	423.46	960.94	2750.92	2909.31
5	Mano de obra de mantenimiento	59.61	60.00	796.90	796.90
6	Refacciones	477.26	686.48	824.24	1442.21

7	Depreciación	935.09	663.21	648.29	1054.09
8	Interés	71.82	50.93	66.39	107.94
9	Costos indirectos	330.00	350.00	1060.00	1060.00

9. Costos Unitarios (Precios 2015)

	Concepto	Particular	Van	Midibus	Autobús
1	Precio de vehículo nuevo	212152.00	305,157.00	549516.00	961510.00
2	Costo de combustible	13.57	13.57	14.20	14.20
3	Costo de lubricantes	26.26	26.38	25.87	25.87
4	Costo de llanta nueva	909.59	924.00	2714.04	2714.04
5	Tiempo de operador	22.97	23.11	66.19	66.19
6	Mano de obra de mantenimiento	21.70	21.84	56.77	56.77
7	Tasa de interés anual	2.56	2.56	2.56	2.56
8	Costos indirectos por vehículo-km	0.33	0.35	1.06	1.06

Costo de Operación (pesos por vehículo-km)

\$ 4.89	\$ 6.68	\$ 11.66	\$ 13.06
---------	---------	----------	----------

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Tiempo de viaje

La estimación del número de unidades requeridas para atender a los pasajeros de un servicio de transporte está definida por tres variables: el tiempo que tarda la unidad en hacer un recorrido completo de ida y vuelta a su base (tiempo de ciclo), el número máximo de pasajeros que se encuentra a bordo de la unidad durante su recorrido (sección de máxima demanda un sentido) y el número de lugares (sentados y de pie) que disponen las unidades que prestan el servicio (capacidad del vehículo).

Las variables mencionadas, en el caso de rutas existentes, se obtienen directamente en el terreno a través de estudios de transporte en los que se obtiene una muestra del conjunto de servicios que se prestan en una ruta. Así la sección de máxima demanda un sentido y la capacidad se obtiene de un estudio de ascensos y descensos en tanto que los tiempos de ciclo se obtienen a través de estudios de tiempos de recorrido. Cabe mencionar, que la capacidad de las unidades también puede ser obtenida de las especificaciones del fabricante cuando se trate de vehículos nuevos o distintos a las unidades típicas.

En el caso de rutas nuevas o de la reestructuración de un sistema de rutas (como es el caso del sistema de transporte integrado de la cuenca Norte Sur), se recurre a modelos de simulación para redes de transporte dado que el número de pasajeros en cada ruta varía en función de su origen - destino (demanda) y las características de desempeño de cada ruta expresada en términos de tiempo de recorrido, tiempo de espera para abordar

la unidad y tiempo que se tarda la persona para realizar el trasbordo en caso que así lo requiera.

Todas estas variables son tomadas en cuenta en un proceso de asignación de pasajeros a las rutas en el que el criterio de selección corresponde a aquella que ofrece el menor tiempo de viaje considerando las tres componentes de tiempo indicadas y la tarifa del servicio. Luego del proceso de asignación el modelo de asignación a redes entrega: la sección de máxima demanda un sentido, el volumen de pasajeros esperados durante el periodo modelado y el tiempo de ciclo. La capacidad de las unidades se define durante un proceso iterativo que es función de la solución tecnológica elegida (autobuses ordinarios, autobuses articulados de 160 pasajeros) y de los intervalos de paso que resulten. Es justamente en esta etapa donde existen grados de libertad para definir el diseño. Si se emplean unidades de gran capacidad se aumenta el tiempo en que pasan dos unidades consecutivas (intervalo de paso) y con ello los tiempos de espera del usuario se incrementan. Caso contrario, unidades de baja capacidad reducen el intervalo de paso pero se requieren más unidades para atender la sección de máxima demanda un sentido lo cual incrementaría la congestión en la vía con lo que también se afectan los tiempos de recorrido del usuario. Un diseño eficiente consiste pues en elegir correctamente el tamaño de la unidad y con ello el intervalo de paso que minimice el tiempo de recorrido del conjunto de usuarios.

Con la información de la sección de máxima demanda un sentido, el tiempo de ciclo y la capacidad de la unidad se procede a determinar el número de vehículos necesarios para cada ruta de transporte siguiendo la siguiente secuencia:

El proceso de asignación se detiene en el momento que el modelo converge a una solución única. Es decir, cuando se alcanza un criterio de equilibrio en el sistema y los resultados de la iteración previa y actual se mantiene estable.

El criterio de equilibrio empleado para el diseño de sistemas de transporte es el llamado primer principio de Wardrop o equilibrio del usuario. Este criterio establece que “al equilibrio, ningún usuario puede reducir su costo de viaje como resultado de un cambio de ruta”. En este caso, el costo de viaje o “costo generalizado de viaje” es el recurso referido previamente que cuantitativamente es un valor expresado en términos monetarios. Este resulta de la suma del tiempo de viaje multiplicado por el valor unitario del tiempo más las tarifas incurridas por el uso del servicio.

El valor unitario del tiempo en el caso de la evaluación social de proyectos y el análisis costo-beneficio es el valor definido por el CEPEP. El algoritmo del programa de asignación va designando, en función del par origen-destino de cada usuario, las rutas óptimas y comparando iteración por iteración si la designación para todos los viajes contenidos en la matriz origen-destino corresponden a este criterio de equilibrio.

Una vez alcanzado el equilibrio, la herramienta de simulación entrega para cada par origen-destino el tiempo de viaje descompuesto en tiempos de viaje a bordo de las unidades, tiempo de espera y tiempo de trasbordo.

Para obtener los ahorros de tiempo entre la situación sin proyecto, se define el trazo y número de rutas de cada situación, se realiza todo el proceso de dimensionamiento del sistema de rutas ya referido, se asigna la matriz de viajes de la situación actual y se obtiene como resultado los tiempos de viaje con las componentes mencionadas. Los ahorros de tiempo se obtienen por diferencia entre los tiempos de viajes del mismo par origen-destino para dos situaciones distintas.

En la tabla de la parte inferior, se muestra un segmento de la base de datos que contiene la matriz de viajes para 2015 representada por 4,012 pares origen-destino. Dichos pares están agregados espacialmente a nivel de colonia. En dicha tabla se observa la colonia de origen, la colonia de destino el total de viajes de ese par (viajes), el tiempo de recorrido en condiciones actuales, el tiempo de espera en condiciones actuales y el tiempo de trasbordo y los valores análogas en situación optimizada. Para el mismo horizonte de evaluación (2015 en el ejemplo), la situación actual, optimizada y con proyecto mantiene los mismos viajes para el mismo par origen destino. Podrá notarse que la variación de tiempos entre la situación actual y optimizada para los 6 pares mostrados es marginal aunque los tiempos de espera son mayores en la situación optimizada. Lo anterior se deriva de la reducción del número de unidades lo cual lleva a incrementar los intervalos de paso y con ello los tiempos de espera. Los tiempos de trasbordo son prácticamente nulos en dicho ejemplo ya que los viajes son directos y no requieren de trasbordos para concretarlos. Es importante mencionar que en la tabla todos los valores están expresados en minutos.

Tabla 3.15. Segmento de base de datos de matriz de viajes al 2015.

Colonia de origen	Colonia de destino	No. de viajes por par Origen-Destino	Tiempo de trasbordo en situación actual	Tiempo de espera en situación actual	Tiempo de recorrido en situación actual	Tiempo de trasbordo en situación sin proyecto	Tiempo de espera en situación sin proyecto	Tiempo de recorrido en situación sin proyecto
San Buenaventura Nealtican	Reforma	13	37.19	0	0	37.04	0	0
San Buenaventura	San Pablo Xochimehuacán	12	37.19	0	0	37.04	0	0
Cholula	Altamirano	1	37.19	0	0	37.04	0	0
San Nicolás	Zona Comercial Angelopolis	92.73	51.15	2	0	51.24	6	0
Valle del Paraíso	Castillotla	2.13	5.63	7.5	0	5.63	7.5	0
Valle del Paraíso	Agua Santa	9.06	21.86	7.5	0	21.86	7.5	0

Para determinar los ahorros de tiempo a lo largo de la duración de vida útil del proyecto (30 años), se proyecta la matriz origen-destino que replica las condiciones actuales a diferentes horizontes de tiempo tomando como base las tasas de crecimiento de la población estimadas por CONAPO. Las tasas de crecimiento se aplican de forma

tendencial suponiendo un crecimiento homotético de la matriz de viajes (distribución espacial de viajes constante). A cada horizonte de tiempo de análisis se reasigna la matriz de viajes al sistema de rutas, se redimensionan las mismas siguiendo la secuencia ya descrita y se vuelve a asignar dicha matriz para obtener los tiempos de viajes, espera y trasbordo a cada horizonte. Por diferencia entre las diferentes de tiempos entre e mismo par origen-destino para los escenarios analizados se obtienen los ahorros de tiempo los cuales se monetizan multiplicando por el valor social de tiempo ya referido.

Análisis de la interacción de la oferta y la demanda en situación sin proyecto

La ineficiente operación del sistema de transporte público, caracterizada por una sobre oferta del servicio en el horario valle, una alta frecuencia de paso en horario valle, por innumerables paradas en sitios no especificados, la inadecuada sincronización semafórica, una baja velocidad de cruce, la falta de señalización y la invasión de carriles no destinados para su circulación, conlleva a un incremento en:

- los costos de operación vehicular;
- el tiempo de viaje y;
- los costos generalizados de viaje.

Tanto para las unidades de transporte público como para los vehículos particulares.

Tabla 3.16 Indicadores de Eficiencia del Actual Sistema de Transporte Público.

Indicadores	Situación Actual (2012)	Situación Optimizada (2015)
Costos de operación vehicular (miles de pesos)	\$1,903	\$1,550
Tiempo de viaje (min)	37.38	35.01

Fuente: Modelística S. A. de C.V. con información del modelo de transporte público de los troncales 11 Norte Sur y 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo, 2012.

La siguiente tabla muestra la interacción de la oferta y la demanda a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto (2015-2045).

Tabla 3.11. Interacción entre la oferta y la demanda efectiva anual a lo largo del horizonte de evaluación para la situación actual optimizada.

*Viajes por año**

Año	Oferta	Demanda efectiva	Diferencia
2015	124,674,000	120,169,008	4,504,992

Año	Oferta	Demanda efectiva	Diferencia
2016	125,730,000	122,039,781	3,690,219
2017	126,786,000	123,755,146	3,030,854
2018	127,842,000	125,435,500	2,406,500
2019	128,898,000	127,078,394	1,819,606
2020	129,954,000	128,683,161	1,270,839
2021	131,010,000	130,249,521	760,479
2022	132,066,000	131,778,310	287,690
2023	133,122,000	133,266,244	-144,244
2024	133,584,000	134,710,706	-1,126,706
2025	134,046,000	136,109,582	-2,063,582
2026	134,508,000	137,461,090	-2,953,090
2027	134,970,000	138,764,062	-3,794,062
2028	135,432,000	140,016,827	-4,584,827
2029	135,894,000	141,217,660	-5,323,660
2030	136,356,000	142,365,616	-6,009,616
2031	136,818,000	143,458,300	-6,640,300
2032	137,445,000	144,494,240	-7,049,240
2033	138,072,000	145,406,460	-7,334,460
2034	138,699,000	146,324,440	-7,625,440
2035	139,326,000	147,181,783	-7,855,783
2036	139,953,000	147,977,329	-8,024,329
2037	140,580,000	148,709,994	-8,129,994
2038	141,207,000	149,378,772	-8,171,772
2039	141,834,000	149,982,739	-8,148,739
2040	142,461,000	150,521,057	-8,060,057
2041	143,088,000	150,992,970	-7,904,970
2042	143,715,000	151,397,811	-7,682,811
2043	144,342,000	151,735,004	-7,393,004
2044	144,969,000	152,004,059	-7,035,059
2045	145,596,000	152,204,582	-6,608,582
Total	4,222,977,000	4,344,870,148	-121,893,148

Nota: *Un viaje equivale a un pasajero con un origen, un destino y un solo motivo.

Fuente: Spectron Desarrollo S. C con información del Estudio de Movilidad Urbana de la Cuenca Norte-Sur 2012.

En la siguiente tabla se muestran los datos de interacción oferta y demanda en hora de máxima demanda (HMD ambos sentidos) y al día por ruta en el escenario sin proyecto:

Tabla 3.18. Interacción oferta – demanda por ruta

RUTA	UNIDADES	VEHKM-HMD ambos sentidos	PAXKM-HMD ambos sentidos	VEHKM- DIA	PAXKM- DIA
C6	9	287.9	1.9	2,764	18
D07	5	86.2	0.7	828	6
D10	5	80.6	0.7	774	7
D11	5	78.4	2.7	753	26
D12	4	62.2	1.4	597	14
D12.1	6	126.0	1.3	1,210	12
D13	6	129.5	0.3	1,243	3
D22	11	356.4	0.3	3,421	3
D22.1	10	316.5	1.8	3,038	17
D23	17	687.8	3.3	6,603	32
D24	11	486.9	0.7	4,674	7
N01	7	156.0	1.7	1,498	16
N11	8	206.2	1.1	1,979	10
N12	7	190.6	0.8	1,830	8
N13	7	181.0	1.7	1,738	17
N14	9	355.5	0.8	3,413	8
N15	13	530.7	0.5	5,094	4
N17	8	238.2	0.8	2,286	7
N18	12	334.2	2.6	3,208	25
N23	9	276.3	0.8	2,652	8
N23.1	9	272.2	0.3	2,613	3
N25	5	99.6	1.3	956	12
N25.1	6	132.1	0.0	1,268	0
N27	6	124.9	1.4	1,199	14
N27.1	5	98.0	1.1	940	10
N27.2	6	125.7	1.5	1,207	15
N27.3	6	115.9	1.9	1,112	19
N32.1	7	278.5	0.6	2,674	6
N32.2	12	486.2	0.5	4,668	4
OP05	10	390.0	0.7	3,744	6
S01	42	1,505.7	2.4	14,455	23
S02	33	1,167.2	2.3	11,205	23
S03	10	361.5	0.3	3,470	3
S04	15	459.3	2.1	4,409	20
S05	7	249.7	2.4	2,397	23
S06	11	324.0	2.9	3,110	28
S07	10	371.1	2.9	3,563	27
S08	10	332.5	0.6	3,192	5
S09	7	208.3	0.4	2,000	4

RUTA	UNIDADES	VEHKM-HMD ambos sentidos	PAXKM-HMD ambos sentidos	VEHKM- DIA	PAXKM- DIA
S10	20	622.8	3.4	5,979	33
S11	27	960.4	1.9	9,220	18
S11.1	12	571.0	0.4	5,481	4
S11.3	9	286.2	2.5	2,748	24
S13	9	295.6	3.6	2,837	35
S15	12	439.0	0.7	4,214	6
S16	9	326.5	0.4	3,135	4
S17	13	651.0	0.3	6,250	3
S17.1	12	599.6	0.4	5,757	4
S17.2	12	573.4	0.5	5,504	5
S17.3	12	603.4	0.3	5,792	3
S18	8	256.3	1.2	2,461	11
S19	8	216.9	1.1	2,082	11
S22	8	198.8	2.4	1,908	23
S22.1	9	316.4	1.3	3,038	12
S23	18	778.7	1.1	7,475	10
S23.1	18	930.4	0.9	8,932	9
S25	10	339.6	3.5	3,260	33
S26.1	9	254.7	0.9	2,445	8
S26.2	9	324.7	0.9	3,117	8
S27	20	490.0	4.8	4,704	46
S28	10	334.3	1.3	3,209	12
S33	9	318.3	1.6	3,056	15
S34	10	401.2	0.7	3,852	7
S35	11	410.0	2.3	3,936	22
S37	8	222.2	2.1	2,133	20
S38	10	354.3	2.4	3,401	23
S39	31	1,440.3	2.6	13,826	25
S40	13	599.7	2.1	5,757	20
S42	7	152.9	2.3	1,468	22
S43	9	312.5	1.3	3,000	12
V01	9	249.8	0.9	2,398	9
V02	8	215.6	0.5	2,070	5
V03	15	458.9	3.6	4,405	35
V08	11	827.5	0.2	7,944	2
V08.1	27	2,206.7	0.1	21,184	1
V09	17	1,112.1	0.2	10,677	2
V18	6	145.8	0.8	1,400	7
V22	12	465.1	2.1	4,465	20
V24	7	168.5	2.9	1,618	27

e) Alternativas de solución

El diagnóstico anterior demostró la necesidad de diseñar una solución sistémica, que plantee opciones de transporte complementarias, atendiendo las demandas específicas identificadas a través de una red integrada de transporte público en la cuenca Norte Sur.

En el capítulo 2 se realizó un análisis profundo y exhaustivo de la situación de movilidad de la cuenca Norte Sur permitiendo identificar una problemática cuyas características principales son:

- Tras un acelerado proceso de metropolización y crecimiento poblacional sobre todo en la periferia de la ciudad, se produjo un incremento significativo de las distancias de los desplazamientos, lo que a su vez aumentó los tiempos de recorridos de la población;
- El proceso de conurbación favoreció la integración de la ZMP con el consecuente aumento de la demanda de viajes en los servicios públicos de transporte, así como un crecimiento acelerado de los vehículos privados;
- A pesar del cambio en el volumen y la distribución espacial de los viajes, la oferta de transporte público mantuvo su modelo operacional, lo que ha llevado a un desfase entre las características de la oferta y demanda de servicios de transporte;
- Existen dos vías principales (11 Norte-Sur y 16 de Septiembre) que cruzan la ciudad de norte a sur, polos en donde se concentran las industrias y las unidades habitacionales, respectivamente. En cada vía circulan diferentes rutas de transporte que ofrecen una calidad de servicio deficiente, se desplazan a velocidades comerciales bajas, lo que repercute en tiempos de desplazamiento altos.
- Se realizan viajes hacia el Centro Histórico, debido a que es un polo comercial. Lo que genera desplazamientos de toda la cuenca hacia este, provocando viajes tanto con dirección norte sur, así como con dirección oriente poniente.
- En la cuenca Norte Sur operan 81 rutas yuxtapuestas, con una alta concentración de las unidades (33.5 vehículos por km²) debido a la atomización del servicio en unidades de baja capacidad;
- Como consecuencia de la cantidad de unidades y la situación de aglomeración, la velocidad a la que transitan es relativamente baja (entre 13 y 16 km/h);

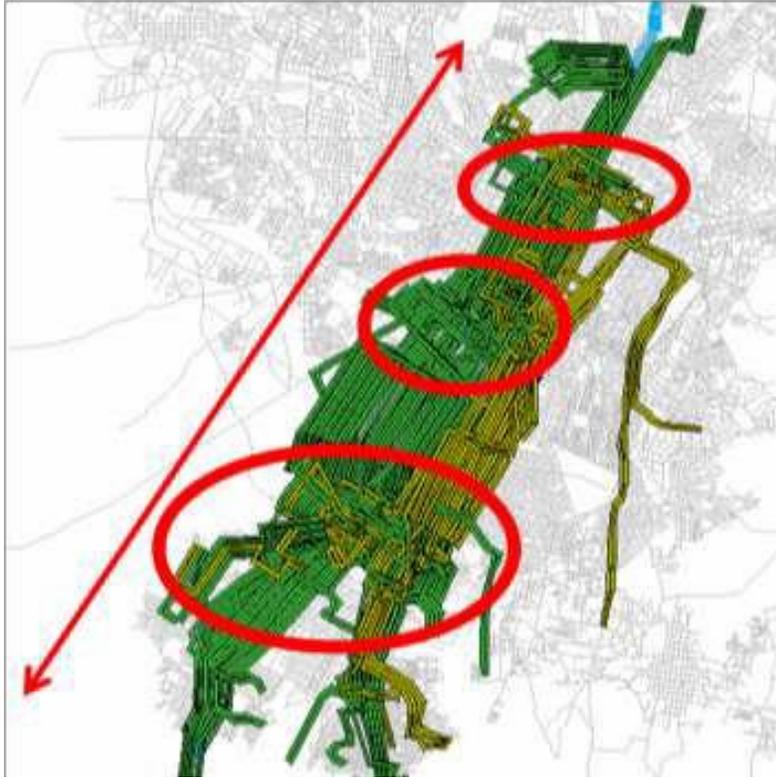
- Esta situación conduce a elevados niveles de competencia por el pasaje, aunados a prácticas típicas de monopolio espacial;
- Finalmente, se trata de un sistema que no resulta eficiente, es altamente contaminante, poco seguro y de baja calidad de servicio para los usuarios.

Integrando las necesidades y problemáticas del transporte actual con los comportamientos propios de la demanda en la cuenca se identificaron ciertas características que permiten dilucidar posibles alternativas de solución al respecto, las que se mencionan a continuación:

1. Trayectos largos: la gran mayoría de las rutas en las vías de la 11 Norte Sur y 16 de Septiembre tienen continuidad desde la zona sur de la cuenca, donde se encuentran un gran número de unidades habitacionales, pasando por la zona del centro histórico que se caracteriza por ser un área netamente comercial y, finalmente, la continuidad se prolonga hasta la zona norte de la cuenca, caracterizada por ser un área industrial (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).
2. Trayectos intermedios y complementariedad entre las rutas troncales mismas que se interconectan en estas tres zonas (sur, Centro Histórico y norte), generando que las demandas de los troncales del 11 Norte Sur y 16 de Septiembre sean complementarias (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).
3. Trayectos cuyas rutas se bifurcan al sur del Periférico Ecológico, para atender una demanda importante (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Figura 57: Trazo de rutas de transporte público en la cuenca Norte Sur.

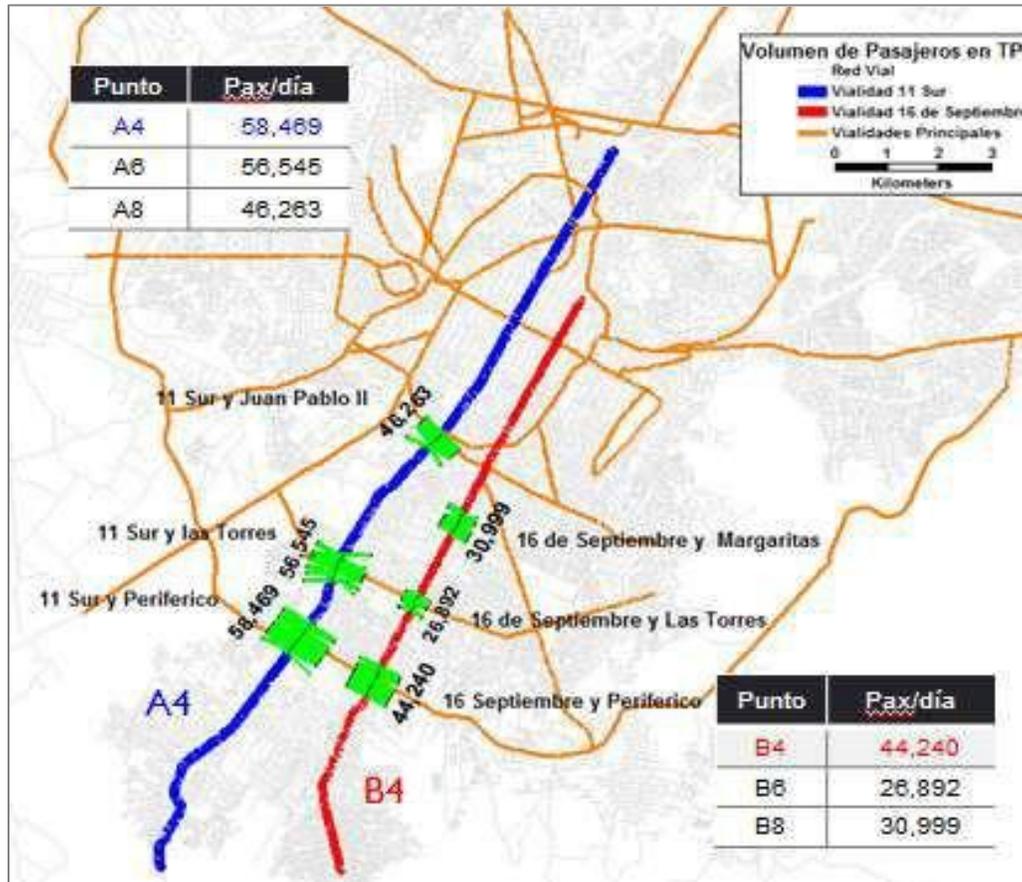
11 Norte-Sur verde intenso, 16 Septiembre verde olivo



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

4. Concentración de la demanda al sur: una de las características principales que refuerza la necesidad de mantener la continuidad de servicios desde el extremo sur hasta la zona norte, pasando por el centro de la ciudad, es que tanto para la vialidad 11 Norte Sur como para la 16 de Septiembre, la mayor concentración de pasajeros se presenta en la zona más al sur de la cuenca, después del Periférico Ecológico, con 58,000 y 44,000 pasajeros respectivamente (Véase ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).
5. Dos troncales con demandas propias: finalmente se pueden identificar que tanto la vialidad 11 Norte Sur como la 16 de Septiembre poseen un importante volumen de viajes por separado, siendo el primero el de mayor magnitud (Véase ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).
6. Una movilidad importante entre ambos troncales a través de rutas de incidencia directa e indirecta con dirección oriente poniente.

Figura 58: Volumen diario de pasajeros y servicio en ambos sentidos cuenca Norte Sur.

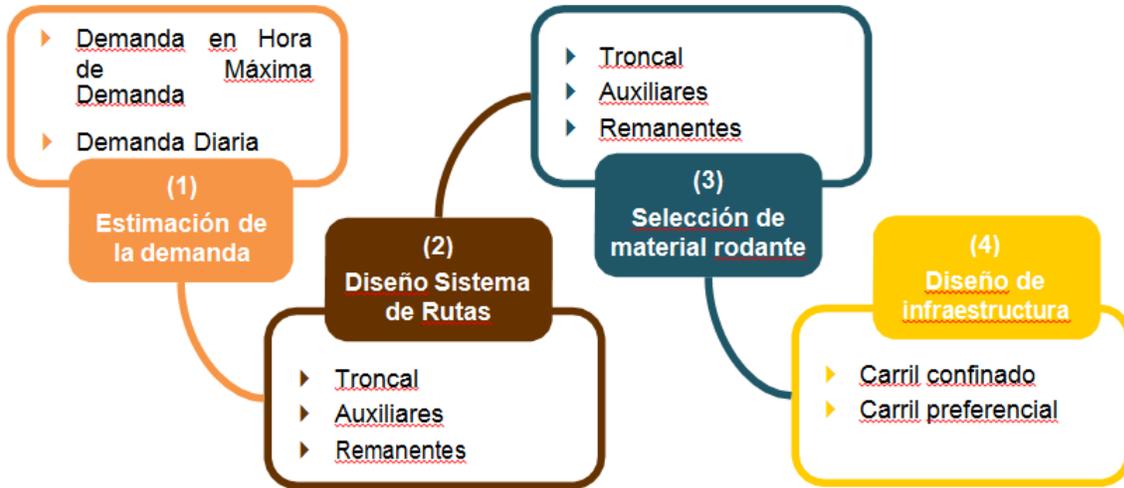


Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Las alternativas para definir el mejor proyecto que dé solución a la problemática de movilidad de la cuenca Norte Sur partieron de un análisis de diseño integral que permitiera atender las características de movilidad de la cuenca resumidas en los 5 incisos anteriores.

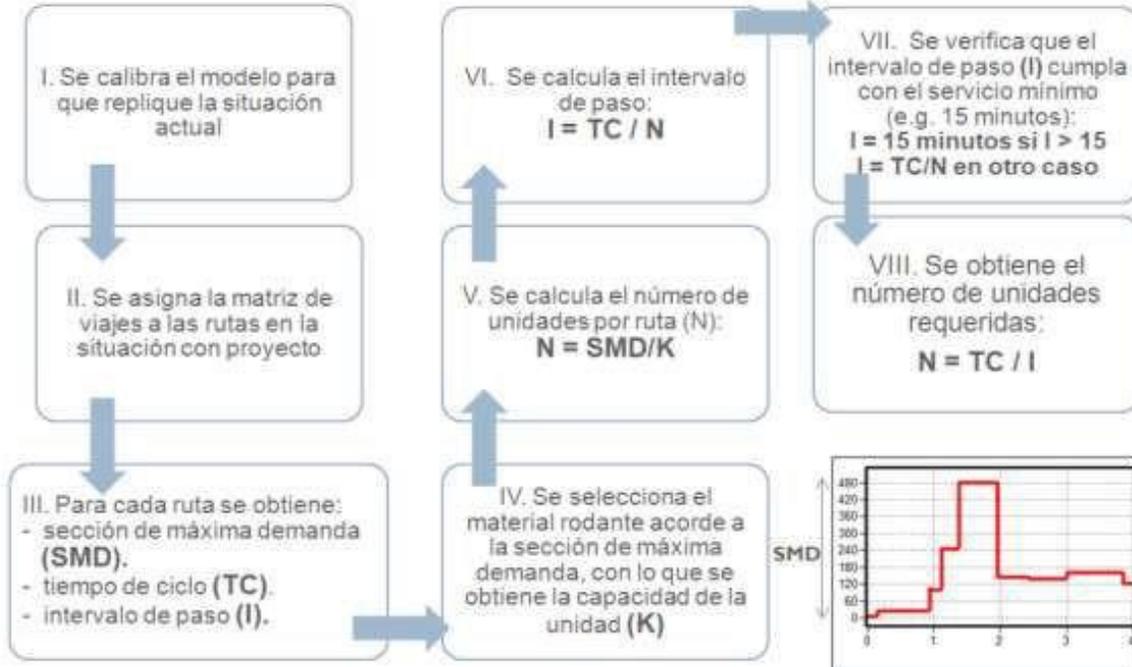
Como lo indica la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., este análisis de diseño integral se sustentó a su vez en un marco metodológico de 4 pasos iterativos que (1) a través de la estimación de la demanda; (2) se definiera el diseño del sistema de rutas; y (3) con base en la Sección de Máxima Demanda un sentido de cada ruta, se seleccionara la tecnología de material rodante y el tamaño del parque necesario para atender la demanda estimada; (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Finalmente, (4) una vez definido el tipo y número de material rodante se determinó el diseño de infraestructura que permitiera una operación adecuada del sistema.

Figura 59: Marco metodológico.



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur.

Figura 60: Dimensionamiento del parque vehicular.



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur. Análisis de alternativas

Siguiendo la metodología anterior, se evaluaron cuatro alternativas de diseño partiendo de que en la situación actual de la cuenca Norte Sur el estudio de movilidad definió que existen dos troncales naturales sobre las vialidades 11 Norte Sur y 16 de Septiembre, en los que se concentra una demanda propia pero complementaria, con rutas de incidencia directa e indirecta que se interconectan entre sí y a lo largo de ambos troncales con dirección oriente poniente.

Con base en el diagnóstico descrito, se analizaron las siguientes cuatro alternativas de diseño como posibles soluciones a la problemática de movilidad de transporte público de la cuenca Norte Sur (Véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**):

Alternativa (A): un servicio troncal con carril confinado sobre la calle 11 Norte Sur con 14 rutas auxiliares con dirección principalmente oriente poniente. El servicio troncal se define como aquél que se presta sobre el carril confinado con unidades de alta capacidad y reducidos intervalos de paso. Bajo esta alternativa se estaría atendiendo eficientemente sólo la demanda del troncal 11 Norte Sur, misma que asciende a viajes/día, de los cuales la mayoría son de largo recorrido en la Sección de Máxima Demanda un sentido.

Alternativa (B): un troncal con carril confinado sobre la 11 Norte Sur y una alimentación especial de la Av. 16 de Septiembre (con trasbordo en el troncal), para atender también a la demanda que proviene del tramo sur de la 16 de Septiembre y que son de viajes de largo recorrido en horario de máxima demanda en dirección sur-norte de la cuenca. Una ruta alimentadora es la que trasladaría usuarios hacia la estación del servicio troncal, donde se daría el trasbordo.

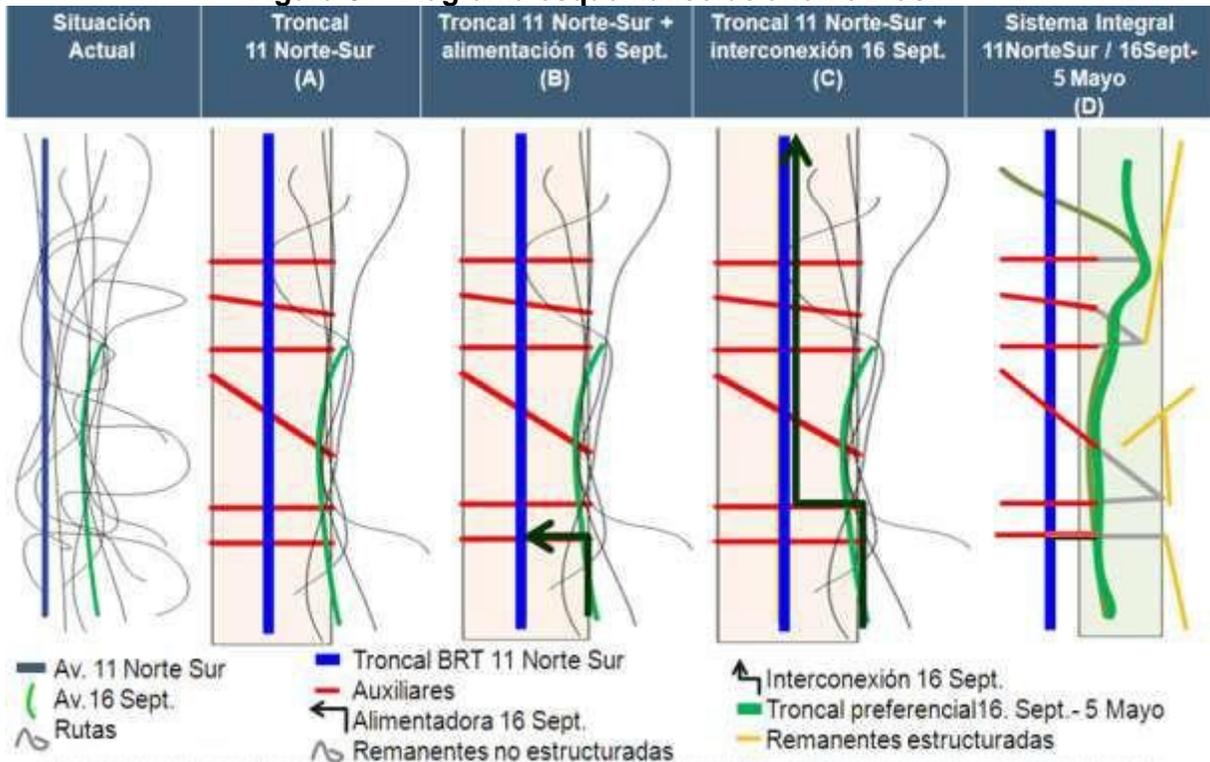
Alternativa (C): un troncal con carril confinado sobre la 11 Norte Sur con sus propias rutas auxiliares, con interconexión de los servicios provenientes del tramo sur de la 16 de Septiembre para atender la demanda de viajes de largo recorrido con dirección sur norte, sin necesidad de trasbordo, a través de un servicio coordinado con el servicio troncal.

Alternativa (D): un troncal con carril confinado sobre la 11 Norte Sur y un troncal con carril preferencial a lo largo de la avenida 16 de Septiembre y el Blvd. Héroes del 5 de Mayo, con dos servicios: uno hacia los Estadios y otro hacia la avenida Carmen Serdán; con 5 rutas auxiliares propias que se interconectan con las auxiliares del troncal 11 Norte Sur; y con reestructuración del total de rutas de incidencia indirecta de la cuenca Norte Sur.

El carril preferencial se define como un carril lateral de circulación dedicado al transporte público, pero en el que se permiten las maniobras de giro a los vehículos particulares en las intersecciones. Tiene dos variantes: circulación mixta y circulación a contraflujo. La primera se refiere al uso del carril de la derecha de la vía para circular y la segunda corresponde a la circulación del transporte público en sentido opuesto al de los vehículos particulares. Las rutas de incidencia indirecta, por su parte, agrupan a todas aquellas que circulan en alguna de las calles de la cuenca y que cruzan en algún punto las vías 11 Norte Sur o 16 de Septiembre.

Con esta alternativa se estaría atendiendo eficientemente la demanda de viajes de toda la cuenca, aquellos con dirección norte sur a través de los servicios troncales; en tanto la de aquellos con dirección oriente poniente mediante una red de 19 rutas auxiliares. Asimismo, la reestructura de las rutas remanentes permitiría reordenar los servicios de transporte en las áreas más alejadas de los troncales y con ello mejorar la movilidad de toda la cuenca.

Figura 61: Diagrama esquemático de alternativas.



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur

A continuación se describen las cuatro alternativas con mayor detalle.

Alternativa (A): Un troncal con carril confinado sobre la 11 Norte Sur

Descripción general

Se trata de la implementación de un troncal con carril confinado de 12.5 km por sentido, al centro de la vialidad 11 Norte Sur, permitiendo dos carriles para el tránsito de vehículos de uso privado por sentido (véase la línea morada en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* Alternativa A).

La alternativa A constituye un sistema de BRT con 84 autobuses articulados de 160 pasajeros⁴ que operarían sobre el troncal de carril confinado, más 14 rutas auxiliares transversales (véanse las líneas naranjas en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*), con renovación de autobuses (34 autobuses con capacidad para 100 pasajeros y 116 con capacidad para 40 pasajeros)⁵.

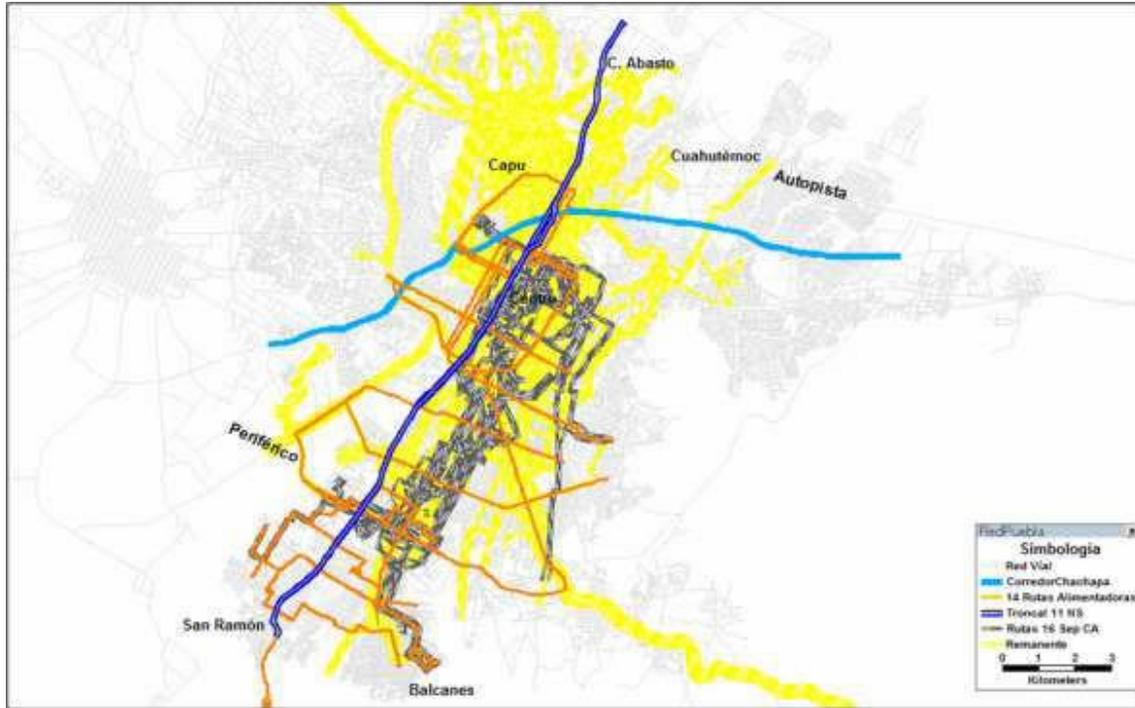
Las 51 rutas de incidencia indirecta o remanentes (líneas amarillas) con 592 unidades mantendrían su recorrido (no se reestructurarían), además que no se considera la renovación de su parque vehicular más que para reemplazar las unidades que cumplan con los diez años de vida útil, como sería el caso en la situación optimizada.

Esta alternativa considera la operación de dos terminales, una a cada extremo del troncal, tres patios de encierro y un taller para los vehículos del troncal y las auxiliares, así como la instauración de un sistema de prepago con tarjeta inteligente para el troncal y las auxiliares, por lo que en las estaciones habrá máquinas de recarga y torniquetes para administrar el pago e ingreso al troncal, siendo la operación coordinada por un centro de control de operaciones.

⁴ Para la evaluación de alternativas y el proyecto se consideró un 5% adicional de la inversión en el número de parque vehicular como unidades de reserva. A lo largo de este capítulo las cifras excluyen los autobuses de reserva.

⁵ Las rutas auxiliares en todas las alternativas evaluadas tienen el propósito de dar servicio a viajes con transbordo a la troncal y también a viajes locales con dirección oriente poniente.

Figura 62: Alternativa A: un troncal confinado en 11 Norte-Sur.



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur.

Reestructuración de rutas

La alternativa A toma en cuenta las 81 rutas que actualmente pertenecen a la cuenca Norte Sur, proponiendo la reestructuración de 21 rutas de la 11 Norte Sur, desviando las rutas de la 16 de Septiembre para que no accedan al troncal 11 Norte Sur y dejando sin cambios el conjunto de 51 rutas de incidencia indirecta (Tabla 3.19).

Tabla 3.19. Reestructuración de Rutas: Alternativa A.

	11 Norte-Sur	16 de Septiembre	De incidencia indirecta	Total de rutas
Situación actual/optimizada	21 rutas	9 rutas	51 rutas	81
Situación con proyecto				
Troncal	1	NA	NA	1
Auxiliares de alimentación para viajes con transbordo en troncales y viajes transversales locales	14	NA	NA	14
Total Alternativa A	15	9	NA	24

De incidencia indirecta	NA	NA	51 de incidencia indirecta sin cambios	51
Total de rutas en situación con Alternativa A	15	9	51	75

Fuente: Spectron Desarrollo, S. C., con información del Modelo de Transporte Público de los troncales 11 Norte Sur y 16 de Septiembre, 2012.

Alternativa (B): Un troncal con carril confinado sobre la 11 Norte Sur con alimentación de la 16 de Septiembre (con transbordo).

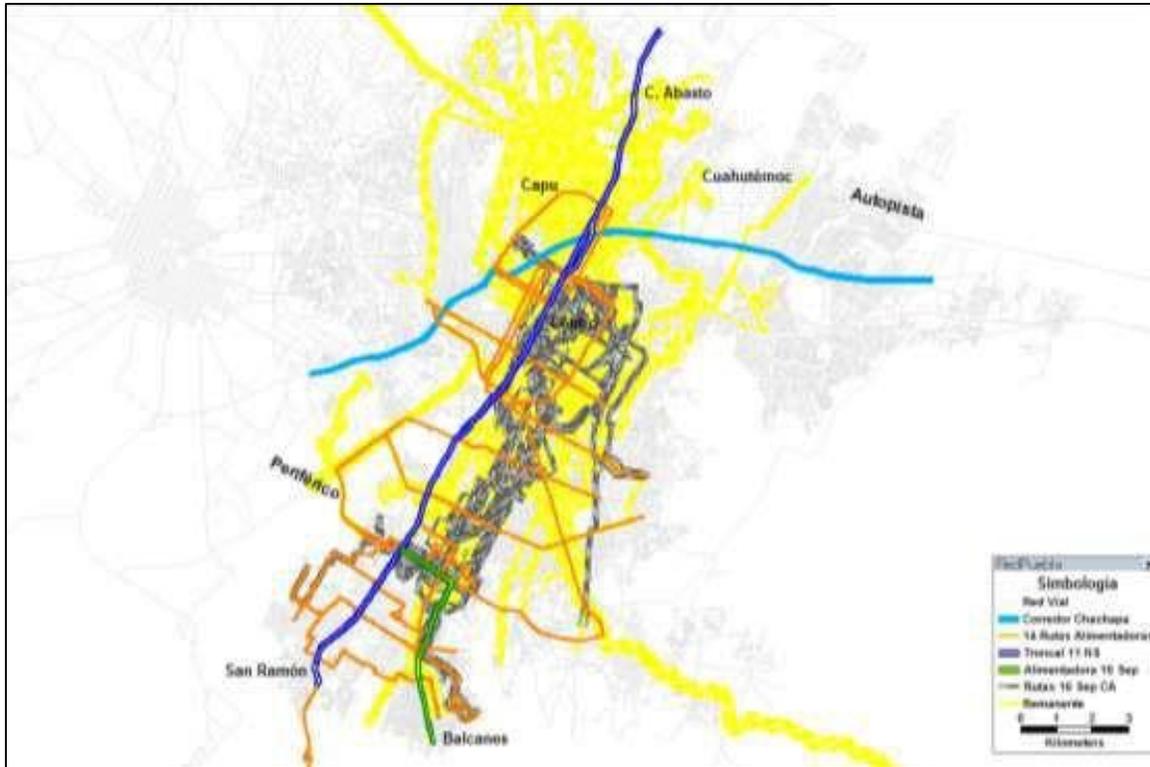
Descripción general

La alternativa B sigue el mismo esquema de la alternativa A, incorporando al troncal 11 Norte Sur una ruta alimentadora con carril preferencial en el tramo sur de la avenida 16 de Septiembre a la altura de la lateral del Periférico (línea verde) con transbordo en el troncal 11 Norte Sur (línea morada). Esta alternativa mantiene las 14 rutas auxiliares (líneas naranjas) del troncal sobre la 11 Norte Sur (véase *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*).

El material rodante a utilizar consiste en 84 autobuses articulados para 160 pasajeros que dotan el servicio para el troncal de la 11 Norte Sur puesto que se prevé que atienda la demanda del troncal 11 Norte Sur más la que le sea inducida por la alimentación del 16 de Septiembre. Para las rutas auxiliares, 34 autobuses con capacidad para 100 pasajeros y 121 con capacidad para 40 pasajeros. Para la alimentación del troncal 11 Norte Sur desde la 16 de Septiembre se utilizarán 6 autobuses con capacidad para 100 pasajeros con puerta derecha (ver *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, en la que se presenta un resumen de oferta por ruta/servicio y tipo de vehículo entre alternativas).

Esta alternativa mantiene las dos terminales a cada extremo del troncal 11 Norte Sur, los tres patios de encierro y el taller. También considera la instauración de un sistema de prepago con tarjeta inteligente incluyendo la alimentadora de 16 de Septiembre.

Figura 63: Alternativa B: Troncal 11NS alimentación 16S.



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Reestructuración de rutas

La alternativa B toma en cuenta las 81 rutas que actualmente pertenecen a la cuenca Norte Sur (Tabla 3.20), proponiendo la reestructuración de 21 rutas de la 11 Norte Sur, desviando las rutas de la 16 de Septiembre para que no accedan al troncal 11 Norte Sur y dejando sin cambios el conjunto de 51 rutas de incidencia indirecta.

Tabla 3.20. Reestructuración de Rutas: Alternativa B.

	11 Norte Sur	16 de Septiembre	De incidencia indirecta	Total de rutas
Situación actual / optimizada	21 rutas	9 rutas	51 rutas	81
Situación con proyecto				
Troncal	1	NA	NA	1
Auxiliares de alimentación para viajes con transbordo en troncales y viajes transversales	14	1	NA	15

locales				
Total Alternativa B	15	10	NA	25
De incidencia indirecta	NA	NA	51 de incidencia indirecta sin cambios	51
Total de rutas en situación con Alternativa B	15	10	51	76

Fuente: Spectron Desarrollo, S. C., con información del Modelo de Transporte Público de los troncales 11 Norte Sur y 16 de Septiembre, 2012.

Alternativa (C): Un troncal con carril confinado sobre la 11 Norte Sur con interconexión con 16 de Septiembre (sin transbordo)

Descripción general

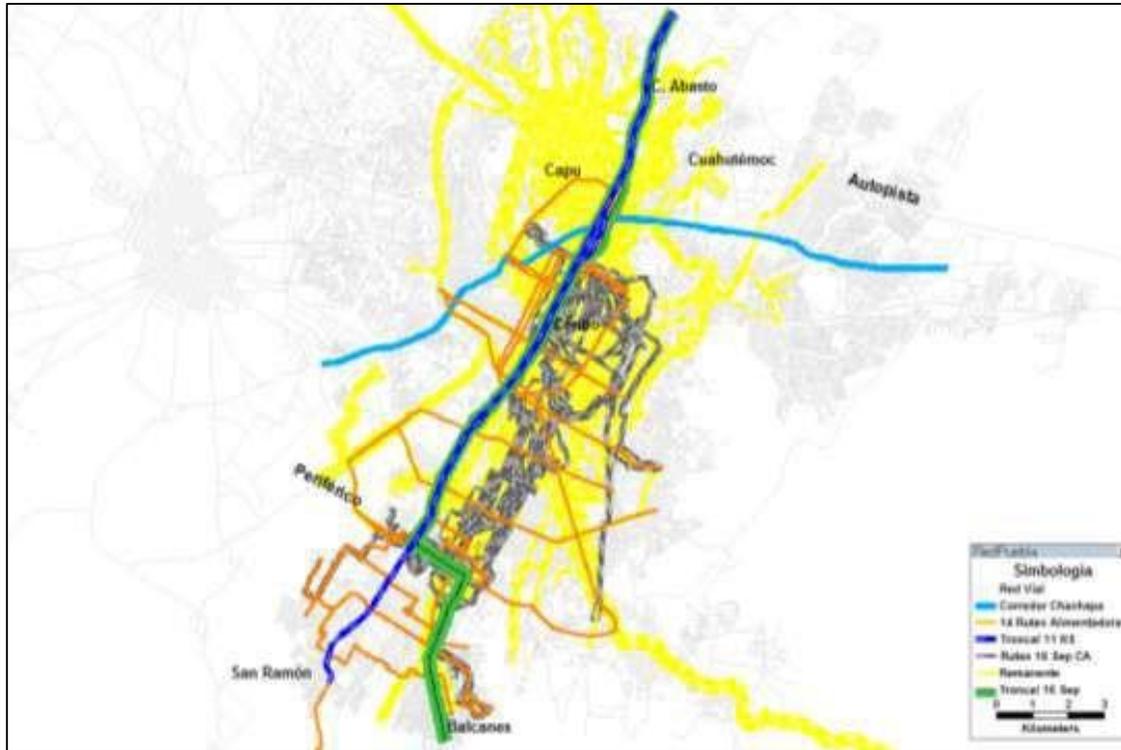
La alternativa C sigue el mismo esquema de la alternativa B, incorporando al troncal 11 Norte Sur una ruta alimentadora con carril preferencial en el tramo sur de la Av.16 de Septiembre a la altura de la lateral del Periférico (línea verde) pero sustituye el servicio con transbordo en el troncal 11 Norte Sur (línea morada) por un servicio con interconexión y coordinado con el troncal 11 Norte Sur que llega hasta la terminal norte. Esta alternativa mantiene las 14 rutas auxiliares (líneas naranjas) del troncal sobre la 11 Norte Sur.

El material rodante a utilizar consiste en 84 autobuses articulados para 160 pasajeros que dotan el servicio para el troncal de la 11 Norte Sur y 179 autobuses con capacidad para 40 pasajeros para las auxiliares. Para el servicio coordinado de la 16 de Septiembre se utilizarán 24 autobuses con doble puerta (izquierda y derecha) y capacidad para 100 pasajeros (véase la **Tabla 3.21** que presenta un resumen de la oferta por ruta/servicio y por tipo de vehículo entre alternativas).

Al igual que las alternativas anteriores, considera la renovación de la totalidad del parque vehicular de las rutas auxiliares del troncal 11 Norte Sur. Las 51 rutas de incidencia indirecta tampoco se reestructuran y quedarían operando como en la situación actual u optimizada.

Esta alternativa también considera las dos terminales a cada extremo del troncal 11 Norte Sur, los tres patios de encierro y un taller. También contempla la instauración de un sistema de prepago con tarjeta inteligente.

Figura 64: Alternativa C: troncal 11NS con interconexión 16S



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

La alternativa C toma en cuenta las 81 rutas que actualmente pertenecen a la cuenca Norte Sur proponiendo la reestructuración de 21 rutas de la 11 Norte Sur, desviando las rutas de la 16 de septiembre para que no accedan al troncal 11 Norte Sur y dejando sin cambios el conjunto de 51 rutas de incidencia indirecta (Tabla 3.21).

Tabla 3.21. Reestructuración de rutas: alternativa C.

	11 Norte Sur	16 de Septiembre	De incidencia indirecta	Total de rutas
Situación actual/optimizada	21 rutas con incidencia directa	9 rutas con incidencia directa	51 rutas restantes de la cuenca	81
Situación con proyecto				
Troncal	1	NA	NA	1
Auxiliares de alimentación para viajes con transbordo transversales locales	14	NA	NA	14

Servicio coordinado	NA	1	NA	
Total Proyecto alternativa C	15	10	NA	25
De incidencia indirecta	NA	NA	51 de incidencia indirecta sin cambios	51
Total de rutas en situación con Alternativa C	15	10	51	76

Fuente: Spectron Desarrollo, S. C., con información del Modelo de Transporte Público de los troncales 11 Norte Sur y 16 de Septiembre, 2012.

Alternativa (D): Sistema Integral con carril confinado sobre la 11 Norte Sur y carril preferencial sobre la 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo.

Descripción general

La alternativa D concibe un diseño integral para toda la cuenca Norte Sur. Su diseño consiste en la implementación de un troncal en carril confinado sobre la 11 Norte Sur (línea morada) y un carril preferencial sobre la 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo con dos servicios, uno con dirección a los Estadios y el otro hacia la Avenida Carmen Serdán, bifurcándose a la altura de la avenida 2 Norte. También, a diferencia de las alternativas anteriores, propone la reestructuración del total de las rutas de incidencia indirecta de la cuenca Norte Sur.

El carril confinado sobre la 11 Norte Sur operaría al inicio del proyecto con 27 autobuses articulados con capacidad para 160 pasajeros y 38 unidades padrón de 100 pasajeros. Para las 14 rutas auxiliares del troncal 11 Norte Sur se requieren 55 autobuses con capacidad para 40 pasajeros. Para el troncal en carril preferencial sobre la 16 de Septiembre y el Blvd. Héroes del 5 de Mayo se consideran 70 autobuses con capacidad para 100 pasajeros de puerta derecha y para sus cinco rutas auxiliares adicionales se consideran 60 autobuses con capacidad para 40 pasajeros. Para la reestructuración de las rutas de incidencia indirecta esta alternativa considera seleccionar, del parque vehicular actual, 272 vehículos de la menor antigüedad.

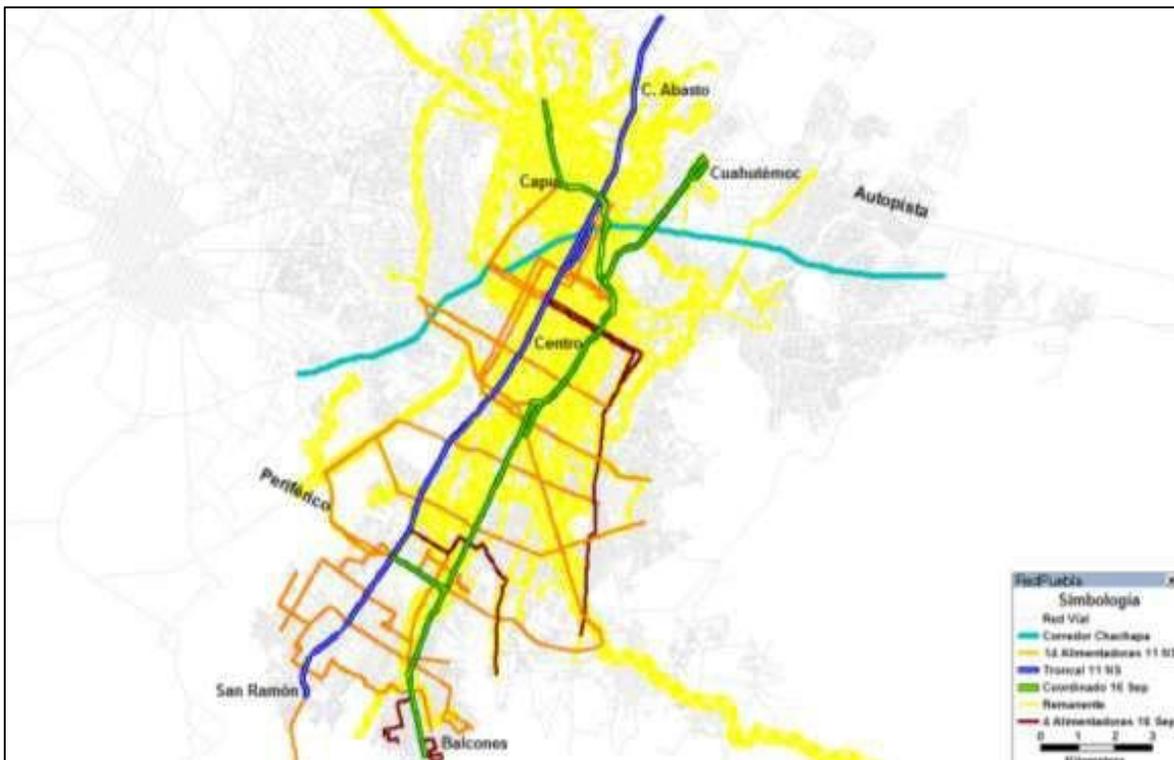
Al igual que las demás alternativas, la alternativa D considera la renovación de la totalidad del parque vehicular de las 14 rutas auxiliares, del troncal 11 Norte Sur y de 3 rutas alimentadoras al norte a la altura de Defensores de la República y además la renovación de los vehículos de las 3 rutas auxiliares del troncal 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo y las 2 troncales. La reestructuración de las rutas de incidencia indirecta no considera la renovación de su flota.

Esta alternativa considera una terminal exclusiva al sur del troncal 11 Norte Sur, una terminal exclusiva al sur de la avenida 16 de Septiembre y un patio compartido por el

troncal 11 Norte Sur y el 16 de Septiembre. También considera la instauración de un sistema de prepago con tarjeta inteligente. En las estaciones sobre el troncal 11 Norte-Sur habrá máquinas de recarga y torniquetes para administrar el pago e ingreso al troncal y la operación será coordinada por un centro de control de operaciones. Para el troncal en carril preferencial 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo se consideraría la instalación de tótems, asimismo se operaría bajo un sistema de prepago a bordo de las unidades y las tarjetas se podrían adquirir en diversas tiendas de conveniencia, puestos de periódicos, y en las estaciones del troncal 11 Norte Sur.

Al igual que todas las alternativas se considera un centro de control y semaforización inteligente compartido entre ambos corredores.

Figura 65: Alternativa D, Troncal integral 11NS / 16S Blvd. Héroes del 5 de Mayo



Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur

Reestructuración de rutas

La alternativa D propone la siguiente reestructuración de las 81 rutas que actualmente pertenecen a la cuenca Norte Sur.

Tabla 3.2. Reestructuración de Rutas: Alternativa D.

	11 Norte Sur	16 de Septiembre	De incidencia indirecta	Total de rutas
Situación actual/optimizada	21 rutas con incidencia directa	9 rutas con incidencia directa	51 rutas restantes de la cuenca	81
Situación con proyecto				
Troncal	1	1 con dos servicios: a Estadios y a Av. Carmen Serdán	NA	2
Auxiliares de alimentación para viajes con transbordo en troncales y viajes transversales locales	14+3	2	NA	19
Total Proyecto Alternativa D	18	3	NA	21
De incidencia indirecta	NA	NA	Reestructuración: 9 se mantienen, 22 cambian de derrotero, 20 se eliminan	31
Total de rutas en situación con Alternativa D	18	6	31	52

Fuente: Spectron Desarrollo, S. C., con información del Modelo de Transporte Público de los troncales 11 Norte Sur y 16 de Septiembre, 2012.

Selección de la alternativa a implementar

Esta sección tiene como propósito seleccionar la alternativa a implementar como proyecto que mejor atienda la problemática de movilidad de transporte público de la cuenca Norte Sur.

Para ello, se realiza una comparación entre alternativas de: a) la demanda efectiva atendida; b) los indicadores operativos y, por tanto, los beneficios de llevarse a cabo; c) la evolución de la calidad del servicio a lo largo del tiempo en relación a la situación optimizada; d) la inversión inicial requerida; e) los indicadores de rentabilidad social y; f) las consideraciones y riesgos de su implementación.

Demanda efectiva

Se define un viaje como el desplazamiento que realiza una persona, por un solo motivo, para llegar desde su punto de origen hasta su punto de destino sin importar que haya tenido que transbordar de una ruta a otra para lograrlo. En ese sentido, el número de viajes que se realizan con o sin transbordo pero que tocan al menos un tramo del troncal corresponde a la demanda efectiva de cada uno de los troncales de interés de este estudio.

La tabla 3.23 muestra la demanda efectiva de viajes por día para cada alternativa. El término de viajes puede considerarse sinónimo de pasajeros, pues la definición de viaje representa un desplazamiento con un solo origen y destino y un solo motivo. (Willunsen, 2011; Openheim, 1995).

El comportamiento de la demanda efectiva entre alternativas muestra que el troncal 11 Norte Sur es de mayor demanda, atendiendo entre 131 y 167 pasajeros o viajes por día en las alternativas (A), (B), y (C). Sin embargo, si se pusiera en marcha la alternativa (D), una proporción de la demanda efectiva del troncal 11 Norte Sur se redistribuiría al troncal 16 de Septiembre Blvd. Héroes del 5 de Mayo obteniendo mejores indicadores operativos y beneficios para la población, como se verá más adelante. Los resultados de simulación también muestran una importante demanda efectiva en las auxiliares y en las rutas de incidencia indirecta en todas las alternativas evaluadas, atendiendo una movilidad principalmente de oriente poniente.

La alternativa D es un rebalanceo; la demanda del 11 Norte Sur baja, la demanda del 16 de Septiembre es importante y la demanda de las auxiliares capta el flujo que va de oriente a poniente. Este rebalanceo de la demanda atendiendo la movilidad norte sur y oriente poniente de la cuenca proporciona una solución integral del problema de movilidad, como se ve reflejado (más adelante) en los indicadores operativos y de rentabilidad sobre las demás alternativas.

Tabla 3.23. Demanda efectiva de viajes por día.

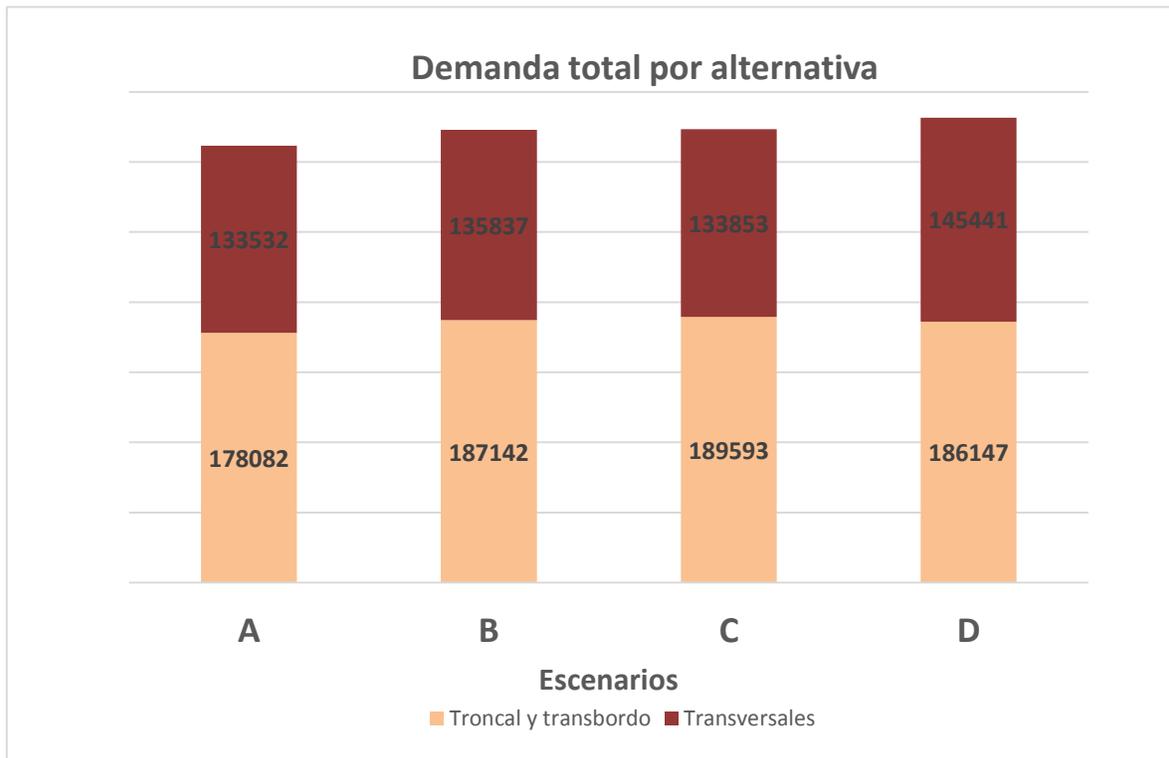
*Viajes por día**

	Troncal 11NS (A)	Troncal 11NS + alimentación 16S (B)	Troncal 11NS + interconexión 16S (C)	Sistema integral 11NS/ 16S-5M (D)
Exclusiva troncal y transbordo	178,082	187,142	189,593	145,441
Transversales	133,532	135,837	133,853	186,147
Total	311,614	322,980	323,446	331,588

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, *Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur*. Nota: *Un viaje equivale a un pasajero con un origen, un destino y un solo motivo.

Esta situación se muestra con claridad en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:* bajo la alternativa A. El número de viajes que atiende el proyecto aumenta al llegar hasta 186,147 con una distribución geográfica más equilibrada, lo que permite mantener un mejor nivel de servicio en cada vialidad, al atender a la demanda que viaja tanto de norte a sur como de oriente a poniente.

Figura 66: Distribución de la demanda efectiva por alternativa.
Viajes al día



*Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur. Nota: *Un viaje equivale a un pasajero con un origen, un destino y un solo motivo.*

Condiciones de una oferta por ruta/servicio y tipo de vehículo

Para el año 2015, se registrará en la cuenca Norte Sur, una demanda de 331,589 viajes al día, con dirección norte sur en vehículos que circulan sobre las vías 11 Norte Sur, 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo y en las rutas auxiliares transversales que las interconectan.

En la tabla 3.24 se resumen los vehículos utilizados entre alternativas por ruta y servicio detallados en la sección de descripción de las alternativas. Entre los resultados de simulación, conviene resaltar que el número de articulados de 160 pasajeros que dan servicio al troncal 11 Norte Sur se mantiene relativamente estable alrededor de 27 a 30 unidades entre la alternativa A y la alternativa D, a pesar que la demanda efectiva del troncal 11 Norte Sur disminuye en la alternativa D. Lo anterior, obedece a que la sección de máxima demanda un sentido en hora pico en el troncal no difiere significativamente entre alternativas, por lo que el número de unidades es similar en ambas. Finalmente, los resultados muestran una disminución considerable del número de vehículos que son utilizados por las rutas de incidencia indirecta bajo la alternativa D derivada de su reestructuración y su redimensionamiento.

Tabla 3.24. Oferta por ruta/servicio y tipo de vehículo por alternativa.

Número de vehículos por ruta/servicio y tipo de vehículo ¹	Troncal 11NS (A)	Troncal 11NS + alimentación 16S (B)	Troncal 11NS + interconexión 16S (C)	Sistema integral 11NS/16S 5M (D)
Troncal Articulados (160 pax)	84	84	84	27
Auxiliares transversales (100 y 40 pax)	150	155	179	181
Auxiliar de alimentación de 16S a 11NS (100 pax)				
Interconexión 16S 11NS (100 pax 2 puertas)	0	0	24	0
Troncal 16S (100 pax)	0	0	0	42
Resto de rutas 16S	102	93	93	0
Total de vehículos del sistema	336	338	380	250

¹ Se excluye el 5% de reserva de vehículos.

*En la alternativa (D), el número de vehículos de las rutas de incidencia indirecta disminuye derivado de su reestructuración. Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Indicadores de operación y beneficios

A continuación se presentan los indicadores de operación y beneficios de cada una de las alternativas. Los resultados muestran que la alternativa D es la que permite a los usuarios de transporte público tener mayor ahorro en tiempo de viaje promedio: Véase **Tabla 3.25**.

Tabla 3.25. Oferta por ruta/servicio y tipo de vehículo por alternativa.

Indicadores de operación	Troncal 11NS (A)	Troncal 11NS + alimentación 16S (B)	Troncal 11NS + interconexión 16S (C)	Sistema integral 11NS/ 16S-5M (D)
Tiempo promedio de viaje (min)	32.05	31.08	32.67	31.34
Ahorro en tiempo de viaje promedio (min)	2.65	3.62	2.03	3.67
COV diario (\$miles)	\$818.68	\$834.96	\$847.69	\$1,550
Ahorro del costo de operación vehicular diario (\$miles)	\$318.72	\$304.44	\$290.17	\$878.7

Fuente: Spectron Desarrollo S.C., 2012, Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Calidad del servicio a lo largo del tiempo

El comportamiento de la calidad del servicio a lo largo del tiempo en relación a la situación optimizada constituye un importante indicador para seleccionar la alternativa a implementar cuando se espera un incremento en la demanda efectiva derivado del crecimiento población, permitiendo, además, realizar una evaluación no centrada únicamente en los indicadores operativos al inicio de la implementación del proyecto.

El incremento en la población y, por lo tanto, en la demanda de viajes durante la vida útil de la alternativa implica la adquisición de vehículos adicionales. Los vehículos adicionales llevarán a reducir el intervalo de paso y formarán pelotones de vehículos que reducirán la velocidad comercial. Al disminuir la velocidad comercial, se deteriora la calidad del servicio y los ahorros de tiempo disminuyen.

Alternativa económicamente más rentable a largo plazo

El proyecto registrado en la UISHCP es la alternativa relevante, para demostrar que el presente proyecto de inversión, objeto actualización, es la opción más rentable.

Con respecto al proyecto registrado en la UI en el año 2012, el presente proyecto se distingue por la optimización de la infraestructura, generando una reducción en la inversión total en el Proyecto de \$2,650 MDP a \$1,517 MDP, montos sin el IVA, con lo que mejora la rentabilidad en general de éste.

La optimización de la infraestructura implicó reducir la longitud del carril en la Av. 11 Norte Sur y por lo tanto el monto de inversión destinado al carril confinado, las estaciones y demás obra complementaria, así como el redimensionamiento de la flota vehicular, que requiere de una inversión menor en este rubro. No obstante, se propone seguir atendiendo la demanda en el tramo norte de éste mediante la implementación de 3 rutas alimentadoras.

Los costos y beneficios identificados son los mismos para ambos proyectos, no así su cuantificación y valoración. En el caso de la valoración aplicada a los costos y beneficios, se actualizaron ambos conceptos.

A continuación se presenta en la tabla 3.28 una comparación de los indicadores de rentabilidad social, la demanda y los indicadores de operación y beneficios (tanto de ahorro en tiempo de viaje como de ahorro en costo de operación vehicular).

Tabla 3.26. Comparación de los indicadores de rentabilidad social y de operación

		ACB 2012	ACB 2015
Indicadores de rentabilidad social	Tasa interna de retorno %	15.49	15.68
	Tasa de retorno inmediata	16.12	16.39
	Valor presente neto	538.20	474.1
	Valor presente de los beneficios	6,129.56	4,624.58
	Valor presente de los costos	5,591.36	4,150.48
Demanda	Exclusiva troncales + transbordos	190,157	145,441
	Auxiliares transversales	173,992	186,147
Indicadores de operación y beneficios	Tiempo promedio de viaje (min)	30.56	31.34
	Ahorro en tiempo de viaje promedio (min)	4.14	3.67
	Costo de operación vehicular diario (\$ miles)	1,451	671
	Ahorro en costo de operación vehicular diario (\$ miles)	257.4	878.7

En las tablas 3.27 y 3.28 se presentan los flujos nominales de costos y beneficios, así como los indicadores de rentabilidad social para cada proyecto de inversión.

Tabla 3.27. Flujos nominales del proyecto de inversión del ACB 2012 (montos en pesos)

Año	Costos sociales					Beneficios sociales							Beneficio Neto	Beneficio Neto descontado	VPN	TIR
	Inversión	Reinversión en material rodante	Operación y mantenimiento	Total de Costos	Flujo de costos descontados	Externalidad negativa por molestia de obra	Flujo descontado de costos por la externalidad	Beneficio por ahorro en tiempo	Beneficio por ahorro en Costos de Operación Vehicular	Valor de rescate	Total de Beneficios	Flujo descontado				
2012	113,639,479	0	0	113,639,479	113,639,479	-4,954,375	-4,954,375	0	0	0	-4,954,375	-4,954,375	-118,593,854	-118,593,854	-118,593,854	
2013	1,756,510,484	0	0	1,756,510,484	1,568,312,932	-84,325,843	-75,290,932	0	0	0	-84,325,843	-75,290,932	-1,840,836,327	-1,643,603,863	-1,762,197,717	
2014	779,811,935	-92,879,423	226,077,588	913,010,101	727,846,062	0	0	276,395,557	478,970,387	0	755,365,944	602,173,106	-157,644,157	-125,672,957	-1,887,870,674	
2015	0	-72,980,722	409,911,306	336,930,584	239,820,535	0	0	279,151,794	485,421,425	0	764,573,220	544,208,116	427,642,635	304,387,581	-1,583,483,093	
2016	0	-32,296,580	415,318,689	383,022,109	243,417,475	0	0	281,563,435	492,049,615	0	773,613,050	491,645,079	380,590,941	248,227,604	-1,335,255,489	-31.83%
2017	0	-73,571,763	422,271,250	348,699,487	197,861,453	0	0	283,819,982	498,864,284	0	782,684,266	444,116,072	433,984,779	246,254,619	-1,089,000,870	-15.89%
2018	0	-107,016,136	450,515,794	343,499,658	174,027,617	0	0	285,920,599	505,875,359	0	791,795,958	401,148,474	448,296,301	227,120,857	-961,880,013	-5.99%
2019	0	-108,486,690	444,518,876	336,032,186	152,003,896	0	0	287,867,489	513,093,407	0	800,960,896	362,314,033	464,928,710	210,310,137	-651,569,875	0.56%
2020	0	-74,457,931	463,965,652	389,527,720	157,323,713	0	0	289,663,768	520,529,674	0	810,193,441	327,223,542	420,665,721	169,899,829	-481,670,046	4.59%
2021	0	-62,369,761	496,430,452	434,060,692	156,526,637	0	0	291,314,082	528,196,136	0	819,510,218	295,523,600	385,448,526	138,996,963	-342,673,083	7.26%
2022	0	291,599,820	542,540,486	834,140,305	268,570,854	0	0	266,518,675	660,182,308	0	926,700,984	298,372,915	92,560,679	29,802,061	-312,871,021	7.77%
2023	0	-56,428,477	567,049,505	510,621,028	146,791,344	0	0	267,611,983	669,074,009	0	936,685,993	289,274,840	426,064,965	122,483,496	-190,387,525	9.68%
2024	0	175,026,602	554,992,928	730,019,530	187,377,831	0	0	268,559,577	678,209,884	0	946,769,462	243,012,140	216,749,932	55,634,309	-134,753,216	10.43%
2025	0	166,244,928	563,887,703	730,132,631	167,327,554	0	0	269,382,476	687,602,791	0	956,985,266	219,316,323	226,852,635	51,988,769	-82,764,447	11.08%
2026	0	-18,269,080	575,747,257	557,478,177	114,071,080	0	0	270,086,972	697,266,411	0	967,353,383	197,939,668	409,875,206	83,868,588	1,104,141	12.01%
2027	0	-59,544,263	592,350,394	532,806,121	97,341,686	0	0	270,679,636	707,215,308	0	977,894,944	178,657,750	445,088,823	81,316,064	82,420,205	12.79%
2028	0	-92,988,636	636,229,988	543,241,352	88,614,432	0	0	271,167,598	717,464,985	0	988,632,583	161,267,390	445,391,232	72,652,958	155,073,162	13.41%
2029	0	-94,459,190	658,763,926	564,304,736	82,187,791	0	0	271,558,774	728,031,949	0	999,590,723	145,584,732	435,285,987	63,396,941	218,470,103	13.89%
2030	0	294,682,569	609,098,935	903,781,503	117,527,376	0	0	243,552,976	727,150,263	0	970,703,238	126,229,851	66,921,735	8,702,475	227,172,578	13.95%
2031	0	-47,464,511	615,263,435	567,798,924	65,925,303	0	0	243,570,435	736,943,925	0	980,514,360	113,844,362	412,715,435	47,919,059	275,091,637	14.27%
2032	0	-53,911,899	622,969,126	569,057,227	58,992,322	0	0	243,449,924	747,006,530	0	990,456,455	102,677,417	421,399,228	43,665,095	318,776,732	14.53%
2033	0	-49,570,340	651,851,200	602,280,861	55,746,883	0	0	243,356,139	757,352,240	0	1,000,708,379	92,625,179	398,427,518	36,878,296	355,655,028	14.74%
2034	0	181,940,839	646,086,367	828,027,206	68,430,247	0	0	243,220,988	767,996,123	0	1,011,217,111	83,569,521	183,189,905	15,139,274	370,794,302	14.82%
2035	0	173,159,166	664,579,793	837,738,958	61,815,045	0	0	243,053,738	778,954,222	0	1,022,007,961	75,411,878	184,269,002	13,596,833	384,391,135	14.88%
2036	0	-11,354,842	692,320,259	680,965,416	44,863,434	0	0	242,863,482	790,243,612	0	1,033,107,094	68,063,268	352,141,678	23,199,834	407,590,969	14.99%
2037	0	-52,630,026	738,554,657	685,924,631	40,348,355	0	0	242,659,023	801,882,474	0	1,044,541,497	61,443,385	358,616,866	21,095,030	428,685,999	15.09%
2038	0	263,989,601	686,045,730	950,035,331	49,896,625	0	0	232,599,344	789,867,529	0	1,022,466,872	53,700,788	72,431,541	3,804,163	432,490,162	15.11%
2039	0	-89,227,952	673,750,252	584,522,299	27,410,343	0	0	232,355,851	800,505,902	0	1,032,861,753	48,434,585	448,339,453	21,024,242	453,514,404	15.19%
2040	0	-56,578,106	682,089,272	625,521,166	26,190,113	0	0	232,126,133	811,436,415	0	1,043,562,548	43,693,200	418,041,382	17,503,087	471,017,491	15.26%
2041	0	-43,527,417	692,833,839	649,306,422	24,273,200	0	0	231,916,839	822,674,449	0	1,054,591,289	39,424,076	405,284,867	15,150,876	486,168,366	15.32%
2042	0	-56,033,712	707,146,447	651,112,735	21,732,791	0	0	231,733,829	834,236,376	0	1,065,970,205	35,579,872	414,857,470	13,847,081	500,015,447	15.37%
2043	0	-52,146,583	746,158,418	694,011,834	20,682,745	0	0	231,582,096	846,139,619	0	1,077,721,716	32,117,958	383,709,881	11,435,214	511,450,661	15.40%
2044	0	179,682,496	739,776,876	919,459,371	24,465,597	0	0	231,465,701	858,402,728	834,763,049	1,924,631,478	51,211,896	1,005,172,106	26,746,299	538,196,960	15.49%
Total	2,649,961,898	268,131,978	18,189,126,387	21,107,220,263	5,591,362,749	-89,280,218	-\$80,245,306,510	8,000,768,898	21,438,840,339	834,763,049	30,185,092,067	6,129,559,710	9,077,871,804	538,196,960		

Tabla 3.28 Flujos nominales del proyecto de inversión del ACB 2015 (montos en miles de pesos)

Año	Inv. Infra.	Inv. Recaudo, Equipamiento taller	Adquisición Veh.	Mto. Infra	Costo de Operación	Compra y reposición veh y prepago	Costo por molestias	Costos totales	Costos totales actualizados	Ahorros operación	Ahorros tiempo	Liberación recursos	Valor de rescate	Beneficios totales	Beneficios totales actualizados	Flujo neto	VPN (MDP)	TR (%)	TRI (%)
2013	267,086						45,641	312,727	312,727					-	-	(312,727)			
2014	450,155	94,271	296,770				72,396	913,592	830,538					-	-	(913,592)	(1,143,265)		
2015	161,373	95,372	151,646	2,132	222,520			633,042	523,176	493,439	96,145	184,271		773,856	639,550	140,613	(1,026,891)		
2016				2,207	229,361	9,966		241,533	181,467	289,970	155,237			445,207	334,490	203,674	(873,868)		12.46%
2017				(668)	232,666	962		232,959	159,114	301,412	161,163			462,574	315,945	229,615	(717,037)		-26.41%
2018				2,207	242,396	(333,831)		(89,227)	(55,403)	305,889	165,101			470,991	292,448	560,218	(369,186)		-2.31%
2019				11,457	250,547	(7,980)		254,023	143,389	313,249	168,341			481,590	271,845	227,567	(240,730)		2.93%
2020				2,207	259,288	4,639		266,134	136,569	318,866	171,329			490,195	251,548	224,062	(125,751)		6.73%
2021				(17,043)	274,599	9,966		267,521	124,801	319,859	174,122			493,982	230,446	226,460	(20,106)		9.53%
2022				2,207	292,225	277,983		572,415	242,760	316,011	176,921			492,932	209,051	(79,483)	(53,814)		8.69%
2023				2,207	296,964	72,530		371,701	143,307	318,404	179,527			497,931	191,974	126,230	(5,147)		9.88%
2024				26,457	302,505	144,248		473,209	165,857	328,088	181,933			510,020	178,759	36,811	7,755		10.17%
2025				(668)	309,290	69,948		378,570	120,624	338,069	184,366			522,435	166,464	143,865	53,595		11.11%
2026				2,207	316,346	12,941		331,494	96,022	346,309	186,428			532,738	154,315	201,244	111,888		12.13%
2027				2,207	327,116	10,520		339,842	89,491	352,153	188,370			540,523	142,337	200,681	164,733		12.91%
2028				2,207	339,336	(338,362)		3,181	762	354,961	190,249			545,210	130,519	542,029	294,491		14.44%
2029				(42,793)	355,307	490		313,004	68,119	356,612	191,769			548,382	119,344	235,378	345,716		14.93%
2030				2,207	383,064	138,276		523,546	103,581	345,932	193,133			539,064	106,651	15,518	348,786		14.95%
2031				2,207	385,819	220,044		608,069	109,367	348,760	194,253			543,013	97,666	(65,057)	337,085		14.85%
2032				2,207	390,549	19,038		411,794	67,332	361,693	195,038			556,731	91,030	144,937	360,783		15.04%
2033				(668)	398,100	11,132		408,564	60,730	371,373	195,614			566,987	84,279	158,422	384,332		15.21%
2034				26,457	409,867	143,078		579,402	78,295	377,164	194,512			571,676	77,251	(7,726)	383,288		15.21%
2035				2,207	419,174	76,520		497,901	61,165	384,870	194,708			579,578	71,199	81,677	393,322		15.27%
2036				2,207	433,807	8,824		444,837	49,679	388,136	201,333			589,469	65,831	144,632	409,474		15.37%
2037				(17,043)	454,475	13,758		451,189	45,807	386,738	208,700			595,438	60,452	144,248	424,119		15.45%
2038				2,207	484,008	(208,121)		278,094	25,667	376,537	216,846			593,383	54,767	315,288	453,219		15.59%
2039				11,457	488,691	64,234		564,382	47,355	375,403	223,106			598,509	50,218	34,127	456,082		15.61%
2040				2,207	496,909	175,372		674,487	51,448	385,486	233,798			619,285	47,238	(55,203)	451,871		15.59%
2041				(668)	506,436	7,333		513,100	35,580	393,644	227,860			621,504	43,097	108,404	459,388		15.62%
2042				2,207	514,533	16,942		533,682	33,643	407,425	221,483			628,908	39,646	95,226	465,391		15.65%
2043				2,207	525,330	16,887		544,424	31,200	415,792	215,377			631,169	36,171	86,745	470,363		15.66%
2044				26,457	541,606	130,483		698,545	36,393	418,252	216,695			634,947	33,080	(63,598)	467,049		15.65%
2045				2,207	551,548	77,867		631,622	29,915	428,824	217,268			634,947	33,080	(63,598)	467,049		15.65%
	\$878,614	\$ 189,643	\$ 448,416	\$ 64,584	11,634,382	\$845,685	\$ 118,037	\$ 14,179,360	\$ 4,150,476	\$ 11,219,322	\$ 5,920,723	\$ 184,271	\$ 134,579	\$ 17,458,896	\$ 4,624,584	\$ 3,279,535	474,109		15.68%

La mejora en la rentabilidad social del presente proyecto, comparado con el proyecto registrado en el año 2012 en la UISHCP, se atribuye a una caída de apenas el 9% de la demanda contra una caída del 43% sobre la inversión total del proyecto.

iv. Situación con proyecto de inversión

En esta sección se señalan las características más importantes del proyecto de inversión para la implementación de un sistema integral de transporte público en la cuenca Norte Sur. En particular, se analiza cómo se modificaría la oferta y la demanda de servicios de transporte público una vez que inicie en operaciones el proyecto, en relación al escenario de situación sin proyecto optimizada (Sección 3).

a) Descripción general

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual (Sección 2) y la situación optimizada (Sección 3) en la cuenca Norte Sur, queda claramente evidenciada la problemática de movilidad que se enfrenta, derivada de la gran afluencia vehicular en el área y de una deficiencia en el sistema de transporte público en general. Esta situación se verá mitigada por la entrada en funcionamiento de los troncales propuestos. A continuación se describe el proyecto y se caracteriza cada uno de los componentes del mismo.

De acuerdo a lo establecido en los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de programas y proyectos de inversión,” de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (Diario Oficial de la Federación, 2012), la implementación del sistema integral de transporte público en la Ciudad de Puebla es un **proyecto de infraestructura económica**, que se define como “*un proyecto de construcción, adquisición y ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios en los sectores de electricidad, hidrocarburos, comunicaciones y transportes, y agua*”.

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	X
Proyecto de infraestructura social	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura gubernamental	
Proyecto de inmuebles	
Programa de adquisiciones	<input type="checkbox"/>
Programa de mantenimiento	
Otros proyectos de inversión	
Otros programas de inversión	<input type="checkbox"/>

El proyecto se considera de **largo plazo** dentro de las definiciones de dichos lineamientos, en donde “bajo esta denominación, se incluyen todos los proyectos de infraestructura productiva de largo plazo a que se refieren los Artículos 18, tercer párrafo,

de la Ley General de Deuda Pública y 30, segundo párrafo, de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal, así como los de rehabilitación y mantenimiento cuyo objeto sea incrementar la vida útil o capacidad original de los activos fijos destinados a la producción de bienes y servicios de los sectores mencionados” (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2012).

Conforme a los Lineamientos del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) (INEGI, 2007), referido a la estructura de clasificación que comparten Canadá, Estados Unidos y México de todas las actividades económicas (productivas o no productivas, con o sin fines de lucro), el proyecto se clasifica de la siguiente manera (Tabla 4.1):

Tabla 4.1 Clasificación en el SCIAN.

Categoría	ID	Descripción
Sector	48-49	Transportes, correos y almacenamiento
Subsector	485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril
Rama	4851	Transporte colectivo urbano y suburbano de pasajeros de ruta fija
Subrama	48511	Transporte colectivo urbano y suburbano de pasajeros de ruta fija
Clase de actividad	485111	Transporte colectivo urbano y suburbano de pasajeros en autobuses de ruta fija (MÉX).

Fuente: Spectron Desarrollo S.C. con información del INEGI, Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte.

Un sistema integral de transporte

El estudio de movilidad y el análisis de alternativas mostraron la necesidad de plantear como solución a la problemática de la cuenca Norte Sur, un proyecto de inversión cuyo diseño de transporte público se base en un sistema integral de redes que atienda las demandas específicas de movilidad identificadas en toda la cuenca Norte Sur. Estas demandas se caracterizan por dos ejes troncales naturales: la avenida 11 Norte Sur y la avenida 16 de Septiembre, en los que se concentra una demanda propia de viajes pero complementaria, que en la situación actual está siendo atendida por rutas de incidencia directa con recorridos norte sur y/o con trayectos oriente poniente los cuales interconectan ambas vialidades. Además existen rutas de incidencia indirecta cuyos trayectos son locales o cruzan la cuenca sin tener mayor relación con los troncales naturales de la misma.

Por lo anterior, se propone un proyecto, caracterizado por un eje troncal en carril confinado sobre la 11 Norte Sur y un eje troncal en carril preferencial sobre la avenida 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo y sus respectivas rutas auxiliares.

Cabe mencionar que el tipo de carril, confinado o preferencial, se determinó en función específicamente del número de viajes/día que se registraron en la sección de máxima demanda un sentido de cada troncal. Así, se decidió construir un carril confinado en el eje troncal 11 Norte Sur debido a que se requiere que los autobuses articulados operen con una alta frecuencia (veh/h) durante un lapso de tiempo y en una dirección específicos (sección de máxima demanda un sentido); en tanto en el eje troncal de 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo se optó por un carril preferencial, dado que el número de viajes se distribuye más homogéneamente a lo largo del día.

Esta solución permite dar una respuesta integral a la problemática de movilidad de la cuenca al atender la demanda natural de viajes a lo largo de las rutas troncales que unen la zona habitacional situada al sur de la cuenca con la zona industrial situada al norte. Al mismo tiempo, las rutas auxiliares permiten la opción de transbordo a un troncal y/o entre ambos troncales; y simultáneamente atienden la demanda de viajes transversales locales con dirección oriente poniente a lo ancho de la cuenca.

Principales características y componentes del proyecto

En particular, se propone que el proyecto de sistema integral contenga los siguientes componentes: 1) un sistema de rutas para la integración operativa de los servicios; 2) un sistema de prepago para la integración de la tarifa; 3) un conjunto de infraestructura dedicada para la integración física:

- 1) *Un sistema de rutas para la integración operativa de los servicios*
 - a. Dos ejes troncales que atenderán la demanda natural de viajes que unen el área habitacional situada al sur de la cuenca con la zona industrial situada al norte.
 - b. Una red de rutas auxiliares integradas a fin de atender:
 - a. La demanda de viajes: de alimentación con trasbordo en ambos troncales y
 - b. La demanda de viajes transversales locales, con dirección oriente poniente.
- 2) *Un sistema de prepago para la integración de la tarifa*

Tanto las rutas troncales como las rutas auxiliares contarán con un sistema de prepago que permita el transbordo sin necesidad de pagar una tarifa adicional, apoyado en un centro de control operacional que permitirá alcanzar economías de escala con el corredor Chachapa - Tlaxcalancingo; a fin, de permitir el funcionamiento de todos los vehículos con una tarifa unificada.

Asimismo, compartirán un sistema de semaforización inteligente compatible con el que está contemplado para el corredor Chachapa - Tlaxcalancingo, que permitirá hacer más eficiente el tránsito en general y dar seguridad a los transeúntes que crucen por ambos troncales.

- 3) *Un conjunto de infraestructura dedicada para la integración física*
- a) Un eje troncal con un servicio de Bus Rápido Troncal (Bus Rapid Transit BRT), en carril confinado sobre la avenida 11 Norte Sur (11NS).
 - b) Un eje troncal en carril preferencial sobre la Avenida 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo con dos servicios, uno hacia los Estadios y otro hacia la avenida Carmen Serdán.
 - c) Un conjunto de estaciones en el eje troncal 11 Norte Sur y tótems en el troncal 16 Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo que faciliten el ascenso descenso de usuarios.
 - d) Terminales, patios de encierro y taller.

La implementación del proyecto se concibe en dos etapas, puesto que es muy difícil, costoso y genera muchas complicaciones viales la implementación de una red completa de transporte público en un sólo período. La primera etapa es importante porque debe captar suficientes pasajeros para establecer el nuevo sistema de manera sólida (Wright & Hook, 2010).

- En la primera, se llevará a cabo la implementación y puesta en operación del troncal 11 Norte Sur, la construcción de dos terminales y un patio con taller. Su construcción está muy avanzada y la puesta en operación se contempla para el primer trimestre del 2015.
- En la segunda etapa se implementará el troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes 5 de Mayo, iniciando su construcción en el primer trimestre del 2015 y comenzar a operar en enero del 2016. Este troncal se conformará por dos servicios en carril preferencial que parten en el sur del Periférico Ecológico sobre la Av. 16 de Septiembre, continúan sobre el Blvd. Héroes del 5 de Mayo, bifurcándose uno hacia la calzada Ignacio Zaragoza hasta llegar a los Estadios desde donde retornará; en tanto otro servicio continuará sobre el Blvd. Norte hasta la avenida Carmen Serdán. Los carriles preferenciales se reencarpetarán y delimitarán con topes canalizadores o vialetones. Cabe mencionar que el Gobierno del Estado y el H. Ayuntamiento de Puebla han iniciado trabajos de reencarpetamiento con pavimento hidráulico en el Blvd. Héroes del 5 de Mayo, por lo que aún faltaría por realizar los trabajos de reencarpetamiento de las demás vialidades que conforman este eje troncal.

Finalizadas las dos primeras etapas, el Gobierno del Estado de Puebla tendrá la opción, como una medida de política pública, la reestructura de las rutas de incidencia indirecta a fin de hacer más eficiente la movilidad en el resto de la cuenca.

El proyecto tiene un horizonte de evaluación de 33 años.

Reestructuración de rutas

En la actualidad, como se ha presentado previamente, existen 81 rutas operando en la cuenca Norte Sur, de las cuales 21 lo hacen de manera directa en relación al troncal 11 Norte Sur, 9 rutas se vinculan directamente al eje 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo; y 51 son rutas de incidencia indirecta que operan en toda la cuenca Norte Sur.

El proyecto propone la siguiente reestructuración de las rutas de la cuenca Norte Sur:

De las 21 rutas de influencia directa sobre el troncal 11 Norte Sur, quedarán 18 rutas:

- un troncal en carril confinado (13.8 km) para autobuses articulados;
- 17 rutas auxiliares.

De las 9 rutas vinculadas directamente al eje 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo, quedarían:

- un troncal en carril preferencial sobre la 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo hacia los Estadios (17.9 km)
- un troncal sobre la 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo con dirección hacia la avenida Carmen Serdán (19.2 km).
- 5 rutas auxiliares.

Las rutas auxiliares darán servicio de alimentación con transbordo en los dos troncales así como a viajes transversales locales con dirección oriente poniente.

Las 51 rutas de incidencia indirecta se reestructurarán de la siguiente manera:

- 9 rutas se mantienen sin cambio;
- 22 rutas son recortadas (cambian de derrotero);
- 20 de esas rutas se eliminan.

Tabla 4.2. Reestructuración de rutas.

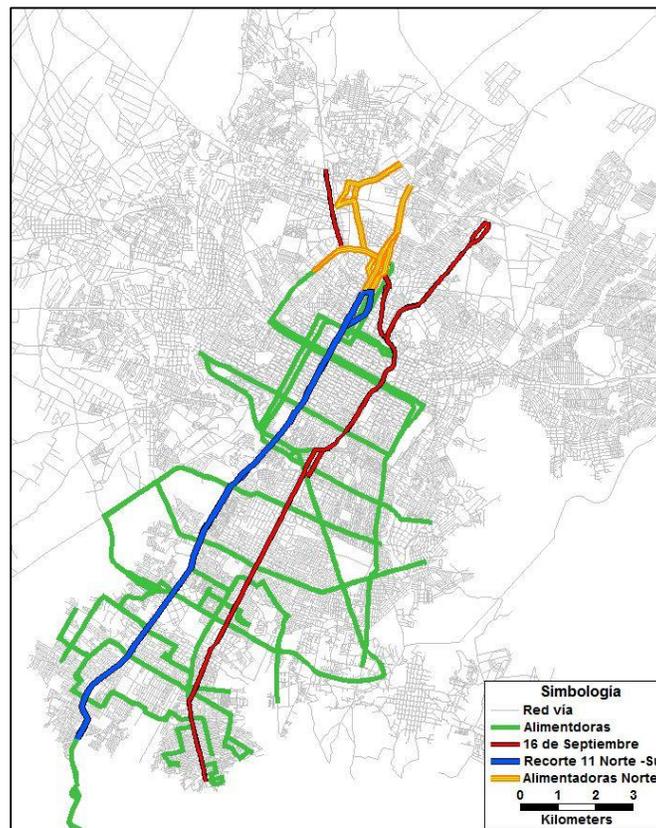
	11 Norte Sur	16 de Septiembre	De incidencia indirecta	Total de Rutas
Situación actual/optimizada	21 rutas incidencia directa	9 rutas incidencia directa	51 rutas incidencia indirecta	81
Troncal	1	1 con dos servicios: a Estadios y a Carmen Serdán	NA	2

	11 Norte Sur	16 de Septiembre	De incidencia indirecta	Total de Rutas
Auxiliares de alimentación para viajes con transbordo en troncales y viajes transversales locales	17	5	NA	19
Total de rutas del Proyecto Sistema Integral	18	6	NA	21

Fuente: (Spectron Desarrollo S.C., 2012), Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

La figura 67 muestra el troncal 11 Norte Sur (línea azul), el troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo (línea roja), las rutas auxiliares (líneas naranjas) y las rutas de incidencia indirecta (líneas verdes), que forman parte del sistema integral de rutas del proyecto para dar solución a la problemática de la cuenca Norte Sur.

Figura 67. Sistema Integral de Transporte Masivo de la Cuenca Norte Sur.



Fuente: (Spectron Desarrollo S.C., 2012), Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur.

La puesta en operaciones de la primera etapa (1 troncal 11 Norte Sur, 14 rutas auxiliares y 3 rutas alimentadoras) se considera para el año 2015.

Se ha proyectado iniciar la segunda etapa (1 troncal 16 de Septiembre y 5 rutas auxiliares) de construcción en el segundo trimestre del año 2015 y comenzar a operar en marzo de año 2015. El troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo se integrará junto con sus auxiliares al sistema de prepago, de tal forma que los vehículos de los dos troncales, así como las unidades de sus rutas auxiliares funcionarán con una tarifa única y mediante tarjetas inteligentes. Las unidades de las rutas auxiliares deberán contar con barras contadoras y sistema de cobro a bordo con la finalidad de: a) controlar el ingreso de las auxiliares y b) reducir el efecto barrera que genera la tarjeta por la baja liquidez de los usuarios y por la baja accesibilidad a máquinas expendedoras en la periferia. Las unidades del servicio troncal sólo utilizarán tarjeta. En las estaciones y tótems se dispondrá de equipos de recarga de tarjeta.

Asimismo, las unidades del troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo compartirán el centro de control de operaciones puesto en funcionamiento durante la primera etapa de implementación. También compartirán el taller y el patio de encierro, aunque se prevé una ampliación de los mismos al incorporar este último troncal, así como la construcción de una terminal en el extremo sur de la 16 de Septiembre.

Finalmente, en una tercera etapa de implementación, se negociará con los concesionarios de las actuales rutas de incidencia indirecta (51 rutas) para seleccionar las unidades actuales de menor antigüedad para que formen el parque vehicular de las 51 rutas remanentes que se reestructurarán.

Proyecto

El proyecto propuesto es un sistema integral que consiste en:

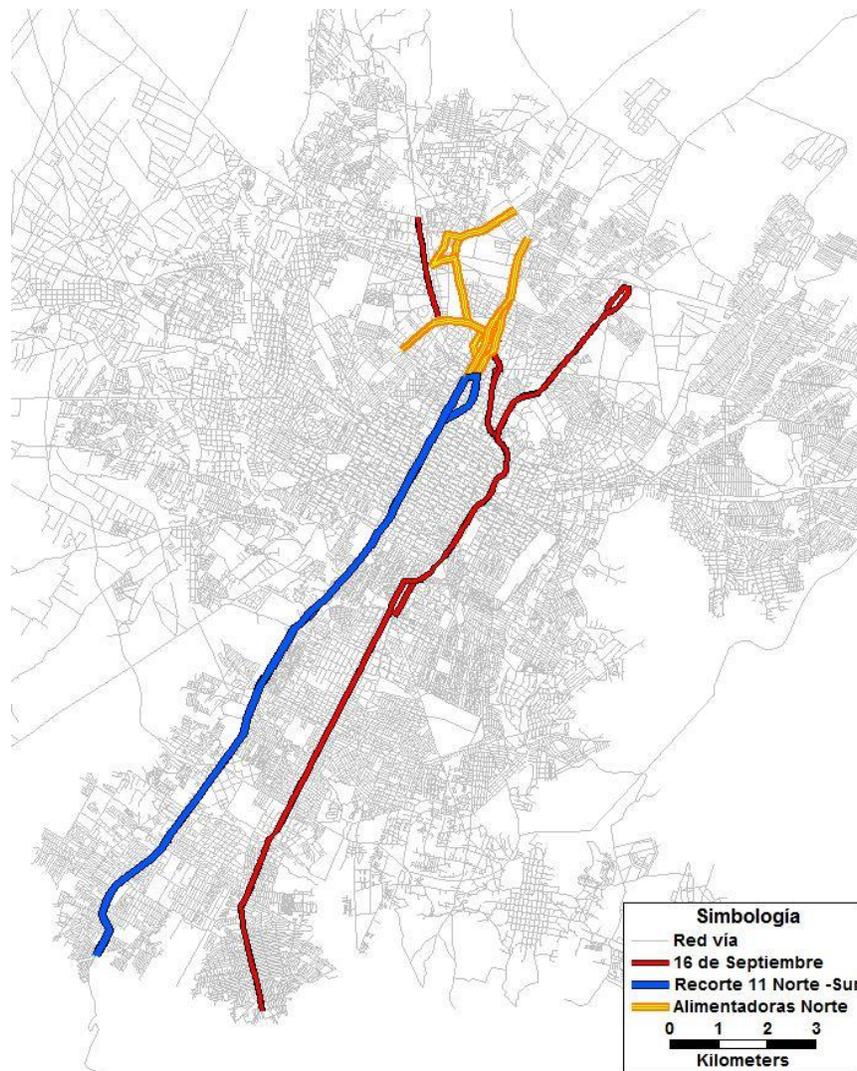
1. Un troncal con carril confinado sobre la 11 Norte Sur, con 13.8 km. de longitud en promedio que cruza de norte a sur la ciudad. Específicamente, el proyecto de infraestructura en esta vialidad consiste en la construcción de un troncal de transporte público masivo para BRT.

El recorrido del trazo del troncal es sobre la vía 11 Norte Sur: comienza en el norte a la altura de la Defensores de la República integrándose con el corredor 1: Chachapa Tlaxcalancingo del Sistema RUTA y hacia al sur en la colonia San Ramón a la altura de la calle Margarita. La especificación del recorrido con la identificación de las estaciones (paradas), estaciones de integración intermodal y terminales se aprecian en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.68.**

2. Un troncal en carril preferencial sobre la 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo con 17.9 km. de longitud en promedio que tendrá dos servicios: uno que irá hacia los Estadios y otro hacia la avenida Carmen Serdán con 19.2 km.

El recorrido del trazo inicia al sur en la colonia Balcones del Sur a la altura de la calle Pablo Neruda y continúa por la avenida 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo, hasta bifurcarse en dos servicios: uno hacia Blvd. Norte para llegar a la avenida Carmen Serdán, desde donde retorna; y otro hacia la avenida 2 Norte, continuando sobre la calzada Ignacio Zaragoza hasta los Estadios, para luego retornar sobre el mismo trazo.

Figura 68: Trazo del troncal 11 Norte Sur y del troncal 16 de Septiembre.



Fuente: (Spectron Desarrollo S.C., 2012), Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur con información del anteproyecto ejecutivo de obra.

3. La propuesta considera un sistema de rutas auxiliares para el troncal 11 Norte Sur y para el troncal 16 de Septiembre, 17 y 5 rutas auxiliares respectivamente.

El proyecto contribuye a la transformación de Puebla como una ciudad saludable, equitativa, competitiva y sostenible. El diseño de los dos troncales, un carril confinado y otro preferente fueron concebidos dentro de un modelo urbano de movilidad integral que desalienta el uso indiscriminado del automóvil. Desde su concepción se comprende a la movilidad como un sistema integral y no sólo como un conjunto de modalidades de transporte independientes unas de otras.

Facilitar a los poblanos diversas opciones de movilidad (BRT, carriles preferentes para transporte público, bicicleta) que no se restrinjan al uso de vehículos particulares es una opción altamente viable, que mejorará no sólo la movilidad sino también la calidad de vida ciudadana. Esta transformación se logrará mediante la intervención en la infraestructura vial con la creación de los troncales, así como con el fomento de una cultura diversa de movilidad como complemento del sistema de transporte público que propone el actual proyecto.

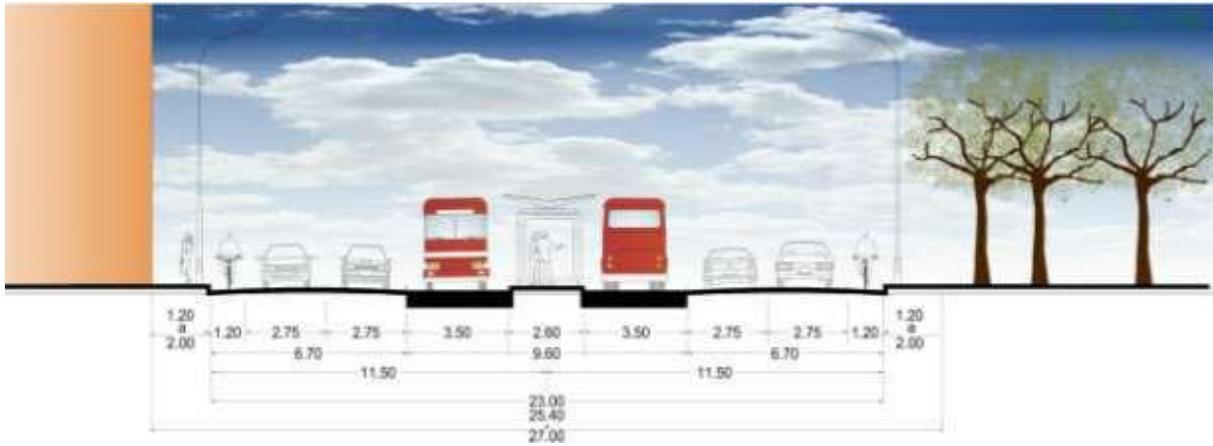
Los criterios para el diseño de los componentes físicos del troncal responden a la calidad urbana de uno de los centros históricos más grandes del país y deben potenciar la revitalización y redensificación del polígono del Centro Histórico. A continuación se describe cada uno de los componentes que resultan de la implementación del sistema integral, así como sus principales características.

Tabla 4.3. Principales características de los componentes de infraestructura del sistema integral.

Componente	Eje vial	Cantidad	Principales características
Infraestructura vial para autobuses articulados	11 Norte Sur	1	<p>Longitud: 13.80 km en promedio. Dirección Sur Norte: 13.8 km. Dirección Norte-Sur: 13.8 km. Sistema de retornos en vías paralelas, vueltas a la izquierda prohibidas para el transporte privado.</p> <p>Cuenta con una sección tipo de 24.50 metros en promedio que contendrá un carril confinado por sentido de concreto hidráulico de 3.50 metros de ancho para autobuses articulados y dos carriles para vehículos de uso privado en cada sentido.</p>
Infraestructura vial para carril preferente	16 de Septiembre- Blvd. Héroes del 5 de Mayo	1	<p>Longitud: 22.05 km Tramo compartido: 12.44 km Tramo Av. Carmen Serdán: 5.48 km. Tramo Estadios: 4.13 km</p> <p>Cuenta con una sección tipo, en promedio, de 14.5 metros que contendrá un carril preferencial por sentido de 3.0 metros de ancho para autobuses de 100 pasajeros y dos carriles para vehículos de uso privado. Se realizará el reencarpetado de los carriles preferentes y se separarán con topes canalizadores o vialtones de los demás carriles que utiliza el transporte de uso privado.</p>

Fuente Spectron Desarrollo S.C. con información del Anteproyecto de Obra, 2012.

Figura 69: Ejemplo de sección tipo en el troncal 11 Norte Sur.



Fuente Spectron Desarrollo S.C. con información del Anteproyecto de Obra, 2012.

En la siguiente tabla se describen las estaciones de cada uno de los troncales que conforman el sistema integral de transporte público y sus características.

Tabla 4.4. Principales características de las estaciones y tótems.

Componente	Eje Vial	Cantidad	Principales Características
Estaciones (paradas)	11 Norte Sur	33	Estaciones ligeras favoreciendo la transparencia, tanto por seguridad como por respeto al entorno urbano construido. Dimensiones promedio: 50 m. x 2.60 m Estarán equipadas con mobiliario para espera y disposición de basura. Se dispondrá de equipos de recarga de tarjeta de prepago y torniquetes de control de acceso. Distancia promedio entre estaciones: 500 m (el troncal cruza un distribuidor vial en donde el promedio crece a 600 m)
Estaciones de Integración Intermodal	11 Norte Sur	1	Permitirán realizar el intercambio entre rutas auxiliares y peatones. Su diseño responderá específicamente al emplazamiento urbano y a las limitantes del entorno. Se localiza al sur del corredor
Estación de Interconexión	11 Norte Sur	2	Se ubican: dos estaciones sobre el par vial del corredor Chachapa Tlaxcalancingo.
Terminales	11 Norte Sur	1	Se ubican en la cabecera del troncal, siendo las últimas estaciones. Deberán contar con opciones para continuar el viaje por medio de otras rutas de autobuses, taxis, o automóvil propio. Se consideran 5,200 m ² y deberán contar con algunos servicios adicionales como sanitarios y estacionamiento de bicicletas
Tótems	16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo	96	Tótems o paraderos ligeros favoreciendo la transparencia, tanto por seguridad como por respeto al entorno urbano construido, serán austeros manteniendo la identidad gráfica del sistema tronco alimentador. Se localizaran a cada 500 mts a lo largo de 22 kms en ambas banquetas del troncal, estarán equipadas con mobiliario para espera y disposición de basura. Exhibirán la formación de recorridos, horarios y puntos de transferencia.
Terminal	16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo	1	Se ubica en la cabecera sur del troncal, siendo la última estación. No se contemplan terminales en los extremos norte de los dos servicios, dado que no hay espacio para su construcción; lo que se prevé es el retorno para emprender nuevamente su ciclo. Al final de la jornada, las unidades pueden dirigirse hacia el patio de encierro, localizado En Lomas de Castillotla

Fuente Spectron Desarrollo S.C. con información del Anteproyecto de Obra, 2012.

Figura 70: Ejemplo de estación para BRT en el troncal 11 Norte Sur.



Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Figura 71: Ejemplos de tótem para autobús en el troncal 16 de Septiembre.



Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Las figuras presentan los tipos de estaciones y paradas con tótems que contemplan los troncales, así como el tramo en el cual se localizan y su longitud. Es importante mencionar que las estaciones de interconexión que se contemplan en el diseño del troncal 16 de Septiembre Blvd. Héroes del 5 de Mayo no se consideran componentes de su infraestructura, ya que se trata de dos puntos en donde este troncal confluye con el troncal 11 Norte Sur, cuyo presupuesto de inversión las contempla.

Tabla 4.5. Tipología de las estaciones y distribución por tramo de los troncales.

Tramo	Eje Vial	Número y tipo de estaciones
Centro Histórico	11 Norte-Sur	27 Estaciones 2 Estaciones de Integración Intermodal 2 Estaciones de interconexión
Periférico – Colonia San Ramón	11 Norte-Sur	6 Estaciones 1 Estación Terminal
Total	11 Norte-Sur	33 estaciones 2 estación de integración intermodal 1 estación terminal
16 de Septiembre- Blvd. Héroes del 5 de Mayo hacia Av. Carmen Serdán (incluyendo tramo compartido)	16 de Septiembre .- Blvd. 5 de Mayo	76 tótems 1 estación terminal en el extremo sur
16 de Septiembre - Blvd. Héroes del 5 de Mayo-Estadios	16 de Septiembre .- Blvd. 5 de Mayo	20 tótems
Total	16 de Sept.	96 tótems 1 terminal

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Tabla 4.6. Características de otros componentes para la implementación de los troncales.

Componente	Eje Vial	Cantidad	Principales Características
Taller	11 Norte Sur y 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo	1	Se considera un predio de 6 ha ubicado en el tramo sur del troncal 11 Norte-Sur, que albergará un taller de mantenimiento, bodega para refacciones, oficinas administrativas.
Patios de encierro	11 Norte Sur y 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo	1	Se han considerado 1 patios para ambos troncales. Dos de ellos exclusivos para cada troncal y uno compartido. Los patios estarán localizados en cada extremo del troncal 11 Norte- Sur y otro al extremo sur del troncal 16 de Septiembre.
Centro de control operativo	11 Norte Sur y 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo	1	Estará ubicado en la terminal sur del troncal 11 Norte-Sur permitirá regular la frecuencia y el tránsito de los vehículos que operen en el proyecto.
Sistema de prepago	11 Norte Sur y 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo	1	Cada estación contará con máquinas expendedoras de tarjetas, consulta de saldo y recarga, sistema de validación de tarjetas, un servidor y un concentrador, así como un punto de acceso, todos conectados al sistema central de recaudo, ubicado en el centro de control operativo. La central de recaudo contará con su propia red de servidores y operadores With Sthatics (WS). A fin de brindar un servicio de calidad, los usuarios podrán pagar utilizando una tarjeta inteligente sin contacto en todos los vehículos de las rutas que operen en el proyecto: tanto troncales como las auxiliares.
Semaforización inteligente	11 Norte Sur y 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo	69	Este sistema permite coordinar los semáforos para que el tránsito fluya adecuadamente. Basado en la información que emiten las unidades mediante GPS, el centro de control de operaciones

Componente	Eje Vial	Cantidad	Principales Características
	Mayo		coordinará el paso de los autobuses por los troncales. Esta semaforización favorece tanto al transporte público como al privado, al optimizar el paso en los cruces conforme el tránsito existente.
Cruces peatonales a nivel y señalización de alta especificidad	Transeúntes	43	Un sistema que permita coordinar los cruces peatonales con los cruces del tránsito, promoviendo la seguridad de los transeúntes así como de los conductores contando con una señalización adecuada.
Infraestructura peatonal	11 Norte Sur	13.8 km por sentido	Se contempla la modernización de banquetas en cada sentido, asegurándose de generar cruces peatonales a nivel priorizando a los peatones. Se buscará la modernización de los mismos con bolardos y un criterio de pavimentos que se ajuste a las políticas de accesibilidad vigentes.
Mobiliario urbano	11 Norte Sur	13.8 km	Colocación selectiva de mobiliario en las diferentes zonas que atraviesa el Troncal: basureros, señalización, rampas, espacios para comunicación municipal y cultural, y bancas. Se pretende dignificar la imagen urbana del troncal 11NS por su importancia en su cruce con el Centro Histórico y la certeza de que se convierta en uno de los accesos principales a la ciudad por medio de la estación de integración intermodal que se ubicará en la Central de Abasto.

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

La siguiente tabla muestra el material rodante a utilizar en el sistema integral.

Tabla 4.7. Material rodante a utilizar en los troncales.

Componente	Eje Vial	Cantidad	Principales Características
Articulado de 160 pasajeros	Exclusivo troncal 11 Norte Sur	26+1	Se optará por un modelo de autobús articulado con capacidad para 160 pasajeros con una longitud de 18.10 m. Durante el periodo de servicio trabajarán 26 unidades más 5% reserva. Además, se ha seleccionado un autobús híbrido que funciona con Diesel UBA (ultra bajo azufre) que permite llegadas y salidas silenciosas. Dimensiones: 18.10 m x 2.55 m
Autobús de 100 pasajeros	Alimentadoras 11 Norte Sur	36+2	Para circular por las rutas auxiliares se optará por un modelo de autobús convencional con capacidad para 100 pasajeros. Durante el periodo de servicio trabajarán 36 unidades más un 5% de reserva.
Autobús de 40 pasajeros	Alimentadoras 11 Norte Sur	83+2	Se optará por un modelo de autobús con capacidad para 40 pasajeros. Durante el periodo de servicio trabajarán 52 unidades y se han considerado 5% de reserva.
Autobús de 100 pasajeros	Exclusivo 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo	68+2	Se optará por un modelo de autobús convencional con capacidad para 100 pasajeros. Durante el periodo de servicio trabajarán 40 unidades más un 5% de reserva. Dimensiones: 12.3 m x 2.5 m.
Autobús de 40 pasajeros	16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo	28+2	Para circular por las rutas auxiliares se optará por un modelo de autobús con capacidad para 40 pasajeros. Durante el periodo de servicio trabajarán 57 unidades y se tendrán 3 unidades más de reserva. Dimensiones: 5.6 m. x 1.8 m

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Figura 72: Material rodante: autobús articulado para 160 pasajeros.



Fuente Spectron Desarrollo S.C. con información del Anteproyecto de Obra, 2012.

Figura 73: Material Rodante: vehículo para 100 pasajeros.



Fuente Spectron Desarrollo S.C. con información del Anteproyecto de Obra, 2012.

Figura 74: Material rodante, vehículo para 40 pasajeros.



Fuente: Spectron Desarrollo S.C. con información del Anteproyecto de Obra, 2012.

Figura 75: Infraestructura peatonal.



Fuente: Spectron Desarrollo S.C. con información del Anteproyecto de Obra, 2012.

b) Alineación estratégica

El Plan Estatal de Desarrollo 2011-2017 (Gobierno del Estado de Puebla, 2007) y el Plan Sectorial de Movilidad de la ZMP (Logit S.A., por publicarse) proponen impulsar la modernización del Sistema de Transporte Colectivo de Pasajeros. En respuesta a ello es que se ha planteado la implementación del sistema de troncales, con autobuses BRT en carriles confinados y con autobuses convencionales en carriles preferenciales, a complementarse con rutas auxiliares que conforman la Red Urbana de Transporte Articulado de la ZMP - RUTA.

El objetivo central planteado en el presente proyecto es **resolver de manera integral y eficiente el problema de movilidad de los usuarios de transporte público de la Cuenca Norte Sur de la ZMP**. Los objetivos específicos son los siguientes:

- **Estructurar la movilidad sobre la cuenca Norte Sur**, de manera complementaria al corredor Chachapa Tlaxcalancingo que cruza de nororiente al sur poniente la Zona Metropolitana (ZMP), cuya implementación se encuentra en proceso.
- **Atender eficientemente la demanda de viajes dentro de la cuenca Norte Sur en dirección norte-sur** a través de dos troncales complementarios: 11 Norte-Sur y 16 de Septiembre–Blvd. Héroes del 5 de Mayo que se conectan entre sí y con el corredor Chachapa–Tlaxcalancingo en el área norte de la ZMP.
- **Reestructurar el total de las rutas que operan en la Cuenca Norte-Sur a fin de atender la demanda de viajes en dirección oriente poniente y optimizar** los beneficios tanto del corredor 11 Norte Sur como del corredor 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo.
- **Interconectar los servicios de la Red Urbana de Transporte Articulado-RUTA-** para conformar un sistema integral y eficiente de transporte público que logre reducir el tiempo de traslado de los usuarios.
- **Priorizar el transporte público de pasajeros en la ZMP**, al ofrecer un servicio público de calidad y accesible, sin menoscabo del transporte motorizado privado.
- **Construir infraestructura especializada** para privilegiar el transporte colectivo de pasajeros con carriles confinados, terminales y estaciones, con el propósito de disminuir los costos de operación y el tiempo de viaje de los usuarios.
- **Impulsar la organización de concesionarios** pasando del esquema hombre- camión a esquemas empresariales.

- **Promover la participación privada** con esquemas innovadores que incentiven la inversión en infraestructura y equipamiento para el transporte.
- **Proponer tecnologías limpias** que tiendan a disminuir las emisiones de contaminantes y el impacto al medio ambiente.
- **Mantener las características de interconexión actuales.**
- **Beneficiar las zonas de mayor densidad poblacional.**

Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018

El proyecto propuesto se inserta en el capítulo VI del Plan Nacional de Desarrollo “Transporte Urbano Masivo”.

Específicamente el **Objetivo 3** indica que se deben “generar condiciones para una movilidad de personas integral, ágil, segura, sustentable e incluyente, que incremente la calidad de vida.”, con base a las siguientes estrategias:

Estrategia 3.1 Promover la implementación de sistemas integrados de transporte urbano e interurbano de calidad como eje rector del desarrollo de infraestructura.

Estrategia 3.2 Optimizar el desplazamiento urbano de personas mediante sistemas integrados de transporte que garanticen rapidez y seguridad del viaje puerta a puerta.

Estrategia 3.3. Potenciar la inversión en proyectos de transporte sustentable, mediante una estrategia sólida de rentabilidad socioeconómica y beneficios ambientales.

En particular, el proyecto de la cuenca Norte Sur de Puebla es uno de los proyectos indicados en el apartado “Revisión técnica y gestión para el financiamiento y desarrollo para proyectos del Programa Federal de Apoyo al Transporte Masivo” que está contenido en la **Línea de acción 3.1.2.** “Impulsar proyectos clave de transporte masivo que cumplan con criterios de reducción de tiempos de recorrido, rentabilidad socioeconómica e impacto ambiental.

El presente proyecto propone sustituir el actual parque vehicular por equipo rodante de baja emisión de contaminantes, como son los autobuses Euro IV (Normativa gases de escape UE), que utilizan diesel Ultra Bajo Azufre (UBA); así como utilizar energía limpia para la iluminación de estaciones y terminales.

Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013 - 2018

El proyecto de los troncales 11 Norte-Sur y 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo se inserta en el capítulo 1.9 Desarrollo Urbano que indica que “Resulta imperativo promover el financiamiento y desarrollo de proyectos de infraestructura de transporte urbano eficientes y sustentables, tales como sistemas de autobús rápido BRT, autobuses articulados, trenes ligeros, metros y sistemas de transporte no motorizado”

Programa Nacional de Infraestructura 2014 - 2018

El Programa Nacional de Infraestructura 2014 - 2018 en su estrategia 1.2 indica lo siguiente “Generar infraestructura para una movilidad de pasajeros moderna, integral, ágil, segura, sustentable e incluyente”. Para ello establece cuatro líneas de acción.

1.2.1	Promover el desarrollo de infraestructura que contribuya al crecimiento de las localidades además de brindarles una mayor accesibilidad a los servicios.
1.2.2	Avanzar en la movilidad urbana sustentable mediante sistemas integrados de transporte que garanticen rapidez y seguridad del viaje puerta a puerta.
1.2.3	Potenciar el transporte interurbano de pasajeros a través del relanzamiento del ferrocarril de pasajeros.
1.2.4	Desarrollar y promover obras de infraestructura que contribuyan al crecimiento del turismo en el país

Para lograr una movilidad de pasajeros moderna en el país, el sector responderá a la necesidad de desahogar el tránsito entre urbes, retomando el transporte ferroviario y fomentando sistemas de transporte masivo que generen traslados más rápidos y seguros.

Plan Estatal de Desarrollo de Puebla 2011-2017

La construcción de los corredores 11 Norte-Sur y 16 de Septiembre-Blvd. 5 de Mayo se inserta en el **EJE I** del Plan Estatal de Desarrollo (PED) “Más Empleo y Mayor Inversión” en el **APARTADO 1.4** “Innovación para Movilizar y Acercar a Puebla”. La visión del sector de transportes en el PED es contar con un sistema de transporte público que conviva de manera eficiente con otros medios usados de forma privada, como bicicletas, motocicletas y automóviles; contar con un sistema de transporte público que sea rentable, lo que permitirá que surja el interés por parte de la iniciativa privada de invertir en el mismo, y que brinde seguridad laboral a quienes trabajen en dicho sistema; instrumentar políticas públicas orientadas a privilegiar el uso del transporte masivo y que no se limiten al uso del transporte terrestre, por el contrario, que se complementen con opciones de movilidad como el transporte aéreo y el ferroviario; e involucrar activamente a todos los actores

sociales y representantes del sector en las soluciones planteadas para incrementar significativamente las posibilidades de éxito de estos proyectos.

Uno de los proyectos estratégicos que plantea el PED es un sistema integral de corredores de BRT en la ZMP, (RUTA).

Los objetivos en los cuales se insertan los troncales 11 Norte-Sur y 16 de Septiembre-Blvd. Héroes del 5 de Mayo son:

- 1.4.1 Lograr una movilidad eficiente que disminuya los niveles de congestión vehicular y minimice los tiempos de recorrido.
- 1.4.2. Contar con un Sistema Integrado de Transporte Masivo de la ZMP seguro, confiable y rápido para los usuarios, y que distinga a Puebla como una de las ciudades más modernas del país en el tema de movilidad.
- 1.4.4. Impulsar la creación de sociedades mercantiles para fomentar la operación profesional, incentivando a los concesionarios a integrarse en nuevos modelos empresariales.

Mecanismo de Planeación, Art.34, Fracción 1

El artículo 34. Fracción 1 establece que se: *A) Identifiquen los programas y proyectos de inversión en proceso de realización así como aquellos que se consideren susceptibles de realizar en años futuros; y B) Se establezcan las necesidades de inversión a corto, mediano y largo plazo, mediante criterios de evaluación que permitan establecer prioridades entre los proyectos.* En ese sentido se hacen sinergias y economías de escala entre los proyectos de la RUTA, los DUIS mencionados con anterioridad y la modernización de otras arterias y puentes de la ZMP, como la modernización del Blvd. Héroes del 5 de Mayo y el puente sobre la autopista Mexico-Puebla a ser utilizado por la propia RUTA.

Programa Institucional de Transporte de Puebla 2011-2017

El Programa Institucional de Transportes retoma los objetivos del PED y enfatiza la necesidad de mejorar la calidad de vida tanto de los usuarios del transporte público como de la ciudadanía en general, que se ve afectada por el tiempo que destinan a trasladarse cotidianamente a lo largo de la ZMP. Para ello, es indispensable consolidar un sistema de transporte público que sea seguro, confiable y rápido.

Entre las acciones que se enuncian para el logro de estos objetivos se encuentran:

- Evaluar las mejores prácticas en la conformación del sistema de corredores de Transporte Masivo para su implementación en la ZMP.
- Introducir nuevos modos de transporte mejorando los ya existentes.
- Gestionar la obtención de financiamiento de otras fuentes adicionales a los recursos estatales y federales, así como el apoyo de organismos internacionales;
- incluyendo los denominados “fondos verdes” y “bonos de carbono” para implementar las acciones recomendadas.
-
- Elaborar los proyectos ejecutivos de las rutas troncales identificadas, adquirir los derechos de vía en caso de ser necesario, definir las bases de licitación para la construcción de infraestructura (carriles confinados, paraderos y encierros), estructurar los modelos de negocios incluyendo la posible implementación de Proyectos de Prestación de Servicios (PPS).

c) Localización geográfica

El sistema de troncales propuesto se encuentra emplazado en la cuenca Norte Sur, la cual se concibe como el área delimitada por las vialidades 11 Norte Sur (NS), 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo área que se definió como la franja que tiene los límites siguientes:

1. 750 metros al poniente de la vialidad 11 Norte-Sur
2. 750 metros al oriente del Blvd. Héroes del 5 de Mayo
3. Al norte la avenida Defensores de la República
4. Al sur a la altura de las colonias San Ramón, Cabañas de Santa María y Balcones del Sur localizadas en el extremo sur de la Zona Metropolitana de Puebla.

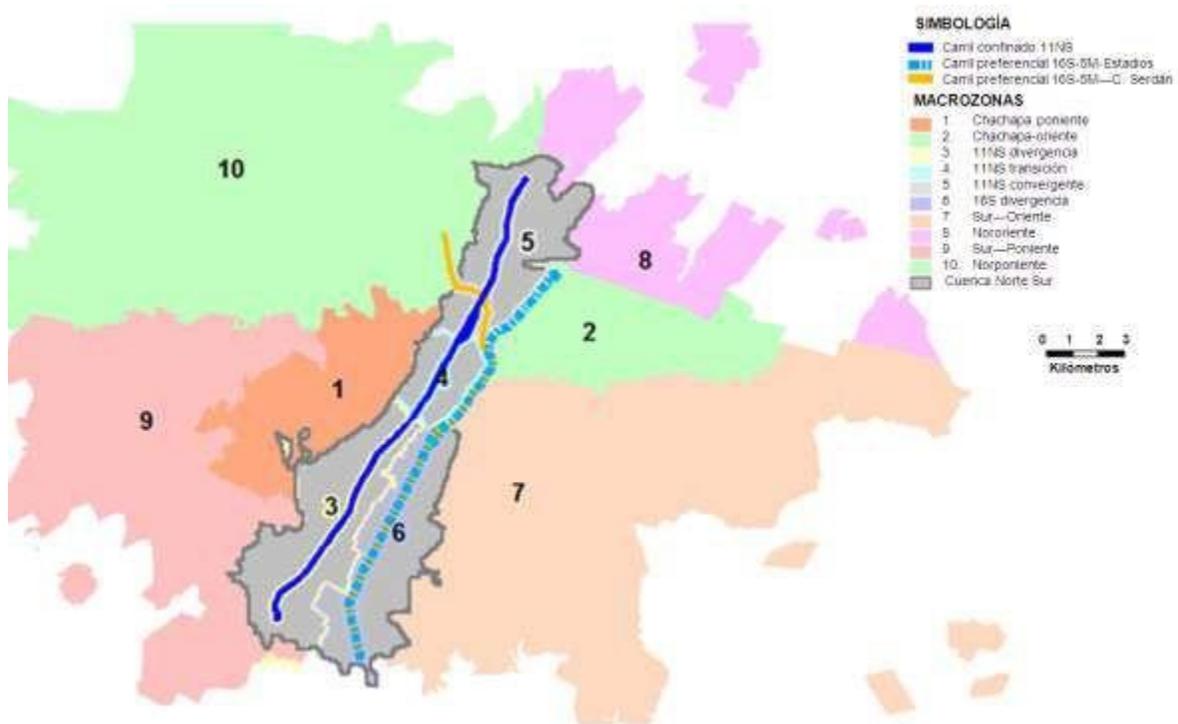
En el análisis de diagnóstico de la situación de movilidad, se seccionó a la ZMP para analizar la demanda de servicio de transporte público de manera más desagregada y precisa, como fue presentado en la Sección II. Con la finalidad de conocer de manera sintética la distribución espacial de viajes considerada en la matriz utilizada para la asignación y a su vez cuantificar el impacto social de la puesta en marcha del proyecto, los viajes se agruparon en macrozonas que son agregados de las unidades espaciales que conforman la zona de estudio conformado por colonias.

Se integraron un total de 10 macrozonas definidas de acuerdo a las cuencas de los troncales 11 Norte Sur y 16 Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo las cuales están conformadas de la siguiente manera (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.):

- Macrozona 1: Chachapa-Poniente
- Macrozona 2: Chachapa-Oriente
- Macrozona 3: 11 Norte Sur Divergencia
- Macrozona 4: 11 Norte Sur Transición
- Macrozona 5: 11 Norte Sur Convergencia
- Macrozona 6: 16 de Septiembre Divergencia
- Macrozona 7: Sur Norte
- Macrozona 8: Norte oriente
- Macrozona 9: Sur poniente
- Macrozona 10: Norte poniente

La Figura 76 muestra la localización de los troncales 11 NorteSur y 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo y su ubicación geográfica con respecto a las macrozonas listadas.

Figura 76: Sistema de troncales propuestos y macrozonas.

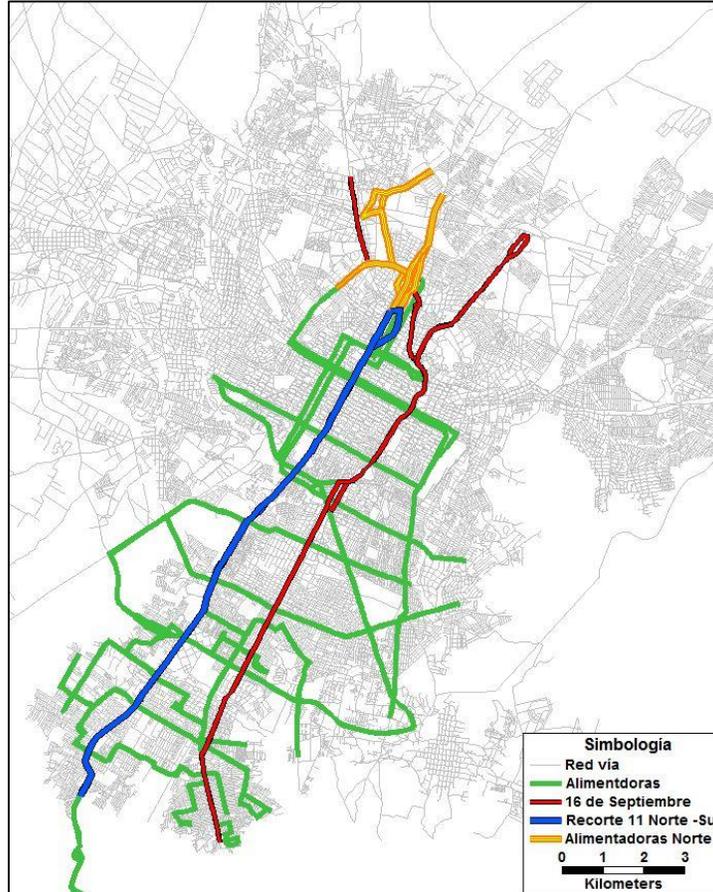


Fuente: Spectron Desarrollo, S. C., con información de Fuente: (Spectron Desarrollo S.C., 2012), Estudio de Movilidad de la cuenca Norte Sur.

Aun cuando se estudió la demanda que viaja en el total de 10 macrozonas, para la evaluación del sistema integral de transporte de la cuenca Norte Sur se calculó la demanda que viaja dentro de las macrozonas 3, 4, 5 y 6 delimitadas como el área contenida en 750 metros a partir de cada troncal y de cada ruta auxiliar. Esto abedece a que las 30 rutas con incidencia directa sobre las cuencas analizadas (11 Norte Sur y 16 de Septiembre) se encuentran inmersas en las macrozonas mencionadas anteriormente, mismas que son objeto de estudio para cambiar su esquema funcional y operacional que mejore la calidad del servicio de transporte en los corredores propuestos. Aun así el estudio de demanda diagnóstica y evalúa las 81 rutas que operan en la totalidad de la cuenca porque existen efectos de redes que deben ser analizados y evaluados una vez que se modifique la oferta de transporte público (introducción de corredores), como es el tiempo generalizado de viaje ya que los desplazamientos que tiene poca incidencia en el corredor sufrirán cambios ya que la estructura de la red y la operación misma del sistema cambiara induciendo modificaciones en los tiempo de recorrido de los usuarios.

El área de influencia de proyecto se determina por los viajes realizados en las macrozonas mencionadas, tal como se muestra en el búfer de la Error! No se encuentra el origen de la referencia.77, que incluye los pares origen destino contenidos en el área antes descrita.

Figura 77: Sistema integral de la cuenca Norte Sur.



Fuente: Spectron Desarrollo, S. C., con información Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur, 2012

La zona de influencia y la ubicación georeferenciada de las estaciones y los tótems de cada troncal se enumera a continuación.

Tabla 3. Coordenadas de las estaciones en la 11 Norte Sur.

Estación	Coordenadas en x	Coordenadas en y
Terminal Norte E1	19.11062	98.17780
E2	19.10453	98.18159
E3	19.09808	98.18335
E4	19.09327	98.18420
E5	19.08707	98.18612
E6	19.07417	98.19070
E7	19.07102	98.19255
E8	19.06627	98.19536
E8'	19.06448	98.19480

Estación	Coordenadas en x	Coordenadas en y
E8''	19.06316	98.19731
E9	19.06078	98.19870
E9'	19.05916	98.19626
E10	19.05477	98.20242
E11	19.05175	98.20419
E12	19.04785	98.20644
E13	19.04450	98.20844
E14	19.03958	98.21114
E15	19.03608	98.21328
E16	19.03200	98.21625
E17	19.02710	98.22052
E18	19.02447	98.22306
E19	19.02104	98.22669
E19'	19.02096	98.22661
E20	19.01742	98.23054
E21	19.01105	98.23453
E22	19.00461	98.23829
E23	18.99753	98.24068
E24	18.99198	98.24488
E24'	18.99162	98.24516
E25	18.98899	98.24715
Terminal Sur E26	18.98658	98.24904
E27	18.98132	98.25283
E28	18.97690	98.25624
E29	18.97286	98.26092
Terminal Sur E30	18.96807	98.26650

Tabla 4.9. Coordenadas de las estaciones la 16 Septiembre y Blvd. Héroes del 5 Mayo.

Estación	Coordenadas en x	Coordenadas en y
R16-1	18.94710	98.23670
R16-2	18.94937	98.23723
R16-3	18.95462	98.23856
R16-4	18.95752	98.23939
R16-5	18.96094	98.24015
R16-6	18.96367	98.24062
R16-7	18.96794	98.23983
R16-8	18.97318	98.23755

Estación	Coordenadas en x	Coordenadas en y
R16-9	18.97819	98.23556
R16-10	18.98750	98.22988
R16-11	18.99084	98.22805
R16-12	18.99461	98.22599
R16-13	18.99813	98.22410
R16-14	19.00267	98.22162
R16-15	19.00703	98.21930
R16-16	19.01002	98.21762
R16-17	19.01261	98.21632
R16-18	19.01677	98.21408
R16-19	19.02043	98.21205
R16-20	19.02581	98.20935
R16-21	19.02792	98.20377
R16-22	19.02969	98.20218
R16-23	19.03221	98.19981
R16-24	19.03502	98.19815
R16-25	19.03978	98.19492
R16-26	19.04283	98.19219
R16-27	19.04510	98.19072
R16-28	19.04837	98.18931
R16-29	19.05070	98.19010
R16-30	19.05242	98.19171
R16-31	19.05504	98.19011
R16-32	19.05769	98.18869
R16-33	19.05953	98.18684
R16-34	19.06070	98.18300
R16-35	19.06301	98.18063
R16-36	19.06611	98.17789
R16-37	19.06946	98.17474
R16-38	19.07462	98.17024
R16-39	19.07833	98.16703
R16-40	19.05438	98.19303
R16-41	19.05647	98.19283
R16-42	19.06050	98.19248
R16-43	19.06642	98.19150
R16-44	19.06955	98.19150
R16-45	19.07240	98.19534
R16-46	19.07344	98.20193
R16-47	19.08145	98.20501
R16-48	19.10522	98.20828

d) Calendario de actividades

El calendario de inversión comprende 2.58 años (31 meses) y está dividido en dos etapas. La primera etapa contempla dar inicio en el segundo trimestre del año 2013 y su finalización se estima para el cuarto trimestre de 2015. Como se describió al inicio de esta sección, en esta primera etapa se prevé la construcción del troncal con carril confinado sobre la 11 Norte Sur, la compra de 27 vehículos articulados para 160 pasajeros, 38 autobuses con capacidad de 100 pasajeros y 85 autobuses con capacidad de 40 pasajeros para las auxiliares, (el número de unidades señalados ya incluyen el 5% de reserva) y la implementación de las 17 rutas auxiliares. También se prevé la implementación de la semaforización inteligente, la instalación del sistema de prepago integral, la implementación del centro de control de operaciones y la construcción de una terminal, un patio de encierro y el taller.

En esta primera etapa se deberán hacer las inversiones en infraestructura y predios necesarios para poder implementar la segunda etapa del proyecto.

En la segunda etapa de inversión, se construirá la infraestructura para el corredor de la 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo, se comprarán 70 autobuses con capacidad para 100 pasajeros. También se comprarán 30 autobuses con capacidad para 40 pasajeros para las rutas auxiliares. También, se prevé la incorporación al sistema de semaforización inteligente y al sistema de pago implementado en la etapa uno.

La segunda etapa se prevee que finalice en el último trimestre del 2015, para que el segundo corredor inicie operaciones en enero del año 2016.

Los rubros de actividades son desglosados en la siguiente figura, permitiendo observar de manera detallada la calendarización prevista para la construcción de los dos troncales.

Tabla 4.10. Calendario de actividades desagregado.

Actividad	ETAPA I Troncal 11 Norte-Sur							ETAPA II 16 Septiembre-Bld. Héroes del 5 de Mayo.				2015	
	2013		2014				2015	2015					
	III	IV	I	II	III	IV	I	I	II	III	IV		I
Afectaciones a predios													
Obra Civil													
Carril confinado													
Carpeta carril preferencial													
Estaciones (Paradas)													
Tótems													
Terminales													
Estación de integración													
Taller y patios de encierro													
	ETAPA I Troncal 11 Norte-Sur							ETAPA II 16 Septiembre- Bld.5 de Mayo.					
	2013		2014				2015	2015					
	III	IV	I	II	III	IV	I	I	II	III	IV	I	
Centro de control													
Material Rodante													
Troncal 11 NS (160 pax)													
Troncal 16 Sep. (100 pax)													
Auxiliares (40 y 100 pax)													
Equipamiento													
Semaforización, señalización y mobiliario urbano (11NS)													
Semaforización, señalización y mobiliario urbano (16Sep)													
Sistema de prepago													
Otros costos													
Estudios preliminares													
Trámites y licencias													
Asesoría en Implementación del proyecto													
Supervisión de la obra													
Puesta en operación													

Nota: ■ Se refiere al inicio de operaciones de la etapa I que implica la puesta en marcha del troncal confinado de la 11 Norte- Sur. ■ Se refiere al inicio de operaciones de la etapa II que implica la puesta en marcha del troncal preferencial de la 16 de Septiembre-5 de Mayo y la reestructuración del total de las rutas de incidencia indirecta.

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

e) Monto total de inversión

La inversión requerida para la construcción del proyecto, comprende la inversión en obra civil, equipamiento y material rodante para los siguientes rubros:

- I. Un eje troncal en carril confinado en 11 Norte Sur.
- II. Un eje troncal en carril preferencial en la avenida 16 de Septiembre, continuando sobre el Blvd. Héroes del 5 de Mayo, con dirección al Blvd. Norte para llegar a la avenida Carmen Serdán y desde ahí retornar.
- III. Un eje troncal en carril preferencial en la avenida 16 de Septiembre, continuando sobre el Blvd. Héroes del 5 de Mayo, para continuar sobre la avenida 2 Norte, calzada Ignacio Zaragoza y llegar hasta los Estadios, para desde ahí retornar.
- IV. Un sistema de rutas auxiliares de los ejes troncales de la 11 Norte Sur y la 16 de Septiembre.

El proyecto en su conjunto implica una inversión total inicial de 1,759.34 millones de pesos, monto expresado en precios de 2015 e incluyendo el Impuesto al Valor Agregado (IVA)⁶.

La estructura de costos para la implementación del presente sistema de transporte masivo no incluye el monto por concepto de los estudios de preinversión, debido a que el gobierno del Estado de Puebla realizó los estudios con recursos propios, por lo que no se requiere el apoyo del Gobierno Federal para financiar este concepto.

Los conceptos y montos de inversión en infraestructura necesarios para la implementación del proyecto propuesto se desglosan en las siguientes tablas (tabla 4.11 y tabla 4.12), mostrando el monto de inversión por etapa de implementación. Cabe mencionar que la inversión en infraestructura comprende los montos destinados a la construcción del troncal, el taller, los encierros, las terminales, patio de encierro, las estaciones y tótems, así como las adecuaciones geométricas requeridas, entre otras. En tanto, el monto para proyectos y supervisión comprende el proyecto ejecutivo de la infraestructura y la supervisión de su construcción. Además, es importante notar que las afectaciones no están sujetas a IVA.

⁶ Cabe recordar que la adquisición de los predios no genera IVA.

Tabla 4.11. Monto de Inversión.

Millones de pesos, 2015=100

Concepto	Inversión total	Etapa I	Etapa II
Carril confinado	197.02	197.02	
Carril preferencial	19.58		19.58
Otra infraestructura. Estaciones, terminales, patios de encierro, semaforización, señalización, puentes peatonales, la edificación del taller, centro de control y tótems	466.02	384.54	81.48
Inversión complementaria. Proyecto ejecutivo, trámites y licencias, asesoría en implementación del proyecto y supervisión de la obra.	75.02	73.50	1.52
Concesión de infraestructura. Tótems, equipamiento del taller y sistema de prepago.	192.41	94.27	98.14
Adquisición de terrenos. Afectaciones	118.2	62.93	55.27
Adquisición del material rodante			
27 vehículos troncal 11NS (160 pax)			
38 vehículos troncal 11NS (100 pax)	448.42	296.77	151.65
70 vehículos troncal 16S (100 pax)			
115 vehículos auxiliares (40 pax)			
Total sin IVA	1,516.67	1,109.03	407.64
IVA**	242.67	177.44	65.22
Total con IVA	1,759.34	1,286.47	472.86

* La inversión del material rodante incluye 5% de vehículos de reserva.

**Nota: el monto de la compra no está sujeto a IVA.

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

El desglose de la inversión de cada componente del proyecto se presenta en la memoria de cálculo.

Calendario de inversión

Se prevé que los 1,759.34 millones de pesos (con IVA) para la implementación del proyecto propuesto, se ejerza durante 10.3 trimestres, dando comienzo en el segundo trimestre del año 2013 y finalizando en el cuarto trimestre del año 2015; de tal manera que entre en operación el sistema integral de troncales y auxiliares el primer trimestre del año 2016. La tabla 4.11 presenta de manera desagregada los montos asignados por concepto y el período en el cual será ejercido.

Como se muestra en el calendario, los vehículos deben ser adquiridos con ocho meses de anticipación al inicio de operaciones, debido a que las empresas armadoras tardan seis meses en entregarlos y, posterior a su entrega, se deben equipar con el sistema de prepago y tenerlos listos para el periodo de capacitación de los operadores y la prueba piloto sobre cada uno de los troncales.

Además, durante la primera etapa se deberá contemplar la compra de los predios necesarios y la infraestructura necesaria para las subsecuentes.

f)Financiamiento

En conjunto, la construcción del proyecto requiere de un monto de inversión total inicial de 1,759.34 millones de pesos (precios a 2015 con IVA). Es importante notar que el monto estimado se encuentra dentro de los estándares aceptados.

La implementación del proyecto prevé una fuente de financiamiento tripartita, como puede apreciarse en la tabla siguiente, de manera que en su conjunto contempla un esquema de financiamiento mixto (público - privado).

Los porcentajes de la inversión con el impuesto al valor agregado (IVA) de cada fuente financiadora, así como su procedencia se presentan en la tabla siguiente. Cabe advertir que con base en los Lineamientos del Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo (PROTRAM), el monto de participación del Fonadin será sin IVA, el cual deberá ser cargado al monto que aportará el promotor del proyecto, que en este caso es el Gobierno del Estado de Puebla (GEP).

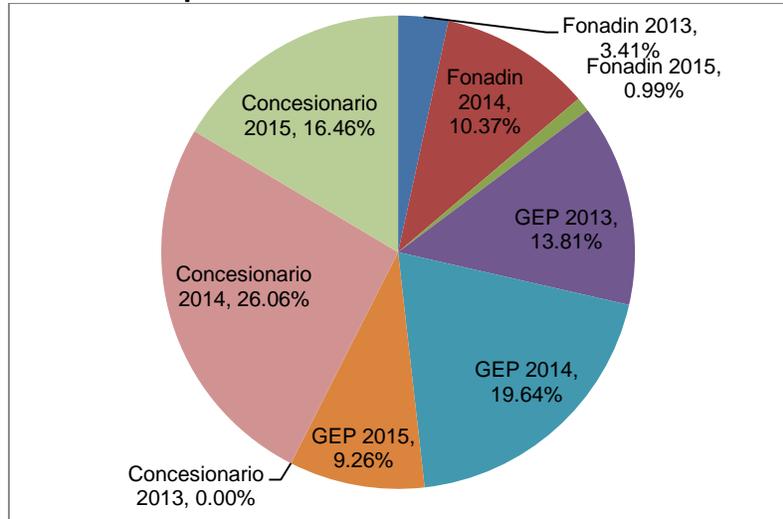
Tabla 4.12. Fuentes de Financiamiento.

Estructura de costos	2013		2014			2015			Monto total
	FONADIN	GEP	FONADIN	GEP	Privado	FONADIN	GEP	Privado	
1. Inversión complementaria	Sin IVA	Total con IVA	Sin IVA	Total con IVA	Total con IVA	Sin IVA	Total con IVA	Total con IVA	
Proyecto Ejecutivo y estudios complementarios	\$ -	\$ 19,946	\$ -	\$ 8,822	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 28,768
Trámites, permisos y licencias	\$ -	\$ 21,021	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 21,021
Supervisión de obra	\$ -	\$ 5,613	\$ -	\$ 13,673	\$ -	\$ -	\$ 2,638	\$ -	\$ 21,924
Asesoría en implementación del proyecto	\$ -	\$ 5,318	\$ -	\$ 9,994	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15,312
2. Infraestructura corredor 11 Norte-Sur	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Carril confinado	\$ 38,091	\$ 50,281	\$ 60,421	\$ 79,755	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 228,548
Guarniciones	\$ -	\$ 8,349	\$ -	\$ 10,204	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 18,553
Jardinería	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 20,354	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 20,354
Alumbrado	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13,530	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13,530
Obras inducidas	\$ -	\$ 31,571	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 31,571
Demoliciones y desmantelamientos	\$ -	\$ 7,329	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7,329
Estaciones (paradas)	\$ 13,686	\$ 18,066	\$ 50,468	\$ 66,617	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 148,837
Estación Terminal (una terminal para 11 NS y una para 16 de Sept.)	\$ 441	\$ 583	\$ 19,419	\$ 25,633	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 46,076
Estación de Integración	\$ -	\$ -	\$ 5,094	\$ 6,724	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 11,818
Taller de mantenimiento	\$ 4,935	\$ 6,514	\$ 18,198	\$ 24,022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 53,670
Patio	\$ 1,842	\$ 2,431	\$ 6,792	\$ 8,966	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 20,031
Fibra óptica	\$ 349	\$ 461	\$ 4,736	\$ 6,252	\$ -	\$ 785	\$ 1,036	\$ -	\$ 13,619
Centro de Control	\$ -	\$ -	\$ 5,000	\$ 6,600	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 11,600
3. Semaforización, señalización, cruces peatonales y mobiliario	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Semaforización inteligente y programada	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13,140	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13,140
Señalización y nomenclatura	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13,877	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13,877
Cruces peatonales a nivel y señalización de alta especificación	\$ -	\$ -	\$ 10,296	\$ 13,591	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 23,887
4. Afectaciones (liberación del derecho de vía)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Afectaciones, liberación del derecho de vía	\$ -	\$ 72,994	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 64,118	\$ -	\$ 137,112
	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5. Infraestructura corredor 16 Septiembre-Bldv. 5 Mayo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Carpeta carril preferencial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9,790	\$ 12,923	\$ -	\$ 22,713
Señalización carril preferencial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 64,395	\$ -	\$ 64,395
Guarniciones	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,186	\$ 6,846	\$ -	\$ 12,032
Jardinería	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 12,277	\$ -	\$ 12,277
Demoliciones y desmantelamientos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,990	\$ -	\$ 3,990
Totems	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,382	\$ 1,825	\$ -	\$ 3,207
6. Material rodante	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Articulado (160 pax)_11 NS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 172,119	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 172,119
Autobús (40 pax)_11 NS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 94,805	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 94,805
Autobús (100 pax)_11NS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 77,329	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 77,329
Autobús (100 pax)_16 Septiembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 85,469	\$ 85,469
Autobús (40 pax)_16 Septiembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 33,461	\$ 33,461
Autobús (100 pax)_16 Septiembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 56,979	\$ 56,979
7. Sistema de prepago	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Sistema de prepago 11 Norte-Sur	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 109,355	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 109,355
Sistema de prepago 16 Septiembre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 65,689	\$ 65,689
8. Equipamiento de taller	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipamiento de taller	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 44,942	\$ 44,942
Total	\$ 59,345	\$ 250,474	\$ 180,424	\$ 341,756	\$ 453,608	\$ 17,144	\$ 170,049	\$ 286,541	\$ 1,759,340
	3.37%	14.24%	10.26%	19.43%	25.78%	0.97%	9.67%	16.29%	100.00%

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., conceptos de inversión tomados del ACB elaborado por Spectron S.C.

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Figura 78: Fuentes de financiamiento para la ejecución del Sistema integral de transporte masivo de la cuenca Norte Sur.



- Recursos estatales:** se plantea que el Gobierno del Estado de Puebla aporte el 43.33% de los recursos necesarios para la implementación del proyecto, incluyendo el IVA (tanto de la aportación del Fonadin como de su propia aportación), lo que equivale en pesos de 2015, a \$762.28 millones.
- Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN):** a través del Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo (PROTRAM) se pretende solventar el 14.60% de la inversión, proporción que equivale a \$256.91 millones de pesos de 2015.
- Recursos Privados:** Se considera una aportación de 42.07%, lo que equivale a un monto de \$740.15 millones de pesos (con IVA), bajo el esquema de Asociación Público Privada a diseñar.

Tabla 4.13. Fuentes de financiamiento de los recursos.

Millones de pesos con IVA, 2015=100

Fuentes de financiamiento	Estructura financiera				
	Infraestructura		Vehículos y tecnología		% del total
	Monto	%	Monto	%	
Fonadin	\$ 256,913	25.21%	\$ -	0.00%	14.60%
Gob. Estatal	\$ 762,279	74.79%	\$ -	0.00%	43.33%
Privado (APP)	\$ -	0.00%	\$ 740,148	100.00%	42.07%
Otros fondos	\$ -	0.00%	\$ -	0.00%	
Subtotal por rubro	\$1,019,192	100.00%	\$ 740,148	100.00%	100.00%
Total	\$1,759,340				

Fuente: Modelistica S. A. de C. V.

Los recursos que aportará el GEP podrán provenir principalmente de Programas Regionales, de FONREGIÓN, así como de recursos propios destinados a la modernización del transporte.

Una vez obtenida la autorización del proyecto propuesto para recibir recursos del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), el GEP y el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) suscribirán un Convenio de Apoyo Financiero (CAF) y constituirán un Fideicomiso de Inversión y Administración con el fin de administrar los recursos destinados al desarrollo de la infraestructura del proyecto propuesto.

Cabe mencionar que las aportaciones de los Gobiernos Federal y del GEP serán no recuperables (a fondo perdido), bajo un esquema pari passu y se destinarán únicamente al desarrollo de los carriles confinados, las obras complementarias, la infraestructura de las estaciones y del centro de control de operaciones, además de la modernización de las banquetas.

Adicionalmente, el GEP cubrirá el 100% del costo de las afectaciones y derechos de vía, la asesoría para la implementación del proyecto y la supervisión de la obra; mientras el Gobierno Federal aportará la mitad del costo de los estudios del proyecto ejecutivo y estudios complementarios. Finalmente, **el GEP cubrirá el IVA correspondiente al monto invertido por ambos niveles de gobierno.**

El GEP se compromete a adquirir los terrenos que se destinarán para la construcción de las terminales, los patios de encierro y el taller del proyecto y se obliga a liberar el derecho de vía para la construcción de los carriles por las calles y avenidas que conformarán los troncales propuestos que así sea necesario.

La inversión privada, por su parte, se utilizará para la adquisición del material rodante, del sistema de prepago, el equipamiento del centro de control de operaciones y el taller de mantenimiento. Estas inversiones se realizarán bajo un esquema Proyecto para Prestación de Servicios (PPS), por lo que su recuperación se llevará a cabo mediante la obtención de un porcentaje de la tarifa cobrada a los usuarios del sistema de transporte, así como de los ingresos que puedan obtener por servicios de publicidad en estaciones, tótems y terminales, o bien a través de un pago anual que realice el GEP en función del PPS a estructurar.

Los concesionarios de las rutas de transporte de pasajeros, quienes actualmente prestan el servicio en la cuenca Norte Sur, deberán constituir una empresa –de preferencia una sociedad anónima promotora de inversión (SAPI)-, a fin de estar en posibilidades de obtener la concesión para operar en los troncales propuestos como parte de la Red Urbana de Transporte Articulado –RUTA. En tal situación, podrán operar con la tecnología y los sistemas de control y recaudo centralizados, deberán invertir recursos en la adquisición los autobuses y su equipamiento con el sistema de prepago.

Dado el número de rutas reestructuradas de la 11 Norte Sur y la 16 de Septiembre con Blvd. Héroes del 5 de Mayo, la cantidad de unidades que estarán operando en el sistema

de rutas troncales y auxiliares será de 239, excluyendo el 5% de reserva. Es factible que los concesionarios accedan a invertir en nuevos vehículos, sobre todo si se considera que aún bajo condiciones actuales se debería de todas maneras reinvertir para la renovación del parque vehicular. Además, el esquema propuesto proporciona una infraestructura compartida (los patios y el taller), lo que permite alcanzar economías de escala y con ello generar una reducción en los costos de operación. La implementación de una tarifa integrada mediante un sistema que permite controlar la cantidad de usuarios, consecuentemente garantiza el control de los ingresos de cada ruta. Finalmente, el sistema de troncales integrados evita la competencia por el pasaje y promueve la complementariedad al otorgar incentivos para que las auxiliares canalicen la demanda hacia los troncales.

Por otra parte, los inversionistas privados podrán obtener la concesión para construir, mantener y operar las terminales de los troncales, así como para el equipamiento, operación y mantenimiento de las estaciones y del sistema de recaudo para el sistema integrado del transporte público del troncal. Estos costos de operación y mantenimiento de las estaciones y terminales son considerados dentro del cálculo de la rentabilidad del proyecto desde el punto de vista social.

g) Capacidad instalada

Con la implementación del sistema de troncales y de la red de rutas auxiliares se reducirá el parque vehicular y quedará completamente reestructurada la cuenca Norte Sur en materia vial.

El tipo de vehículo y la capacidad se estiman en función de la demanda. Caracterizar la oferta tiene la finalidad de incorporarla a un modelo de asignación, que comprende dos actividades principalmente:

- Caracterización de la red vial
- Caracterización de la red de transporte público

Cada ruta es caracterizada a partir de tres parámetros que se requieren para la asignación de la matriz de viajes de transporte público: la frecuencia o el intervalo de paso, la velocidad comercial y la capacidad del parque vehicular.

Cantidad de pasajeros que suben y bajan en cada estación

En la tabla de la parte inferior se indica el número de pasajeros, durante la hora de máxima demanda, que suben y bajan en las 33 estaciones del sentido Sur Norte y las 30 estaciones del sentido Norte Sur del troncal 11 Norte Sur. En dicha tabla se incluye

también el número de pasajeros a bordo, lo que permite identificar la Sección de Máxima Demanda un sentido (SMD). Es importante aclarar que el número de pasajeros en cada estación puede ser distinto en función de la hora del día y el sentido. Por lo tanto, los valores relativamente bajos de ascensos/descensos no necesariamente reflejan el total de usuarios que utilizan la estación a lo largo del día. Por otro lado, los criterios empleados para la selección y ubicación de paradas van más allá de la demanda actual efectiva, ya que se complementan con otros asociados al desarrollo urbano, a la cercanía con grandes polos atractores / generadores de viajes, el desarrollo de puntos de transferencia intermodal, cobertura de la población entre otros.

Tabla 4.14. Ascensos y descensos en el servicio troncal 11 Norte Sur.

Periodo de máxima demanda

Troncal 11 Norte Sur (sentido Sur a Norte)				Troncal 11 Norte Sur (sentido Norte a Sur)			
Suben (pax)	Bajan (pax)	A bordo (pax)	Distancia/ Parada (Km)	Suben (pax)	Bajan (pax)	A bordo (pax)	Distancia/ Parada (Km)
1,813	0	1,813	0.0	17	0	17	0.0
234	9	2,038	0.6	1	0	18	0.3
3,517	0	5,555	0.3	0	0	18	0.5
256	4	5,807	0.7	19	0	37	0.5
207	5	6,009	0.7	33	6	64	0.3
32	436	5,605	0.3	94	1	157	0.5
825	25	6,405	0.3	81	44	194	0.3
281	28	6,658	0.5	0	0	194	0.5
719	194	7,183	0.5	593	0	787	0.3
12	0	7,195	0.3	104	20	871	0.3
24	248	6,971	0.6	1,342	0	2,213	0.5
434	423	6,982	0.5	71	0	2,284	0.2
104	152	6,934	0.6	29	0	2,313	0.4
198	63	7,069	0.4	194	2	2,505	0.4
31	38	7,062	0.2	16	0	2,521	0.2
69	147	6,984	0.4	129	0	2,650	0.3
0	60	6,924	0.3	1,493	2,144	1,999	0.3
12	108	6,828	0.2	137	0	2,136	0.3
47	2,249	4,626	0.3	0	0	2,136	0.3
3	4,404	225	0.2	58	63	2,131	0.4
0	13	212	0.2	12	0	2,143	0.5
0	12	200	0.2	36	48	2,131	0.3
0	2	198	0.4	176	29	2,278	0.4
3	42	159	0.3	328	84	2,522	0.7
1	29	131	0.9	240	85	2,677	0.6
0	3	128	0.2	0	42	2,635	0.6
1	23	106	0.4	93	126	2,602	0.3
0	37	69	0.3	101	197	2,506	0.6

Troncal 11 Norte Sur (sentido Sur a Norte)				Troncal 11 Norte Sur (sentido Norte a Sur)			
Suben (pax)	Bajan (pax)	A bordo (pax)	Distancia/Parada (Km)	Suben (pax)	Bajan (pax)	A bordo (pax)	Distancia/Parada (Km)
0	34	35	0.4	65	1,005	1,566	0.6
0	5	30	0.3	17	539	1,044	0.4
0	1	29	0.4	25	567	502	0.3
0	29	0	0.4	0	502	0	0.8
8,823	8,823		12.5	5,504	5,504		12.5

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

De la misma manera, se incluyen los ascensos y descensos del servicio de mayor captación en el corredor 16 de septiembre y Blvd. Héroes del 5 Mayo.

Tabla 4.15. Ascensos y descensos en el servicio troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo.

Periodo de máxima demanda

Troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo (Sur a Norte)				Troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo (Norte a Sur)			
Suben (pax)	Bajan (pax)	A bordo (pax)	Distancia/Parada (km)	Suben (pax)	Bajan (pax)	A bordo (pax)	Distancia/Parada (km)
145	0	145	0.0	31	0	31	0.0
505	0	650	0.5	75	0	106	0.6
5	0	654	0.4	600	6	700	1.0
77	0	731	0.4	64	99	665	0.6
71	0	802	0.3	6	0	672	1.0
15	1	815	0.5	27	9	690	1.0
196	1	1,010	0.3	0	0	690	0.7
24	0	1,034	0.6	36	7	719	0.4
277	36	1,275	0.7	32	0	752	0.5
221	48	1,448	0.4	103	24	830	0.5
166	79	1,535	0.6	25	0	855	0.5
20	111	1,444	0.6	620	262	1,213	0.6
431	276	1,599	0.9	6	0	1,218	0.4
222	191	1,629	0.8	173	149	1,243	1.0
0	13	1,615	0.5	89	2	1,330	0.9
152	462	1,305	0.6	242	202	1,370	1.1
149	212	1,242	1.0	508	143	1,735	1.1
0	5	1,236	0.7	0	20	1,715	0.5
8	207	1,037	1.1	168	1	1,882	0.5
0	0	1,037	1.0	331	256	1,957	0.8
540	277	1,301	0.4	9	273	1,693	0.9
1	10	1,292	0.6	160	189	1,664	0.6

Troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo (Sur a Norte)				Troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo (Norte a Sur)			
Suben (pax)	Bajan (pax)	A bordo (pax)	Distancia/Parada (km)	Suben (pax)	Bajan (pax)	A bordo (pax)	Distancia/Parada (km)
8	176	1,124	0.5	7	1	1,670	0.6
9	37	1,096	0.5	68	376	1,362	0.4
76	2	1,170	0.5	0	144	1,218	0.7
43	150	1,063	0.4	13	124	1,107	0.5
55	19	1,098	0.5	22	32	1,097	0.3
3,879	221	4,757	1.0	1	112	986	0.5
3	3	4,757	1.0	3	126	863	0.3
6	4,398	365	0.5	0	5	858	0.4
0	193	172	1.0	324	704	477	0.4
0	172	0	0.6	0	477	0	0.5
7,303	7,303		19.4	3,745	3,745		19.7

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Demanda en horario pico

Una vez estudiada la oferta de transporte en la cuenca 11 Norte Sur y 16 de Septiembre, se analizará en lo sucesivo lo referente a la demanda. Ésta ayuda a determinar la movilidad de la población en el territorio, así como las necesidades de transporte. Al igual que con la oferta, los datos relativos a la demanda provienen de varios estudios de campo: cierre de circuito, estudios de acenso y descenso (A-D) y encuestas origen y destino (O-D). Los dos primeros permiten conocer, entre otros datos, la Hora de Máxima Demanda (HMD ambos sentidos), en la cual se presenta la mayor oferta de unidades y, por consecuencia, la mayor movilidad de pasajeros.

Para obtener el perfil de distribución de demanda para el conjunto de observaciones realizadas en la cuenca Norte Sur se procesó y analizó la información de los estudios de campo. Los datos obtenidos como una observación puntal del número de pasajeros a bordo corresponden a 227,896. A partir de la distribución obtenida que se muestra tanto en la tabla como en la figura de la parte inferior, se localizó la Hora de Máxima Demanda (HMD ambos sentidos) la cual corresponde al periodo de 8:00 a 9:00 h, durante el cual se ofrece la mayor cantidad de servicios (10.4% de todo el periodo observado).

Tabla 4.16. Perfil de oferta ajustado

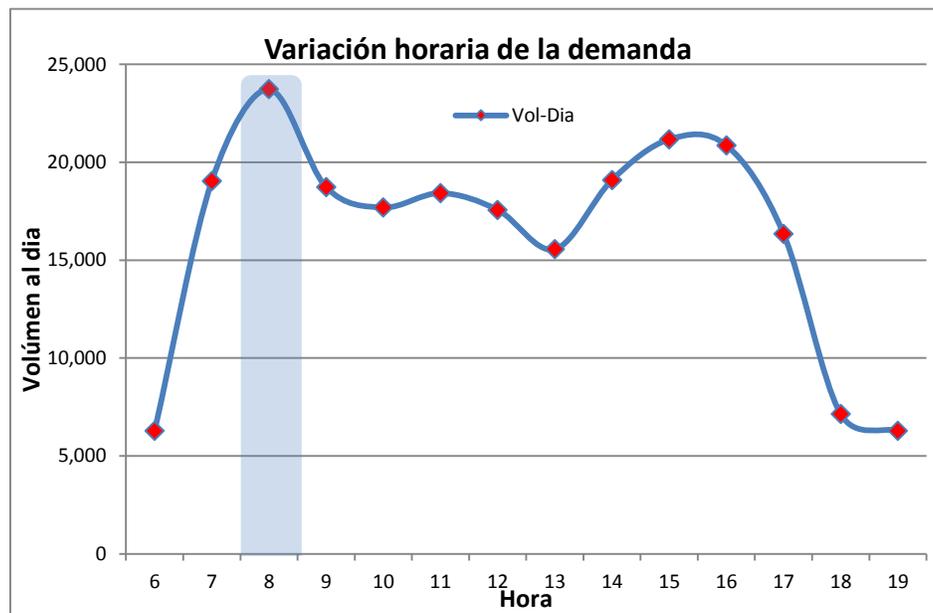
Hora	Número de servicios	Volumen por día
6	103	6,283
7	312	19,032

Hora	Número de servicios	Volumen por día
8	389	23,729
9	307	18,727
10	290	17,690
11	302	18,422
12	288	17,568
13	255	15,555
14	313	19,093
15	347	21,167
16	342	20,862
17	268	16,348
18	117	7,137
19	103	6,283
Total	3,736	227,896

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Para una mejor visualización de la variación horaria de la demanda, se incluye la figura de la parte inferior en la cual se muestra el perfil de la distribución de los pasajeros a bordo observado para el conjunto de estaciones de aforo a lo largo de todo el día.

Figura 79: Sistema integral de la cuenca Norte Sur.



Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Este perfil de la distribución de viajes aplica para toda la cuenca, ya que por cuestiones de modelado es conveniente modelar sólo un periodo en lugar de diferenciar por periodo cada corredor a evaluar (en este caso 11 Norte Sur y 16 de Septiembre). Por otro lado, la interconexión de viajes y servicios entre los corredores en estudio hace inviable modelar periodos por separado.

h) Metas anuales y totales de producción de servicios.

Como es de esperarse, la implementación del proyecto propuesto modificará sustancialmente las características de la oferta del servicio de transporte público de la cuenca Norte Sur, incrementando la eficiencia operativa del sistema y generando importantes beneficios sociales.

La tabla 4.17 muestra las metas anuales de producción de servicio de transporte para el eje 11 Norte Sur y la tabla 4.18 las metas anuales de servicio para el eje 16 de Septiembre.

Tabla 4.17. Metas anuales de producción de los autobuses en el eje 11 Norte Sur

Año	Autobuses de 160 pasajeros	Meta diaria (plazas)	Meta anual (plazas)	Autobuses de 100 pasajeros	Meta diaria (plazas)	Meta anual (plazas)	Total
2013	26	33,280	10,982,400	36	36,637	12,090,185	23,072,585
2014	26	33,280	10,982,400	36	36,637	12,090,185	23,072,585
2015	26	33,280	10,982,400	36	36,637	12,090,185	23,072,585
2016	27	34,560	11,404,800	37	37,655	12,426,023	23,830,823
2017	27	34,560	11,404,800	37	37,655	12,426,023	23,830,823
2018	28	35,840	11,827,200	38	38,672	12,761,862	24,589,062
2019	28	35,840	11,827,200	39	39,690	13,097,700	24,924,900
2020	28	35,840	11,827,200	39	39,690	13,097,700	24,924,900
2021	29	37,120	12,249,600	40	40,708	13,433,538	25,683,138
2022	29	37,120	12,249,600	40	40,708	13,433,538	25,683,138
2023	29	37,120	12,249,600	41	41,725	13,769,377	26,018,977
2024	30	38,400	12,672,000	41	41,725	13,769,377	26,441,377
2025	30	38,400	12,672,000	41	41,725	13,769,377	26,441,377
2026	30	38,400	12,672,000	42	42,743	14,105,215	26,777,215
2027	31	39,680	13,094,400	42	42,743	14,105,215	27,199,615
2028	31	39,680	13,094,400	43	43,761	14,441,054	27,535,454
2029	31	39,680	13,094,400	43	43,761	14,441,054	27,535,454
2030	32	40,960	13,516,800	44	44,778	14,776,892	28,293,692
2031	32	40,960	13,516,800	44	44,778	14,776,892	28,293,692

Año	Autobuses de 160 pasajeros	Meta diaria (plazas)	Meta anual (plazas)	Autobuses de 100 pasajeros	Meta diaria (plazas)	Meta anual (plazas)	Total
2032	32	40,960	13,516,800	44	44,778	14,776,892	28,293,692
2033	32	40,960	13,516,800	45	45,796	15,112,731	28,629,531
2034	33	42,240	13,939,200	45	45,796	15,112,731	29,051,931
2035	33	42,240	13,939,200	45	45,796	15,112,731	29,051,931
2036	33	42,240	13,939,200	46	46,814	15,448,569	29,387,769
2037	33	42,240	13,939,200	46	46,814	15,448,569	29,387,769
2038	33	42,240	13,939,200	46	46,814	15,448,569	29,387,769
2039	34	43,520	14,361,600	46	46,814	15,448,569	29,810,169
2040	34	43,520	14,361,600	47	47,832	15,784,408	30,146,008
2041	34	43,520	14,361,600	47	47,832	15,784,408	30,146,008
2042	34	43,520	14,361,600	47	47,832	15,784,408	30,146,008
2043	34	43,520	14,361,600	47	47,832	15,784,408	30,146,008
2044	34	43,520	14,361,600	47	47,832	15,784,408	30,146,008
2045	34	43,520	14,361,600	47	47,832	15,784,408	30,146,008

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

Tabla 4.18. Metas anuales de producción de los autobuses en el eje 16 de Septiembre

Año	Autobuses de 100 pasajeros	Meta diaria (plazas)	Meta anual (plazas)
2013	40	24,000	7,920,000
2014	40	24,000	7,920,000
2015	40	24,000	7,920,000
2016	41	24,600	8,118,000
2017	41	24,600	8,118,000
2018	42	25,200	8,316,000
2019	43	25,800	8,514,000
2020	43	25,800	8,514,000
2021	44	26,400	8,712,000
2022	44	26,400	8,712,000
2023	45	27,000	8,910,000
2024	45	27,000	8,910,000
2025	46	27,600	9,108,000
2026	46	27,600	9,108,000
2027	47	28,200	9,306,000

Año	Autobuses de 100 pasajeros	Meta diaria (plazas)	Meta anual (plazas)
2028	47	28,200	9,306,000
2029	48	28,800	9,504,000
2030	48	28,800	9,504,000
2031	49	29,400	9,702,000
2032	49	29,400	9,702,000
2033	49	29,400	9,702,000
2034	50	30,000	9,900,000
2035	50	30,000	9,900,000
2036	50	30,000	9,900,000
2037	51	30,600	10,098,000
2038	51	30,600	10,098,000
2039	51	30,600	10,098,000
2040	51	30,600	10,098,000
2041	52	31,200	10,296,000
2042	52	31,200	10,296,000
2043	52	31,200	10,296,000
2044	52	31,200	10,296,000
2045	52	31,200	10,296,000

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

i) Vida útil

Según el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), el horizonte de evaluación es el periodo de tiempo que considera los años de inversión más el periodo de operación de un proyecto, esto es la vida útil⁷. De modo que, el horizonte de evaluación del proyecto propuesto en este documento considera los siguientes periodos de tiempo:

- Periodo de inversión 3 años
- Periodo de operación 30 años
- Horizonte de evaluación 33 años

⁷ Metodología General para la Evaluación de Proyectos, Banobras, CEPEP, noviembre 2008.

j) Aspectos relevantes de la viabilidad del proyecto

Factibilidad técnica

El proyecto integral propuesto mejorará las necesidades actuales de movilidad que se presentan en la cuenca al reestructurar el total de las rutas (81 rutas) que circulan en la misma, sentando las bases para reestructurar todo el sistema de transporte público de la ciudad.

En un principio, su implementación consiste en un carril confinado de 13.8 km de longitud, en cada sentido, en el troncal 11 Norte Sur, para albergar a autobuses articulados de 160 pasajeros, así como una red de rutas auxiliares que atiendan la demanda de viajes con transbordo hacia los troncales y también presten servicio a la demanda de viajes locales transversales de la cuenca Norte Sur.

En una segunda etapa, el proyecto contempla la implementación de un carril preferencial de 22.05 km sobre la avenida 16 de Septiembre y el Blvd. Héroes del 5 de Mayo, con dos servicios: uno hacia los Estadios y otro hacia la avenida Carmen Serdán. En esta segunda etapa se reestructurará el total de las rutas de la cuenca Norte Sur, optimizando el parque vehicular y el trazo de las mismas.

El proyecto propuesto se presenta como la alternativa más viable para mejorar la movilidad de los habitantes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla al garantizar la integración con el Corredor 1 del Sistema Ruta, incrementado el bienestar de la sociedad a través de la reducción de los tiempos de viaje y los costos generalizados de viaje.

Factibilidad económica

El proyecto de inversión propuesto en este documento es factible de realizarse desde el punto de vista económico, por las siguientes razones:

Los indicadores de rentabilidad están por arriba de su nivel de aceptabilidad

- La regla del Valor Presente Neto (VPN) establece que se debe adoptar cualquier proyecto cuyo valor presente es positivo; el valor de este indicador es de 474 millones de pesos.
- La regla de decisión de la Tasa Interna de Retorno dice que se adopte cualquier proyecto cuya TIR exceda la tasa social de descuento. El proyecto tiene una TIR de 15.68% que resulta superior a la tasa de descuento de 10%.
- La Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) estimada para el presente proyecto indica que el momento óptimo de operación del proyecto es inmediato, ya que

desde el primer año de operación la TRI está por arriba de la tasa social de descuento. El valor de la TRI es de 16.39%.

Consideraciones cualitativas de beneficios adicionales.

- Reducción del nivel de accidentalidad
- Reducción del nivel de emisiones de gases de efecto invernadero
- Mejora de la imagen urbana

Además, durante la implementación de las obras del proyecto se generará empleo directo e indirecto, estimulando la actividad económica del Estado.

El aspecto más notable del estudio de actualización es la mejoría de los indicadores de evaluación socioeconómica debido principalmente a la reducción del 43% en la inversión total del proyecto al pasar de \$2,650 millones de pesos a \$1,517 mdp, montos sin IVA.

Factibilidad ambiental

El proyecto de la cuenca Norte Sur será construido y operado en una franja urbana de la ciudad altamente consolidada caracterizada por el uso mixto del suelo colindante a los ejes de los corredores tales como viviendas, escuelas, plazas comerciales, parques y monumentos históricos. En la cuenca se tienen vías de alto tránsito vehicular que en algunos de sus cruces con otras avenidas generan conflictos importantes. También se tienen pasos de alto flujo peatonal.

Desde el punto de vista ambiental, todos los componentes bióticos y abióticos, están completamente alterados y no existe en los ejes de los corredores algo que aún conserve su condición natural.

Las especies vegetales que se tienen han sido introducidas con carácter ornamental, ninguna extraída del medio natural y ninguna con características notables; se trata de ejemplares que se pueden obtener con facilidad para ser reemplazados en el momento que se requiera, ya sea por cambios en la infraestructura o, por encontrarse en mal estado y representar un posible riesgo a los vehículos y personas que transitan por la vialidad. Los árboles y arbustos que se desplacen por necesidades de la obra podrán ser reemplazados por nuevos árboles de acuerdo con las disposiciones que ha determinado la autoridad.

La fauna principal son aves que se podrán desplazar sin problema a otro sitio por el derribo de los árboles que será necesario para el desarrollo de la obra, no representará un problema.

Por lo que se refiere al impacto sobre el suelo, el desarrollo de la obra no significará en su mayoría ninguna transformación ya que, tan solo significará el cambio de un antroposuelo por otro.

Una mejora ambiental importante que se dará por la operación del proyecto será en el mejoramiento de la calidad atmosférica por la reducción de las emisiones de carbono derivadas por la combustión de los autobuses urbanos que serán reemplazados por autobuses con baja emisión de contaminantes como son los del tipo Euro IV que utilizan diésel ultra bajo de azufre.

Un componente que será impactado negativamente por la construcción del proyecto, será la pérdida de los espacios en donde se encuentran actualmente los árboles. Al igual que para cualquier obra, la pérdida del espacio (suelo urbano) será irremplazable, ya que el espacio disponible para esa área verde en específico se pierde por la ubicación de las nuevas instalaciones.

La mayoría de los impactos adversos identificados son inevitables, por ser inherentes a la naturaleza del proyecto pero son de bajo impacto ambiental, con la adecuada aplicación de las medidas de mitigación propuestas se reducirá el efecto negativo de los impactos adversos.

En la resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental emitida por la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial de Puebla, la autorización ambiental del proyecto está condicionada a los siguientes puntos principales:

- Entrega de 4,500 árboles a la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial de Puebla: 1,500 Cedros Blancos, 1,500 Cedros Limón y 1,500 Ciprés Italiano.
- Reforestación con 380 árboles de la especie Cedro Blanco en las áreas colindantes a la zona del proyecto. El proyecto requiere el derribo de 38 árboles.
- Uso eficiente de agua y energía eléctrica. El proyecto prevé el reciclaje de agua de lluvia para su utilización en el riego de jardines y camellones y la utilización de energía limpia para la iluminación de estaciones y terminales.
- En el caso de afectaciones a predios, el promotor deberá presentar los documentos que liberen las afectaciones particulares. Por otro lado, se deberá respetar la infraestructura existente como líneas de comunicación, servicios de agua potable, drenaje, gas natural, líneas de alta tensión, líneas férreas y en caso de modificación se deberán tramitar los permisos correspondientes.
- Instalación del señalamiento preventivo, restrictivo e informativo de obra.
- Construcción de todas las obras de drenaje necesarias para el desalojo del agua pluvial.
- Durante el proceso de la obra realizar al menos lo siguiente: bacheo y relleno de grietas, reparación de señalamiento horizontal y vertical, deshierbar para controlar la maleza, limpieza y reparación de alcantarillas y obras de drenaje e implementar medidas de control de erosión alrededor de las estructuras de drenaje.

- Deberá presentarse un plan de manejo de residuos peligrosos generados por la obra según la Norma Oficial Mexicana NOM 052 SEMARNAT 2005.
- El promotor será el único responsable de garantizar las acciones de mitigación, restauración y control de todos aquellos impactos ambientales atribuibles al desarrollo de las obras y actividades del proyecto que no hayan sido considerados por el mismo en la descripción contenida en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular

Factibilidad legal

La factibilidad legal de la operación de transporte público masivo de pasajeros operando en carriles confinados exclusivos está sustentado en la Ley de Transporte del Estado de Puebla publicada en el Periódico Oficial del Estado el 13 de marzo de 1998.

En el artículo 13, del Título Segundo, se define como corredor de transporte público de pasajeros aquél que forma parte de un sistema masivo que opera con exclusividad en carriles reservados para el transporte público, con estaciones para el ascenso descenso a lo largo de su recorrido, con terminales en sus extremos, con sistema de pago centralizado y con la operación regulada y controlada.

El Gobierno del Estado, a través de Carreteras de Cuota Puebla, puede prestar el servicio directamente o por medio de la figura de la concesión. Este ente institucional será el responsable de registrar y controlar la información relativa al sistema. También diseñará los mecanismos y elementos de confinamiento.

La concesión para el Sistema de Transporte Público Masivo será otorgada a personas físicas o morales y preferentemente de manera integral pero cuando sea conveniente o necesario podrá otorgarse por separado o por etapas. La vigencia de la concesión será de hasta treinta años y existe la obligación de utilizar autobuses que no excedan los diez años de antigüedad.

k) Análisis de la oferta en la situación con proyecto a lo largo del horizonte de evaluación

En la siguiente tabla se muestra la proyección de la oferta en la Hora de Máxima Demanda (HMD ambos sentidos) en el escenario con proyecto.

Tabla 4.19 Oferta anual a lo largo del horizonte de evaluación

*Pasajeros por día***

Año	Troncal 11 Norte-Sur	Troncal 16 Sept-5 de Mayo	Alimentadoras 11 Norte -Sur		Alimentadoras 16 Septiembre		Total
	Articulado de 160 pax	Autobús de 100 pax	Autobús de 40 pax	Autobús de 100 pax	Autobús de 40 pax	Autobús de 100 pax	
2015	113,568	0	56,784	40,040	0	0	210,392
2016	115,206	101,010	57,467	40,609	1,820	57,330	373,441
2017	116,844	103,171	58,149	41,178	1,820	57,899	379,061
2018	118,482	105,333	58,832	41,746	1,820	58,468	384,680
2019	120,120	107,494	59,514	42,315	1,820	59,036	390,299
2020	121,758	109,655	60,197	42,884	1,820	59,605	395,918
2021	123,396	111,816	60,879	43,453	1,820	60,174	401,538
2022	125,034	113,978	61,562	44,021	1,820	60,743	407,157
2023	126,672	116,139	62,244	44,590	1,820	61,311	412,776
2024	127,946	118,300	63,063	45,273	1,820	61,880	418,282
2025	129,220	119,665	63,882	45,955	1,820	63,018	423,560
2026	130,494	121,030	64,701	46,638	1,820	64,155	428,838
2027	131,768	122,395	65,520	47,320	1,820	65,293	434,116
2028	133,042	123,760	66,339	48,003	1,820	66,430	439,394
2029	134,316	125,125	67,158	48,685	1,820	67,568	444,672
2030	135,590	126,490	67,977	49,368	1,820	68,705	449,950
2031	136,864	127,855	68,796	50,050	1,820	69,843	455,228
2032	137,592	129,220	69,570	50,505	1,820	70,980	459,687
2033	138,320	130,926	70,343	50,960	1,820	71,663	464,032
2034	139,048	132,633	71,117	51,415	1,820	72,345	468,377
2035	139,776	134,339	71,890	51,870	1,820	73,028	472,722
2036	140,504	136,045	72,664	52,325	1,820	73,710	477,068
2037	141,232	137,751	73,437	52,780	1,820	74,393	481,413
2038	141,960	139,458	74,211	53,235	1,820	75,075	485,758
2039	142,688	141,164	74,984	53,690	1,820	75,758	490,103
2040	143,416	142,870	75,758	54,145	1,820	76,440	494,449
2041	144,144	144,576	76,531	54,600	1,820	77,123	498,794
2042	144,872	146,283	77,305	55,055	1,820	77,805	503,139
2043	145,600	147,989	78,078	55,510	1,820	78,488	507,484
2044	146,328	149,695	78,852	55,965	1,820	79,170	511,830
2045	147,056	151,401	79,625	56,420	1,820	79,853	516,175

Nota: *Se refiere a los vehículos (vans, midibuses y autobuses de 40 pax) que siguen operando de la situación optimizada durante la primera etapa del proyecto. **Un pasajero equivale a un viaje con un origen y un destino con un solo motivo.

En la siguiente tabla se muestran los datos de oferta en Hora de Máxima Demanda (HMD ambos sentidos) y por ruta en el escenario con proyecto.

Tabla 4.20. Oferta por ruta

Ruta	Longitud	Velocidad	Tiempo de Ciclo	Capacidad de la unidad
11NS_ECO	25	22	68.2	160
A_11NS01	18.15	14	77.8	40
A_11NS02	23.63	14	101.3	40
A_11NS03	22.14	14	94.9	40
A_11NS04	11.42	14	48.9	40
A_11NS05	15.92	14	68.2	40
A_11NS06	12.98	14	55.6	40
A_11NS07	17	14	72.9	40
A_11NS08	22.02	14	94.4	40
A_11NS09	20.23	14	86.7	40
A_11NS10	14.63	14	62.7	40
A_11NS11	16.11	14	69.0	40
A_11NS12	11.82	14	50.7	40
A_11NS13	13.12	14	56.2	40
A_11NS14	17.22	14	73.8	40
A_11NS15	8.76	14	37.5	40
A_11NS16	10.1	14	43.3	40
A_11NS17	4.6	14	19.7	40
A_11NS18	2.59	14	11.1	40
A_C6	18.75	14	80.4	40
A_D07	11.32	14	48.5	40
A_D11	8.71	14	37.3	40
A_D12.1	12.62	14	54.1	40
A_D13	12.91	14	55.3	40
A_D22.1	23.51	14	100.8	40
A_D23	22.44	14	96.2	40
A_D24	18.64	14	79.9	40
A_N01	12.59	14	54.0	40
A_N13	12.02	14	51.5	40
A_N14	21.3	14	91.3	40
A_N17	7.7	14	33.0	40
A_N17B	7.6	14	32.6	40
A_N18	14.41	14	61.8	40
A_N23.1	7.58	14	32.5	40
A_N25	6.92	14	29.7	40
A_N25.1	8.9	14	38.1	40

Ruta	Longitud	Velocidad	Tiempo de Ciclo	Capacidad de la unidad
A_N27.1	6.51	14	27.9	40
A_N27.2	8.2	14	35.1	40
A_N27.3	6.41	14	27.5	40
A_N32.1	28.23	14	121.0	40
A_OP05	19.08	14	81.8	40
A_S17.1	36.45	14	156.2	40
A_S35	17.1	14	73.3	40
A_V01	8.2	14	35.1	40
A_V08	66.77	14	286.2	40
A_V08.1	73.27	14	314.0	40
A_V09	56.48	14	242.1	40
CC16SEP03	35.81	22	97.7	100
CC16SEP04	38.59	22	105.2	100
M_S22	21.76	14	93.3	40
M_S22.1	31.9	14	136.7	40
M_S39	44.97	14	192.7	40
A-CC16SEP02	12.14	22	33.1	100
A_11NS19	10	14	42.9	40
A_11NS20	5.97	14	25.6	40
A_11NS21	6.7	14	28.7	40

Cantidad de pasajeros en el tramo más cargado

A través de los resultados de ascensos y descensos, que se determinan por asignación de la matriz de viajes a las redes de transporte público, se obtiene el número de pasajeros a bordo para cada tramo de los corredores 11 Norte-Sur y 16 de septiembre. El valor máximo obtenido de pasajeros a bordo se denomina sección de máxima demanda un sentido (SMD). En la tabla de la parte inferior se indica la progresión de los valores de la SMD durante varios horizontes de vida del proyecto, se incluye también el volumen de pasajeros para la Hora de Máxima Demanda (HMD ambos sentidos) considerando en la operación vehículos de 160 y 100 pasajeros/unidad para los corredores 11 Norte-Sur y 16 de Septiembre respectivamente. Cabe señalar que los valores de SMD indicados en la tabla resultan del proceso de asignación de la matriz proyectada a un horizonte determinado al sistema de rutas de cada horizonte del proyecto. En la sección relativa a la obtención de los ahorros de tiempo se indica el procedimiento seguido para dimensionar el número de unidades del sistema de rutas para cada horizonte.

Tabla 4.21. Proyección de la sección de máxima demanda un sentido a lo largo del horizonte de evaluación.

Horizonte	Corredor	Volumen HMD ambos sentidos [pax/hora]	SMD [pax/hora]
2015	11 Norte - Sur	14,327	7,195
2015	16 de Septiembre	14,159	4,757
2022	11 Norte - Sur	15,912	8,050
2022	16 de Septiembre	15,708	5,955
2030	11 Norte - Sur	17,496	8,848
2030	16 de Septiembre	17,256	6,544
2038	11 Norte - Sur	19,003	9,611
2038	16 de Septiembre	18,740	7,108

Solución tecnológica

La elección de la solución tecnológica y su capacidad instalada se obtuvo a través del análisis de los siguientes elementos:

1. *La interacción que existe entre los servicios de transporte de la cuenca.* En efecto, las rutas actuales operan a lo largo de los ejes viales de 11 Norte – Sur y 16 de Septiembre, entrando en interacción a través de sus recorridos que se traslapan a diversos niveles de intensidad: al sur de la zona metropolitana se bifurcan claramente en cada uno de estos ejes, en la zona central se entrelazan progresivamente y finalmente en la parte norte se confunden.

Durante el diseño del sistema de rutas troncales y alimentadoras, las primeras recorren los ejes referidos en tanto que las alimentadoras atienden los movimientos transversales eliminando con ellos los traslapes referidos. Si bien el sistema de rutas es reestructurado, la distribución espacial de viajes se mantiene, es por ello, que la interdependencia entre los desplazamientos longitudinales y transversales se mantiene. Lo anterior es la base para entender que la captación de los servicios sobre las troncales de las avenidas 11 Norte Sur y 16 de Septiembre están estrechamente relacionados. Los resultados de los diferentes escenarios de intervención en estos ejes, obtenido a través de un modelo de redes, confirman este resultado. Es por ello, que la solución tecnológica y sus características de operación se evalúa de forma conjunta, en ambos corredores, para diversos horizontes temporales.

2. *Características de operación similares.* Se considera que las características de operación, de una solución tecnológica determinada, son determinantes de la captación de un proyecto de transporte masivo. Es por ello, que fue necesario

evaluar bajo el mismo criterio las alternativas tecnológicas factibles y más en específico la capacidad del material rodante.

Para realizar la evaluación, se utilizó el criterio de optimización operativa en el cual se busca hacer corresponder la Sección de Máxima Demanda un sentido (SMD) con la oferta de servicios especificados a través del intervalo de paso, del número de unidades e implícitamente de la velocidad comercial. Esta última determinada por la distancia inter-estaciones, el número de paradas, el intervalo de paso y la potencia del vehículo.

Para realizar el análisis comparativo de las alternativas, se emplea un modelo de redes el cual entrega dada la matriz de viajes del periodo de análisis y un sistema de rutas (en la que se especifica la capacidad del material rodante, la frecuencia y la velocidad comercial) la captación y la Sección de Máxima Demanda un sentido del conjunto de rutas propuesto incluido los servicios troncales de los ejes viales referidos. Este último valor es el que se emplea para determinar, a través de un criterio de demanda, la solución tecnológica pertinente para cada eje troncal o corredor.

3. *Pronóstico de la captación al horizonte de vida del proyecto.* Con la finalidad de determinar la robustez de la solución tecnológica elegida, es necesario verificar que atenderá la demanda futura a niveles de servicio aceptables garantizando que no presentará niveles de saturación durante los 30 años que se estima que el proyecto esté en operación. Para tal fin, se estimaron matrices de viajes para el horizonte de vida del proyecto. Estas matrices fueron asignadas al sistema de rutas propuesto a través de la herramienta de modelación de redes. Como resultado de este proceso, bajo la optimización operativa ya referido, se obtienen los datos operativos y la Sección de Máxima Demanda un sentido. Como se ha indicado, este valor es la referencia para determinar si la elección tecnológica es la más pertinente.

El cuadro de la parte inferior muestra los resultados más relevantes de los tres criterios considerados para sustentar la elección tecnológica. Dentro de los que destacan:

- I. *En primer lugar*, se puede observar que la Sección de Máxima Demanda un sentido en el corredor 11 Norte Sur es más importante que el de 16 de septiembre. Esta diferencia es del orden del 40% lo cual implica que la solución tecnológica para cada corredor no necesariamente sería la misma. A lo largo del horizonte de estudio el orden de magnitud de esta diferencia se mantiene.
- II. *En segundo lugar*, bajo condiciones de optimización operativa, la Sección de Máxima Demanda un sentido del corredor Norte Sur es menor de 8,000 pax/hora/sentido al inicio de operaciones y llega a más de 10,000 pax/hora/sentido en el horizonte evaluación.

Siguiendo las recomendaciones del PROTRAM para la elección de la solución tecnológica, estos niveles de demanda corresponden a un sistema de autobuses articulados durante todo el horizonte de estudio.

En este sentido y debido al nivel de pasajeros en la hora de máxima demanda, es conveniente dedicar un carril exclusivo por sentido de circulación a este servicio para garantizar velocidades de operación competitivas y atractivas para los usuarios. A fin de sacar ventaja de esta infraestructura dedicada es conveniente que los carriles y con ello las estaciones se ubiquen al centro del eje vial.

Por otra parte, en el caso del eje vial 16 de Septiembre, la Sección de Máxima Demanda un sentido es menor a 5,000 pax/hora/sentido al inicio de operaciones a 7,500 pax/hora sentido para el mismo periodo de análisis. En este caso, la solución tecnológica más recomendable es un sistema de autobuses convencionales. La capacidad de la unidad elegida es aquella que se encuentra en el límite de capacidad, que no afecte en gran medida el estado del pavimento actual por el peso y la frecuencia de paso de las unidades o en su caso, que no requiera grandes inversiones en materia de reforzamiento de superficie de rodamiento.

Al igual que en el troncal 11 Norte Sur, para mejorar las velocidades comerciales de las unidades en este, se plantea un servicio con carril preferente con dos propósitos. Por un lado, reducir las inversiones asociadas a la infraestructura y por otro, reducir los efectos de la reducción de carril y del carril exclusivo a los usuarios del transporte privado y finalmente, ofrecer velocidades comerciales más competitivas con respecto al sistema convencional.

- III. Finalmente, *en tercer lugar*, puede verificarse que los intervalos de paso durante todo el horizonte, en ambos corredores, se mantienen en niveles muy atractivos para los usuarios garantizando a su vez un reducido impacto sobre las velocidades comerciales y una baja probabilidad de formación de pelotones durante la operación de los servicios.

Tabla 4.22 Características relevantes de operación y sección de máxima demanda un sentido para la opción tecnológica BRT bajo el esquema tronco-alimentador.

Horizonte	Corredor	Velocidad [km/h]	Capacidad [plazas/unidad]	Flota (Número de unidades)	SMD [pax/hora]	Intervalo [min]
2015	11 Norte - Sur	19.91	160	48	7,195	3.7
2015	16 de Septiembre	15.37	100	54	4,757	2.8
2022	11 Norte - Sur	19.56	160	54	8,050	3.1
2022	16 de Septiembre	15.14	100	60	5,955	2.4
2030	11 Norte - Sur	19.21	160	58	8,848	3.1
2030	16 de Septiembre	14.9	100	66	6,544	2.4
2038	11 Norte - Sur	18.99	160	65	9,611	2.9

2038	16 de Septiembre	14.72	100	72	7,108	2.2
-------------	------------------	-------	-----	----	-------	-----

La capacidad de transporte del sistema. El parque vehicular fue dimensionado de tal manera a atender la Sección de Máxima Demanda un sentido y suponiendo servicios regulares con paradas en todas las estaciones. La capacidad ofertada se indica en la tabla de la parte inferior en la que los horizontes de análisis se establecieron cada 8 años en razón de que la renovación del parque vehicular esta prevista en ciclos de esta duración. Lo anterior se realiza considerando que el vehículo se amortizará en 5 años y que los costos de operación de las unidades con esta antigüedad compensan la inversión en una nueva unidad con costos de operación mucho menor.

Tabla 4.23. Capacidad de transporte del sistema.

Horizonte	Corredor	Capacidad de transporte sección crítica [pax/hora]	SMD [pax/hora]	Intervalo [min]
2015	11 Norte - Sur	7,680	7,195	3.7
2015	16 de Septiembre	5,400	4,757	2.8
2022	11 Norte - Sur	8,640	8,050	3.1
2022	16 de Septiembre	6,000	5,955	2.4
2030	11 Norte - Sur	9,280	8,848	3.1
2030	16 de Septiembre	6,600	6,544	2.4
2038	11 Norte - Sur	10,400	9,611	2.9
2038	16 de Septiembre	7,200	7,108	2.2

I) Análisis de la demanda en la situación con proyecto a lo largo del horizonte de evaluación

Dado que el proyecto propuesto tiene como objetivo contribuir a mejorar la movilidad en la cuenca Norte Sur durante los próximos 30 años, se torna necesario pronosticar la demanda de transporte que se espera atender durante ese periodo.

Para ello, se proyectó la demanda del servicio de transporte público en la cuenca Norte Sur, considerando como base la demanda estimada en el Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur, utilizando las tasas de crecimiento demográfico que el Consejo Nacional de Población estima se registraran en los municipios que conforman la ZMP durante el periodo 2010-2030, y suponiendo que para los años comprendidos entre el 2031 y el 2042, la población continuaría creciendo a la misma tasa que la estimada para el año 2030.

Tabla 4.24. Demanda efectiva a lo largo del horizonte de evaluación.

*Pasajeros al día**

Año	Demanda troncal 11 Norte-Sur	Demanda troncal 16 Sept.	Demanda auxiliares	Total
2015	157,597	147,962	26,029	331,588
2016	160,050	150,265	26,435	336,750
2017	162,300	152,377	26,806	341,483
2018	164,504	154,446	27,170	346,120
2019	166,659	156,469	27,526	350,654
2020	168,763	158,445	27,874	355,082
2021	170,818	160,374	28,213	359,405
2022	172,822	162,256	28,544	363,622
2023	174,773	164,088	28,867	367,728
2024	176,668	165,867	29,179	371,714
2025	178,503	167,589	29,482	375,574
2026	180,275	169,253	29,775	379,303
2027	181,984	170,858	30,057	382,899
2028	183,627	172,400	30,329	386,356
2029	185,202	173,879	30,589	389,670
2030	186,707	175,292	30,838	392,837
2031	188,140	176,637	31,074	395,851
2032	189,499	177,913	31,299	398,711
2033	190,695	179,036	31,496	401,227
2034	191,899	180,166	31,695	403,760
2035	193,023	181,222	31,881	406,126
2036	194,066	182,202	32,053	408,321
2037	195,028	183,104	32,212	410,344
2038	195,905	183,927	32,357	412,189
2039	196,697	184,671	32,488	413,856
2040	197,403	185,334	32,604	415,341
2041	198,021	185,915	32,706	416,642
2042	198,552	186,413	32,794	417,759
2043	198,995	186,828	32,867	418,690
2044	199,347	187,160	32,925	419,432
2045	199,611	187,407	32,969	419,987

Nota: *Un pasajero equivale a un viaje con un origen y un destino con un solo motivo. Fuente: Fuente: Modelística S. A. de C. V.

En la siguiente tabla se muestran los datos de demanda en hora de máxima demanda y al día por ruta en el escenario con proyecto.

Tabla 4.25. Demanda por ruta

Ruta	Demanda HMD ambos sentidos	Sección de máxima demanda un sentido	Intervalo	Demanda al día
11NS_ECO	14,327	7,251	1.3	137,539
A_11NS01	5,153	4,078	1	49,465
A_11NS02	10,704	4,795	1	102,755
A_11NS03	641	500	5	6,153
A_11NS04	649	242	10	6,235
A_11NS05	683	229	10	6,555
A_11NS06	2,437	1,138	2	23,391
A_11NS07	2,379	1,075	2	22,839
A_11NS08	167	100	15	1,607
A_11NS09	653	350	7	6,265
A_11NS10	133	44	15	1,277
A_11NS11	1,360	607	4	13,054
A_11NS12	103	92	15	992
A_11NS13	508	255	9	4,878
A_11NS14	2,040	1,787	1	19,580
A_11NS15	639	294	8	6,131
A_11NS16	2,005	579	4	19,246
A_11NS17	3	1	15	24
A_11NS18	0	1	15	0
A_C6	332	180	13	3,189
A_D07	11	11	15	107
A_D11	296	186	13	2,844
A_D12.1	409	176	14	3,928
A_D13	0	1	15	0
A_D22.1	65	26	15	627
A_D23	758	618	4	7,275
A_D24	233	138	15	2,235
A_N01	161	88	15	1,543
A_N13	902	373	6	8,659
A_N14	402	212	11	3,861
A_N17	31	26	15	297
A_N17B	28	21	15	270

Ruta	Demanda HMD ambos sentidos	Sección de máxima demanda un sentido	Intervalo	Demanda al día
A_N18	197	102	15	1,890
A_N23.1	177	106	15	1,698
A_N25	394	263	9	3,784
A_N25.1	0	0	15	1
A_N27.1	143	73	15	1,376
A_N27.2	311	210	11	2,982
A_N27.3	356	145	15	3,417
A_N32.1	705	550	4	6,771
A_OP05	74	53	15	706
A_S17.1	1,190	354	7	11,423
A_S35	968	504	5	9,290
A_V01	111	102	15	1,067
A_V08	163	142	15	1,567
A_V08.1	17	17	15	165
A_V09	59	42	15	569
CC16SEP03	824	593	10.1	7,912
CC16SEP04	15,194	5,468	1.1	145,860
M_S22	381	203	12	3,662
M_S22.1	0	1	15	0
M_S39	2,042	912	3	19,607
A-CC16SEP02	162	133	15.0	1,551
A_11NS19	428	183	13	4,113
A_11NS20	341	205	12	3,270
A_11NS21	52	40	15	495

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

m) Diagnóstico de Interacción de la oferta y la demanda en la situación con proyecto

Descripción de los principales supuestos utilizados

En cuanto a la proyección de la demanda los principales supuestos fueron:

- Que las preferencias respecto al modo de transporte de los habitantes de la ZMP y en específico de la cuenca Norte Sur permanecerán constantes durante el periodo de evaluación; lo cual implica que la implementación del proyecto no provocará

que un número significativo de quienes actualmente se transportan en automóvil, taxi, bicicleta o a pie, se conviertan en usuarios del nuevo sistema de transporte masivo.

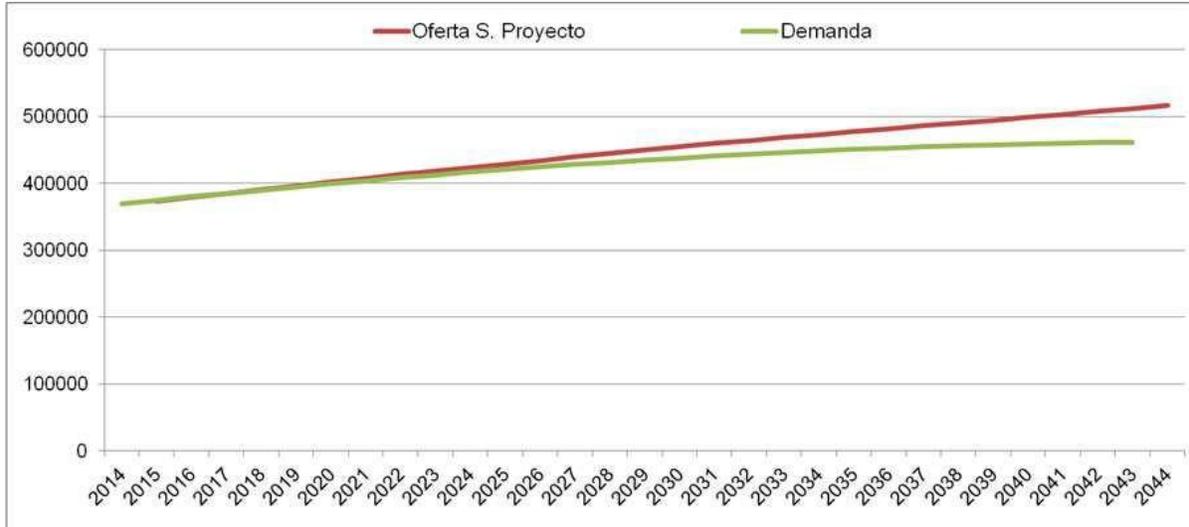
- Tampoco se supuso que fluctuaciones en el ingreso disponible de las familias afectarían sus actuales preferencias en cuanto al modo de transporte.
- Por lo tanto, la demanda del servicio de transporte en la cuenca Norte Sur sólo se incrementará en función del crecimiento demográfico que se presente en los próximos 30 años en la ZMP.
- De igual manera, la proyección de la oferta del servicio de transporte masivo se sustenta en el crecimiento demográfico mencionado, así como también en que:
- La capacidad de cada tipo de vehículo se mantenga constante durante el periodo de evaluación, es decir, no se consideró que pudiera haber un cambio tecnológico que modificara la capacidad de los vehículos a utilizar.
- Tampoco se supuso que el horario de servicio aumentaría.

Descripción de la metodología y herramienta utilizada para la estimación de la oferta y la demanda

La metodología empleada para estimar las proyecciones de oferta y demanda de transporte masivo se expusieron en los apartados anteriores por lo que sólo resta decir que fueron procesadas en una hoja de Excel.

De esta forma, se estimó que el sistema de transporte masivo propuesto operará teniendo siempre una capacidad instalada ociosa que oscilará entre del 15.7% al 1.9%, lo que permitirá en un momento dado poder atender adecuadamente algún incremento en la demanda que se presentase de manera inesperada.

Figura 80: Oferta y Demanda a lo largo del horizonte de evaluación.



Nota: *Un pasajero equivale a un viaje con un origen y un destino con un solo motivo. Fuente: (Spectron Desarrollo S.C., 2012), Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

Elasticidad precio de demanda

La transición del sistema actual al proyecto propuesto se realizará por etapas en las que se implementarán los troncales de transporte en primera instancia y posteriormente se reestructurarán las rutas de incidencia indirecta. Durante este proceso, las tarifas entre las rutas de incidencia indirecta y aquéllas de las rutas que conforman el proyecto podrían tener un diferencial. En este sentido el GEP podría optar entre mantener la misma tarifa para ambos sistemas o en su caso diferenciarlo. En todo caso, para enero de 2015 (un año antes de la implementación del proyecto), las tarifas actuales serán actualizadas en un peso para pasar de 6 a 7 pesos por viaje. En este sentido, existen dos escenarios. El primero supone que tanto las rutas actuales y aquellas reestructuradas en el nuevo sistema de transporte tienen la misma tarifa. El segundo supone que existe un diferencial de tarifa de 50 centavos por viaje siendo de 7 pesos para las rutas actuales y 7.50 para las rutas integradas en el proyecto.

Escenario 1: misma tarifa

Bajo este supuesto el número de usuarios estimados para las rutas del proyecto se mantiene sin cambios, pues con tarifas iguales entre los dos sistemas no habría efecto sustitución. En primer lugar porque los precios son iguales y en segundo lugar, porque la mayoría de las rutas del proyecto tienen un monopolio cuasi-espacial por lo que un servicio sustituto pudiera existir pero a un costo en tiempo y tarifa más elevado. En todo caso, se espera que ante una mejor calidad del servicio ofertada por las rutas del proyecto (que tendrán paradas fijas, unidades nuevas y servicio regular) al mismo costo y

atendiendo el mismo par origen-destino, los usuarios elegirán las rutas del proyecto. Aún más, debido a que las rutas auxiliares y troncales que conforman el proyecto tendrán tarifa integrada, en términos reales el usuario dispondrá, por la misma tarifa, de un conjunto de servicios que integran toda una red. Es decir, se verá ampliada la oferta de destinos al mismo costo, con ello tendrá mayor diversidad de elección con lo que podría esperarse que tome decisiones más eficientes. En términos de elasticidad de la demanda al precio (por calidad de servicio), bajo estas consideraciones el proyecto ofrece una “disminución de la tarifa” con respecto al sistema de rutas actuales remanente por lo que se esperaría una demanda mayor (demanda inducida) a la estimada ya que en la captación presentada, ninguno de estos efectos cualitativos a favor del proyecto está siendo considerados explícitamente.

Escenario 2: tarifa diferenciada

En caso de implementar una tarifa diferenciada, por política pública, esta no sería muy diferente al sistema de rutas de incidencia indirecta. El monto que hasta ahora pudiera considerarse como factible sería de 50 centavos de diferencia, siendo de 7.5 pesos la tarifa del nuevo sistema. Bajo este supuesto de diferenciación, podría presentarse un efecto sustitución el cual estaría acotado por el monopolio espacial del nuevo sistema de transporte, por el costo en términos de trasbordos que el usuario tendría que pagar y por los mejores atributos del servicio propuesto.

Para dimensionar este eventual efecto, se aplicaron más de 5,469 encuestas origen-destino a bordo de las unidades. Una de las preguntas de dicha encuesta fue: ¿Dispone de otro medio para realizar este viaje? Indique cual. De las 5,469 entrevistados que respondieron esta pregunta y expandido al total de viajes de la cuenca Norte Sur se obtuvieron los siguientes resultados: (Véase tabla **4.26**)

El 46% de los encuestados son usuarios cautivos, ya que sólo disponen del transporte público para realizar su desplazamiento. Por ello, el diferencial entre el sistema de transporte actual y el propuesto tendría otro tipo de efecto, a corto y mediano plazo, sobre su movilidad más allá del de sustitución inmediata por otra ruta de transporte: cambio modal hacia al automóvil, reducción de su movilidad, o cambio de domicilio, en otras. Esta participación puede ser mayor si se considera que las respuestas “otro” son formas menos concretas de cautividad.

En efecto, el modo caminata y bicicleta como sustitutos del transporte público pudieran ser efectivos siempre y cuando se trate de viajes esporádicos y en su caso éstos representan un volumen reducido de viajes. Por esta razón se considera que el efecto sustitución o cambio de ruta estaría acotado, y sólo sería un factor importante en caso que a) existan diferencias importantes de tarifas entre el sistema actual remanente y el futuro y b) existan una ruta para cada uno de estos sistemas que permitan atender estrictamente el origen- destino de cada usuario. Estas dos posibilidades pudieran presentarse eventualmente en los sistemas alimentadores y las rutas de incidencia indirecta pero en caso de existir sería para recorridos cortos. A partir de este supuesto, el efecto sustitución se considera muy reducido.

Por su parte, el automóvil pudiera representar un efecto sustitución importante por la flexibilidad que aporta el usuario respecto a la hora de realizar el viaje y el acceso al destino final del viaje; porque un usuario del transporte público que cambia de modo hacia el automóvil difícilmente volverá a ser usuario del primero. Es decir, es un usuario que al conocer y adaptarse al uso del automóvil preferirá la comodidad y las ventajas que ofrece en comparación con el transporte público. Sin embargo, la información recabada en la encuesta muestra que casi uno de cada cinco encuestados dispone ya de ese modo para realizar su viaje, pero por diversas circunstancias no lo utiliza de forma permanente. A partir de este resultado se prevé un efecto sustitución acotado salvo que el incremento en la tarifa fuera muy elevado.

El taxi individual y taxi colectivo como alternativa podría también generar un efecto sustitución. Sin embargo, sólo el taxi colectivo podría representar una sustitución permanente y tendría un efecto para sólo el 8% del total de usuarios. Se considera que el taxi individual podría utilizarse como sustituto sólo en casos muy específicos y puntuales en razón de su costo (aproximadamente cinco veces más caro que el transporte público). Por lo mismo, se puede prever un efecto sustitución acotado hacia esta alternativa salvo que el incremento en la tarifa fuera muy elevado.

Tabla 4.26 Alternativas de modo de transporte.

Modo alterno	Encuestas	Viajes	% Viajes
Ninguno	2,310	273,578	46%
Automóvil	1,062	125,775	21%
Otro*	770	91,193	15%
Taxi individual	477	56,492	10%
Taxi colectivo	387	45,833	8%
Total	5,006	592,871	100%

Fuente: (Spectron Desarrollo S.C., 2012), Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte-Sur.

*Nota: Otros incluye transporte caminando, en bicicleta o en otra ruta de transporte público.

Para cuantificar la magnitud del efecto sustitución, derivado de un posible incremento en la tarifa, se procedió a estimar la elasticidad precio de demanda sobre la probabilidad de elegir el sistema de transporte que ofrece el proyecto vs la posibilidad de usar rutas de incidencia indirecta para desplazarse al origen-destino deseado. El modelo de probabilidad se estimó tomando en cuenta la tarifa del modo de transporte, el tiempo de recorrido, el tiempo de espera, y el tiempo de trasbordo. Para ello, se utilizó la información recabada a través de 2,361 encuestas de preferencias declaradas aplicadas a los usuarios de transporte público de la cuenca Norte Sur.

Con la estimación de los parámetros del modelo, se procedió a calcular la elasticidad-precio punto tomando en cuenta el escenario más probable, donde el sistema del

proyecto tenga un costo de 7.50 por viaje en tanto que el sistema de rutas de incidencia indirecta tenga un costo de 7.00. Esto es, con un diferencial de 50 centavos.

Los resultados del modelo permitieron obtener una elasticidad precio de 1.44 en valor absoluto. Es decir, una demanda elástica al precio bajo el supuesto que existe sustitución perfecta. Sin embargo, al aplicar el incremento de 50 centavos en la tarifa (equivalente a un incremento del 6.6% en el costo por viaje), la elasticidad de la demanda arroja una reducción de sólo 9.6% en la probabilidad de no optar por el sistema que ofrecerá el proyecto. Es decir, bajo este escenario (2) de tarifa diferenciada, más del 90 por ciento de los pasajeros de la cuenca Norte Sur, optarían por utilizar el servicio de transporte público que ofrecerá el sistema del proyecto.

Es importante mencionar, que este ejercicio, basado en encuestas de preferencias declaradas, se ha obtenido una elasticidad precio bajo el supuesto que existe sustitución perfecta. La práctica deja ver que estos casos serán parte de las excepciones más que de las situaciones generales. En efecto, durante el proceso de restructuración del sistema de rutas, se favorece la posibilidad del monopolio espacial favoreciendo con ello las economías de escala que genera un solo prestador del servicio en el área de influencia de esta ruta. Por si esto fuera poco, el esquema de tarifa integrada hace prácticamente inconveniente al usuario usar de forma combinada el sistema actual con el sistema propuesto, por estas razones y por diseño se puede considerar que el efecto sustitución por otras rutas de transporte público es mínimo. No obstante, el efecto sustitución de más cuidado es el del automóvil, en este sentido la lógica de incrementar los precios del nuevo servicio bajo la lógica que no existe sustitución podría conducir a los usuarios a migrar hacia el automóvil con lo cual el objetivo del proyecto se desvirtúa completamente en caso que el aumento en la tarifa fuera muy alto. En todo caso, la elasticidad precio indicada es un buen indicador de cuota superior de este efecto.

En la tabla de abajo se muestra la proyección de la interacción oferta demanda en hora de máxima demanda y por día en el escenario con proyecto.

Tabla 4.27 Proyección de la interacción oferta demanda en hora de máxima demanda y por día en el escenario con proyecto

Año	VEHKM-HMD AMBOS SENTIDOS	PAXKM-HMD AMBOS SENTIDOS	VEHKM-DIA	PAXKM-DIA
2015	24,628	324	236,433	3,108
2016	25,012	329	240,114	3,156
2017	25,363	333	243,489	3,201
2018	25,708	338	246,795	3,244
2019	26,044	342	250,027	3,287
2020	26,373	347	253,185	3,328
2021	26,694	351	256,266	3,369
2022	27,007	355	259,274	3,408

Año	VEHKM-HMD AMBOS SENTIDOS	PAXKM-HMD AMBOS SENTIDOS	VEHKM-DIA	PAXKM-DIA
2023	27,312	359	262,202	3,447
2024	27,608	363	265,044	3,484
2025	27,895	367	267,796	3,520
2026	28,172	370	270,455	3,555
2027	28,439	374	273,019	3,589
2028	28,696	377	275,484	3,621
2029	28,942	380	277,846	3,652
2030	29,177	383	280,105	3,682
2031	29,401	386	282,255	3,710
2032	29,614	389	284,293	3,737
2033	29,801	392	286,088	3,761
2034	29,989	394	287,894	3,784
2035	30,164	396	289,581	3,807
2036	30,327	399	291,146	3,827
2037	30,478	401	292,588	3,846
2038	30,615	402	293,903	3,863
2039	30,738	404	295,092	3,879
2040	30,849	405	296,151	3,893
2041	30,945	407	297,079	3,905
2042	31,028	408	297,876	3,916
2043	31,098	409	298,539	3,924
2044	31,153	409	299,069	3,931
2045	31,194	410	299,463	3,937
Total	890,465	11,703	8,548,549	112,374

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

En la siguiente tabla se muestran los datos de la interacción oferta - demanda en hora de máxima demanda por ruta en el escenario con proyecto.

Tabla 4.28. Interacción oferta demanda por ruta

RUTA	UNIDADES	VEHKM-HMD AMBOS SENTIDOS	PAXKM-HMD AMBOS SENTIDOS	VEHKM-DIA	PAXKM-DIA
11NS_ECO	52	1,300.00	11.02	12480	106
A_11NS01	133	2,413.95	2.13	23174	20
A_11NS02	203	4,796.89	2.23	46050	21

RUTA	UNIDADES	VEHKM-HMD AMBOS SENTIDOS	PAXKM-HMD AMBOS SENTIDOS	VEHKM- DIA	PAXKM- DIA
A_11NS03	20	442.80	1.45	4251	14
A_11NS04	5	57.10	11.37	548	109
A_11NS05	7	111.44	6.13	1070	59
A_11NS06	27	350.46	6.95	3364	67
A_11NS07	33	561.00	4.24	5386	41
A_11NS08	4	88.08	1.90	846	18
A_11NS09	13	262.99	2.48	2525	24
A_11NS10	2	29.26	4.55	281	44
A_11NS11	18	289.98	4.69	2784	45
A_11NS12	2	23.64	4.37	227	42
A_11NS13	6	78.72	6.46	756	62
A_11NS14	55	947.10	2.15	9092	21
A_11NS15	5	43.80	14.58	420	140
A_11NS16	11	111.10	18.04	1067	173
A_11NS17	1	4.60	0.55	44	5
A_11NS18	1	2.59	0.00	25	0
A_C6	7	131.25	2.53	1260	24
A_D07	1	11.32	0.98	109	9
A_D11	3	26.13	11.34	251	109
A_D12.1	4	50.48	8.11	485	78
A_D13	1	12.91	0.00	124	0
A_D22.1	2	47.02	1.39	451	13
A_D23	25	561.00	1.35	5386	13
A_D24	5	93.20	2.50	895	24
A_N01	2	25.18	6.38	242	61
A_N13	8	96.16	9.38	923	90
A_N14	9	191.70	2.10	1840	20
A_N17	1	7.70	4.02	74	39
A_N17B	1	7.60	3.70	73	36
A_N18	3	43.23	4.56	415	44
A_N23.1	2	15.16	11.67	146	112
A_N25	4	27.68	14.24	266	137
A_N25.1	1	8.90	0.01	85	0
A_N27.1	1	6.51	22.02	62	211
A_N27.2	4	32.80	9.47	315	91
A_N27.3	2	12.82	27.76	123	267
A_N32.1	28	790.44	0.89	7588	9

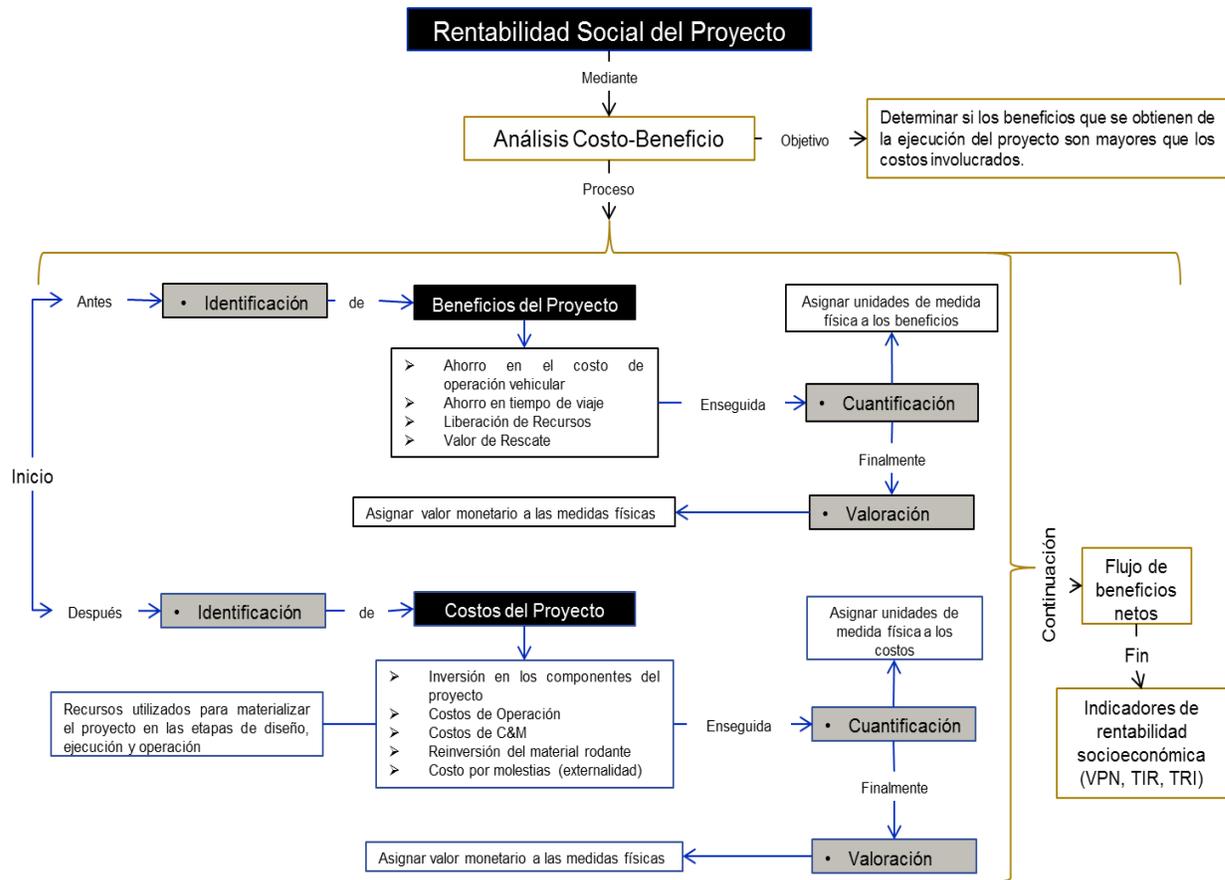
RUTA	UNIDADES	VEHKM-HMD AMBOS SENTIDOS	PAXKM-HMD AMBOS SENTIDOS	VEHKM- DIA	PAXKM- DIA
A_OP05	2	38.16	1.93	366	18
A_S17.1	24	874.80	1.36	8398	13
A_S35	16	273.60	3.54	2627	34
A_V01	2	16.40	6.77	157	65
A_V08	17	1,135.09	0.14	10897	1
A_V08.1	3	219.81	0.08	2110	1
A_V09	5	282.40	0.21	2711	2
CC16SEP03	10	358.10	2.30	3438	22
CC16SEP04	96	3,704.64	4.10	35565	39
M_S22	8	174.08	2.19	1671	21
M_S22.1	1	31.90	0.00	306	0
M_S39	74	3,327.78	0.61	31947	6
A-CC16SEP02	1	12.14	13.31	117	128
A_11NS19	4	40.00	10.71	384	103
A_11NS20	3	17.91	19.02	172	183
A_11NS21	1	6.70	7.69	64	74

Fuente: Modelística S. A. de C. V.

v. Evaluación del proyecto de inversión

En esta sección se presentan los resultados de la evaluación del proyecto de transporte masivo. El proceso de evaluación implicó definir una Situación Con Proyecto (S-CP), cuyas características se tradujeron a costos y beneficios sociales, para ser comparados con la Situación Sin Proyecto (S-SP). De esta forma, se identificaron los flujos sociales de impactos netos atribuibles únicamente a la construcción del proyecto; y, a partir de dichos flujos, se obtuvieron los indicadores de rentabilidad socioeconómica. El proceso de evaluación aplicado al proyecto de inversión se muestra en la figura siguiente.

Figura 81: Proceso de evaluación socioeconómica con enfoque costo beneficio



Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V.

Supuestos y parámetros claves

El presente Análisis Costo-Beneficio se basó, entre otros, en los parámetros y supuestos establecidos en los Lineamientos de la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (UISHCP).

• Beneficios y costos expresados en:	Términos reales⁸
• Tasa de descuento social:	10% anual real
• Valoración:	Pesos mexicanos del año de inscripción del proyecto
• Utilización de:	Precios sociales⁹
• Días laborables	330 días/año
• Valor social del tiempo:	25.75 MXN/h
• Tasa de Crecimiento Media Anual:	0.88%
• Periodo de inversión:	3 años
• Periodo de operación (vida útil):	30 años
• Horizonte de evaluación:	33 años
• Tipo de cambio:	14.50 MXN/USD

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Los costos relevantes del presente proyecto de inversión son:

- **Inversión en todos los componentes del proyecto**
- **Reinversión del material rodante**
- **Costos de operación**
- **Costos de conservación y mantenimiento de la infraestructura**
- **Costos por molestias (externalidades negativas)**

Inversión en todos los componentes del proyecto

⁸ Como se establece en los Lineamientos, expresar los beneficios y costos en términos reales implica descontar el efecto de la inflación. Bajo esta consideración, los beneficios y costos del presente proyecto de inversión se expresaron a precios del año en el que se solicita el registro en la Cartera.

⁹ Tomando como referencia la definición establecida en los lineamientos de la UI, "Los precios sociales son valores que reflejan el costo de oportunidad para la sociedad de utilizar un bien o servicio y que puede diferir de los precios de mercado".

Para fines de evaluación socioeconómica, en este apartado se presenta el costo estimado relativo a la implementación del proyecto, restando del mismo el Impuesto al Valor Agregado (IVA). El monto estimado para la ejecución del proyecto se estima en 1,516.67 millones de pesos, sin el IVA, como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 5.1. Costo de inversión estimado para la ejecución del proyecto

Estructura de costos	Monto total*
1. Inversión complementaria	
Proyecto Ejecutivo y estudios complementarios	\$ 24,800
Trámites, permisos y licencias	\$ 18,121
Supervisión de obra	\$ 18,900
Asesoría en implementación del proyecto	\$ 13,200
2. Infraestructura corredor 11 Norte-Sur	\$ -
Carril confinado	\$ 197,024
Guarniciones	\$ 15,994
Jardinería	\$ 17,546
Alumbrado	\$ 11,664
Obras inducidas	\$ 27,216
Demoliciones y desmantelamientos	\$ 6,318
Estaciones (paradas)	\$ 128,308
Estación Terminal (una terminal para 11 NS y una para 16 de Sept.)	\$ 39,721
Estación de Integración	\$ 10,188
Taller de mantenimiento	\$ 46,267
Patio	\$ 17,268
Fibra óptica	\$ 11,741
Centro de Control	\$ 10,000
3. Semaforización, señalización, cruces peatonales y mobiliario urbano	\$ -
Semaforización inteligente y programada	\$ 11,328
Señalización y nomenclatura	\$ 11,963
Cruces peatonales a nivel y señalización de alta especificación	\$ 20,592
4. Afectaciones (liberación del derecho de vía)	\$ -
Afectaciones, liberación del derecho de vía	\$ 118,200
5. Infraestructura corredor 16 Septiembre-Blvd. 5 Mayo	\$ -
Carpeta carril preferencial	\$ 19,580
Señalización carril preferencial	\$ 55,513
Guarniciones	\$ 10,372
Jardinería	\$ 10,584
Demoliciones y desmantelamientos	\$ 3,440
Totems	\$ 2,765

6. Material rodante	\$ -
Articulado (160 pax)_11 NS	\$ 148,379
Autobús (40 pax)_11 NS	\$ 81,728
Autobús (100 pax)_11NS	\$ 66,663
Autobús (100 pax)_16 Septiembre	\$ 73,680
Autobús (40 pax)_16 Septiembre	\$ 28,845
Autobús (100 pax)_16 Septiembre	\$ 49,120
7. Sistema de prepago	
Sistema de prepago 11 Norte-Sur	\$ 94,271
Sistema de prepago 16 Septiembre	\$ 56,629
8. Equipamiento de taller	
Equipamiento de taller	\$ 38,743
Total	\$ 1,516,673

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., conceptos de inversión tomados del ACB elaborado por Spectron S.C.

*Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

La estructura de costos de la tabla 5.1 contempla los requerimientos mínimos necesarios para que el sistema de transporte masivo opere adecuadamente. Dicha estructura se compone de los siguientes grandes rubros: construcción de la obra civil, estudios, equipamiento, material rodante, y adquisición de predios necesarios para la operación del proyecto a lo largo de su vida útil. Los porcentajes asociados a cada rubro son:

- 55.05% para la obra civil,
- 29.57% para material rodante,
- 2.88% para estudios,
- 2.55% para equipamiento del taller, y
- 9.95% para el sistema de prepago y despacho.

Los precios asociados a los componentes del proyecto de inversión, que se muestran en la tabla 5.1, se encuentran expresados en pesos del año 2015.

Etapas para la ejecución del proyecto de transporte masivo de la cuenca 11 Norte Sur

La implementación del proyecto de transporte masivo para la cuenca 11 Norte Sur se realizará en dos etapas. La primera de ellas comprende las siguientes obras: Carril Confinado y sus obras complementarias, Estaciones, Taller y Patio de Encierro, así como la compra del material rodante para la troncal 11 Norte Sur y sus rutas auxiliares. Mientras que, el Carril Preferencial y sus obras complementarias, los Tótems, y la sustitución del

parque vehicular de la troncal 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo y sus rutas auxiliares, se realizarán en la segunda etapa, como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 5.2. Flujo anual de erogaciones de los montos de inversión inicial por año y por etapas

Concepto	Monto total	Etapa I			Etapa II
		2013	2014	2015	2015
Proyecto Ejecutivo y estudios complementarios	\$ 24,800	\$ 17,195	\$ 7,605		\$ -
Trámites, permisos y licencias	\$ 18,121	\$ 18,121	\$ -		\$ -
Supervisión de obra	\$ 18,900	\$ 4,839	\$ 11,787	\$ 758	\$ 1,516
Asesoría en implementación del proyecto	\$ 13,200	\$ 4,584	\$ 8,616	\$ -	\$ -
Carril confinado	\$ 197,024	\$ 76,183	\$ 120,842	\$ -	\$ -
Guarniciones	\$ 15,994	\$ 7,197	\$ 8,796	\$ -	\$ -
Jardinería	\$ 17,546	\$ -	\$ 17,546	\$ -	\$ -
Alumbrado	\$ 11,664	\$ -	\$ 11,664	\$ -	\$ -
Obras inducidas	\$ 27,216	\$ 27,216	\$ -	\$ -	\$ -
Demoliciones y desmantelamientos	\$ 6,318	\$ 6,318	\$ -	\$ -	\$ -
Estaciones (paradas)	\$ 128,308	\$ 27,372	\$ 100,935	\$ -	\$ -
Estación Terminal (una terminal para 11 NS y una para 16 de Sept.)	\$ 39,721	\$ 883	\$ 38,838	\$ -	\$ -
Estación de Integración	\$ 10,188	\$ -	\$ 10,188	\$ -	\$ -
Taller de mantenimiento	\$ 46,267	\$ 9,870	\$ 36,397	\$ -	\$ -
Patio	\$ 17,268	\$ 3,684	\$ 13,584	\$ -	\$ -
Fibra óptica	\$ 11,741	\$ 698	\$ 9,473		\$ 1,570
Centro de Control	\$ 10,000	\$ -	\$ 10,000	\$ -	\$ -
Semaforización inteligente y programada	\$ 11,328	\$ -	\$ 11,328	\$ -	\$ -
Señalización y nomenclatura	\$ 11,963	\$ -	\$ 11,963	\$ -	\$ -
Cruces peatonales a nivel y señalización de alta especificación	\$ 20,592	\$ -	\$ 20,592	\$ -	\$ -
Afectaciones, liberación del derecho de vía	\$ 118,200	\$ 62,926	\$ -		\$ 55,274
Carpeta carril preferencial	\$ 19,580	\$ -	\$ -		\$ 19,580
Señalización carril preferencial	\$ 55,513	\$ -	\$ -		\$ 55,513
Guarniciones	\$ 10,372	\$ -	\$ -		\$ 10,372
Jardinería	\$ 10,584	\$ -	\$ -		\$ 10,584
Demoliciones y desmantelamientos	\$ 3,440	\$ -	\$ -		\$ 3,440
Totems	\$ 2,765	\$ -	\$ -		\$ 2,765
Articulado (160 pax)_11 NS	\$ 148,379	\$ -	\$ 148,379		\$ -
Autobús (40 pax)_11 NS	\$ 81,728	\$ -	\$ 81,728		\$ -
Autobús (100 pax)_11NS	\$ 66,663	\$ -	\$ 66,663		\$ -

Concepto	Monto total	Etapa I			Etapa II
		2013	2014	2015	2015
Autobús (100 pax)_16 Septiembre	\$ 73,680	\$ -	\$ -		\$ 73,680
Autobús (40 pax)_16 Septiembre	\$ 28,845	\$ -	\$ -		\$ 28,845
Autobús (100 pax)_16 Septiembre	\$ 49,120	\$ -	\$ -		\$ 49,120
Sistema de prepago 11 Norte-Sur	\$ 94,271	\$ -	\$ 94,271		\$ -
Sistema de prepago 16 Septiembre	\$ 56,629	\$ -	\$ -		\$ 56,629
Equipamiento de taller	\$ 38,743	\$ -	\$ -		\$ 38,743
Total	\$ 1,516,673	\$ 267,086	\$ 841,197	\$ 758	\$ 407,632
	100.00%	17.61%	55.46%	0.05%	26.88%

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos tomados del ACB elaborado por Spectron S.C.

Los conceptos de inversión para la realización del presente proyecto que son compartidos por las dos troncales se han programado para realizarse en conjunto con la inversión de la troncal 11 Norte-Sur para que ésta troncal tenga completa funcionalidad desde la primera Etapa del proyecto.

Reinversión del material rodante de la situación con proyecto

El material rodante (vehículos), como cualquier otro activo, tiene una vida útil que al cumplirse deriva en una obligación, inclusive de índole legal, de sustituir el activo usado por uno, preferentemente, nuevo. Es decir, al término de la vida útil del material rodante debe sustituirse por una reciente, con la finalidad de mantener en óptimas condiciones la prestación del servicio de transporte público y, al mismo tiempo, operar en línea con el marco legal vigente en materia de transporte en el estado de Puebla¹⁰.

Vida útil del material rodante

El material rodante tiene una vida útil, medida en términos de kilómetros recorridos o en función del número de años de antigüedad. Para el presente estudio, se supone que el material rodante utilizado para la operación del sistema de transporte masivo tendrá una vida útil de 8 años para los vehículos de las rutas troncales, y de 10 años para los vehículos de las rutas auxiliares. Esta diferencia se debe a que los vehículos de las rutas

¹⁰ La ley del transporte para el estado de Puebla, vigente, en su artículo 70 establece que: "el concesionario tiene la obligación de prestar el servicio con vehículos que no excedan de diez años de antigüedad en las rutas urbanas y transporte público masivo...", pág 36.

troncales tendrán un mayor uso y, por ende, desgaste, que incrementará exponencialmente el costo de mantenimiento de la flota vehicular.

Tabla 5.3. Vida útil del material rodante

Material rodante	Vida útil
Vida útil de los vehículos (años)_Troncal	8.00
Vida útil de los vehículos (años)_Auxiliares	10.00

Fuente: Elaboración Modelística S. A. de C. V.

El rubro sobre la reinversión del material rodante se divide en tres conceptos, que son:

- Reinversión del material rodante adquirido en la etapa inicial del proyecto
- Compra de vehículos por aumento en la demanda
- Reinversión del material rodante por aumento en demanda

Reinversión del material rodante adquirido en la etapa inicial del proyecto

Con el objetivo de identificar el número de unidades que deberán reemplazarse al término de su vida útil y, sobre todo, el monto asociado a dicha sustitución, a continuación se detalla el costo de inversión inicial en material rodante, para la operación del sistema integral del transporte público de la Cuenca Norte-Sur.

Tabla 5.4. Número de vehículos que deberán reemplazarse al término de su vida útil, troncal 11 N-S y sus rutas auxiliares

11 Norte-Sur					
Tipo de vehículo	Núm. Veh./tipo (operación)	Núm. Veh./tipo (reserva)	Núm. Veh./tipo (flota necesaria)	Costo unitario (\$/veh.)*	Costo total (\$)*
Vehículos (160 pax) (\$/veh.)	26	1	27	\$ 5,496	\$ 148,379
Vehículos (100 pax) (\$/veh.)	36	2	38	\$ 1,754	\$ 66,663
Vehículos (40 pax) (\$/veh.)	81	4	85	\$ 962	\$ 81,728
Total	143	7	150		\$ 296,770
				Gran total	\$ 448,416

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., conceptos de inversión tomados del ACB elaborado por Spectron S.C.

*Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 5.5. Número de vehículos que deberán reemplazarse al término de su vida útil, troncal 16 Septiembre y sus rutas auxiliares

16 de Septiembre					
Tipo de vehículo	Núm. Veh./tipo (operación)	Núm. Veh./tipo (reserva)	Núm. Veh./tipo (flota necesaria)	Costo unitario (\$/veh.)*	Costo total (\$)*
Vehículos (100 pax) (\$/veh.)	40	2	42	\$ 1,754	\$ 73,680
Vehículos (100 pax) (\$/veh.)_Auxiliares	27	1	28	\$ 1,754	\$ 49,120
Vehículos (40 pax) (\$/veh.)	29	1	30	\$ 962	\$ 28,845
Total	96	4	100		\$ 151,646

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., conceptos de inversión tomados del ACB elaborado por Spectron S.C.

*Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Cabe señalar que la estimación del costo de reinversión del material rondante supone un valor de rescate igual al 15% sobre el valor de la unidad nueva. También, se considera que el precio de la unidad nueva será constante a lo largo del horizonte de evaluación.

Compra de vehículos por aumento en demanda y su reinversión

El presente Análisis Costo Beneficio supone, en el horizonte de evaluación del proyecto, un crecimiento de la demanda, expresada por el número de pasajeros por unidad de tiempo. Este crecimiento generará, por el lado de la oferta, un número mayor de vehículos para absorber dicho aumento de la demanda. Por esta razón, en la presente evaluación socioeconómica se considerará que el número de vehículos irá incrementando en función del crecimiento de la demanda, como se indica en la tabla 5.6.

De igual modo, el número adicional de unidades por incremento en la demanda debe sustituirse al término de su vida útil. En la tabla 5.6 se indica el número de unidades que serán reemplazadas en el horizonte de evaluación, así como el monto asociado a dicha operación.

Tabla 5.6. Reinversión de material rodante en el horizonte de evaluación (vehículos con capacidad de 160 pasajeros)

Año	Sistema con proyecto								
	Inversión inicial	Inversión adicional	Acumulado	Renovación de la inv. inicial	Renov. Aumento en demanda	Total (veh.)	Subtotal (Monto)	Valor de rescate	Total (Monto)
2013	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2014	27	-	27	-	-	27	\$ 148,379	\$ -	\$ 148,379
2015	-	-	27	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2016	-	1	28	-	-	1	\$ 5,496	\$ -	\$ 5,496
2017	-	-	28	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2018	-	1	29	-	-	1	\$ 5,496	\$ -	\$ 5,496
2019	-	-	29	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2020	-	-	29	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2021	-	1	30	-	-	1	\$ 5,496	\$ -	\$ 5,496
2022	-	-	30	27	-	27	\$ 148,379	\$ 22,257	\$ 126,122
2023	-	-	30	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2024	-	2	32	-	1	3	\$ 16,487	\$ 824	\$ 15,662
2025	-	-	32	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2026	-	-	32	-	1	1	\$ 5,496	\$ 824	\$ 4,671
2027	-	1	33	-	-	1	\$ 5,496	\$ -	\$ 5,496
2028	-	-	33	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2029	-	-	33	-	1	1	\$ 5,496	\$ 824	\$ 4,671
2030	-	1	34	27	-	28	\$ 153,874	\$ 22,257	\$ 131,617
2031	-	-	34	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2032	-	-	34	-	3	3	\$ 16,487	\$ 2,473	\$ 14,014
2033	-	-	34	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2034	-	1	35	-	1	2	\$ 10,991	\$ 824	\$ 10,167
2035	-	-	35	-	1	1	\$ 5,496	\$ 824	\$ 4,671
2036	-	-	35	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2037	-	-	35	-	1	1	\$ 5,496	\$ 824	\$ 4,671
2038	-	-	35	27	1	28	\$ 153,874	\$ 23,081	\$ 130,793
2039	-	1	36	-	-	1	\$ 5,496	\$ -	\$ 5,496
2040	-	-	36	-	3	3	\$ 16,487	\$ 2,473	\$ 14,014
2041	-	-	36	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2042	-	-	36	-	2	2	\$ 10,991	\$ 1,649	\$ 9,342
2043	-	-	36	-	1	1	\$ 5,496	\$ 824	\$ 4,671
2044	-	-	36	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -
2045	-	-	36	-	1	1	\$ 5,496	\$ 824	\$ 4,671

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., conceptos de inversión tomados del ACB elaborado por Spectron S.C.

*Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Para más detalle sobre el número y montos de reinversión del material rodante, véase la pestaña "Veh Proyecto", que corresponde a la memoria de cálculo del presente proyecto de inversión.

Reinversión del material rodante para la situación sin proyecto

Con el objetivo de establecer el costo incremental por la ejecución y operación del presente proyecto, se estimó el monto de reinversión del material rodante que opera actualmente en la cuenca Norte Sur, una vez aplicada la optimización operativa.

A partir de hacer más eficiente la operación del sistema de transporte actual, se redujó el número de unidades de 2009 a 1124 para la cuenca Norte Sur. Sin embargo, estas 1124 unidades deben reemplazarse una vez que termine su vida útil, que se supone de 10 años. Para estimar el costo de reinversión del material rodante, se estableció un valor de rescate igual al 15% del valor de una unidad nueva, previo análisis de la antigüedad de la flota vehicular actual y su capacidad estática.

Para simplificar el análisis, se estimó la antigüedad promedio por tipo de vehículo, es decir por su capacidad estática, que resultó en una edad promedio de 5 años para los vehículos tipo Van y de 6 años para los autobuses y para los midibuses, véase la memoria de cálculo de la evaluación socioeconómica para más detalle.

Suponiendo una vida útil de 10 años para el material rodante que opera en la situación sin proyecto, como lo establece la ley en la materia, los vehículos tipo Van tienen una vida útil restante de 5 años, y los autobuses y midibuses una vida útil promedio de 4 años, contados a partir del año 2015.

Costos en la etapa de operación

Los costos de operación del presente proyecto de inversión se relacionan con los insumos requeridos para el funcionamiento cotidiano de los vehículos, las estaciones y las terminales, así como los costos de mantenimiento de las estaciones, las terminales y el carril confinado.

Los costos durante la etapa de operación se dividen, para su cálculo, en dos partes. Por un lado, los costos variables de operación que se ajustan en la medida en que los vehículos van envejeciendo año con año; es decir, son crecientes según la antigüedad del vehículo, y se calculan para todos los vehículos que operan en ambos troncales y rutas auxiliares.

Por otro lado, se calculan los costos fijos de operación que se mantienen constantes a lo largo del horizonte de evaluación. Estos costos fijos corresponden a los costos de operación de terminales y estaciones, así como los costos de mantenimiento de las terminales, estaciones y el carril confinado.

Tabla 5.7. Costos fijos de operación para estaciones y terminales

Costos fijos de operación para la situación con proyecto			
Infraestructura	Cantidad	Costo mensual (\$/mes)	Costo anual (\$/año)*
Estaciones (#)	35.00	\$ 18,427	\$ 7,739
Terminales (#)	2.00	\$ 4,923	\$ 118
Total	37.00	\$ 23,350	\$ 7,857

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., conceptos de inversión tomados del ACB elaborado por Spectron S.C.

*Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Costos de operación (costos fijos)

Los costos de operación fijos son los requeridos para la operación y mantenimiento de las estaciones, terminales y del carril confinado, independientemente del número de usuarios atendidos.

El costo fijo estimado para la operación de las estaciones y terminales se contabiliza a partir del año 2015, porque se supone que la troncal 11 Norte Sur y sus rutas auxiliares entrarán en operación a partir de éste año.

Tabla 5.8. Proyección de los costos fijos de operación para estaciones y terminales, así como para el costo variable

Año	Costos de operación (fijo)	Costos de operación vehicular (variable)	Total de costos de operación
2013			
2014			
2015	\$ 7,857	\$ 214,663	\$ 222,520
2016	\$ 7,857	\$ 221,503	\$ 229,361
2017	\$ 7,857	\$ 224,808	\$ 232,666
2018	\$ 7,857	\$ 234,539	\$ 242,396
2019	\$ 7,857	\$ 242,689	\$ 250,547
2020	\$ 7,857	\$ 251,431	\$ 259,288
2021	\$ 7,857	\$ 266,742	\$ 274,599
2022	\$ 7,857	\$ 284,367	\$ 292,225
2023	\$ 7,857	\$ 289,107	\$ 296,964
2024	\$ 7,857	\$ 294,647	\$ 302,505
2025	\$ 7,857	\$ 301,433	\$ 309,290
2026	\$ 7,857	\$ 308,489	\$ 316,346

Año	Costos de operación (fijo)	Costos de operación vehicular (variable)	Total de costos de operación
2027	\$ 7,857	\$ 319,258	\$ 327,116
2028	\$ 7,857	\$ 331,479	\$ 339,336
2029	\$ 7,857	\$ 347,449	\$ 355,307
2030	\$ 7,857	\$ 375,206	\$ 383,064
2031	\$ 7,857	\$ 377,961	\$ 385,819
2032	\$ 7,857	\$ 382,692	\$ 390,549
2033	\$ 7,857	\$ 390,243	\$ 398,100
2034	\$ 7,857	\$ 402,010	\$ 409,867
2035	\$ 7,857	\$ 411,317	\$ 419,174
2036	\$ 7,857	\$ 425,949	\$ 433,807
2037	\$ 7,857	\$ 446,617	\$ 454,475
2038	\$ 7,857	\$ 476,151	\$ 484,008
2039	\$ 7,857	\$ 480,834	\$ 488,691
2040	\$ 7,857	\$ 489,051	\$ 496,909
2041	\$ 7,857	\$ 498,578	\$ 506,436
2042	\$ 7,857	\$ 506,676	\$ 514,533
2043	\$ 7,857	\$ 517,473	\$ 525,330
2044	\$ 7,857	\$ 533,748	\$ 541,606
2045	\$ 7,857	\$ 543,691	\$ 551,548

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., conceptos de inversión tomados del ACB elaborado por Spectron S.C.

*Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Costos de operación vehicular (costos variables)

La estimación del costo de operación vehicular para la situación con proyecto requirió calcular el Costo de Operación Vehicular Unitario (COV), para cada tipo de vehículo que operará en el sistema de transporte masivo.

El COV total se estimó a partir del costo de operación de los vehículos unitario, el cuál se expresa en términos diarios y por vehículo-kilómetro recorrido para satisfacer la demanda. Una vez calculado el COV, se aplicaron las siguientes operaciones aritméticas. El costo unitario de operación vehicular se multiplicó por el número de vehículos que operarán en el sistema integral, el resultado de la operación anterior se multiplicó por la longitud de recorrido diario, cuyo resultado es igual al costo diario de operación. Este costo de operación diario se anualizó utilizando un factor de expansión de 330 días por año, que supone el total de días de operación de los vehículos.

En el horizonte de evaluación del proyecto, adicional al aumento en costos unitarios de operación por la antigüedad de la flota vehicular, se estimó el número de vehículos y kilómetros recorridos de manera discreta (cada ocho años) para satisfacer el crecimiento de la demanda, generando un aumento de los costos de operación de los vehículos que operarán en la cuenca Norte Sur.

Para el cálculo del COV se consideró el costo de los vehículos articulados que operarán sobre el troncal 11 Norte Sur, los autobuses de 100 pasajeros que operarán en la 16 de Septiembre y Blvd. Héroes del 5 de Mayo. Además, los autobuses de 40 pasajeros que circularán en las rutas auxiliares.

Costo de operación vehicular de la situación sin proyecto

El costo de operación vehicular incremental se estimó a partir de comparar el costo de operación vehicular de la situación sin proyecto versus el costo de operación vehicular de la situación con proyecto. En este sentido, el ahorro en el Costo de Operación Vehicular se cuantificó a partir de la diferencia entre el COV de los vehículos que dejarán de operar (autobuses de 40 pasajeros, midibuses y Van) en la situación sin proyecto y el COV de los vehículos que operarán en el sistema integral de transporte masivo.

Cabe señalar que para el año 2015 sólo se estima el costo variable de los vehículos que entrarán en operación en la troncal 11 Norte Sur y sus rutas auxiliares. A partir del año 2016 en adelante, se estima el costo de operación del sistema integral de transporte masivo.

Costo de conservación y mantenimiento del proyecto

El costo de conservación y mantenimiento para la situación con proyecto se divide en dos grandes rubros. Por un lado se estima el costo de mantenimiento de las estaciones y terminales, y por otro lado se calcula el costo de conservación y mantenimiento de los carriles exclusivos a base de concreto hidráulico.

Estimación del costo de conservación de las estaciones y terminales

En la tabla siguiente se indica el monto por concepto de mantenimiento de las estaciones y terminales que integran la infraestructura del sistema propuesto de transporte masivo.

Tabla 5.9. Estimación del costo de mantenimiento de las estaciones y terminales del sistema de transporte masivo

Infraestructura	Cantidad	Costo mensual (\$/mes)	Costo anual (\$/año)*
Estaciones (#)	35	\$ 4,897	\$ 2,057
Terminales (#)	2	\$ 6,259	\$ 150
Total		\$ 11,155	\$ 2,207

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Estimación del costo de conservación y mantenimiento de los carriles exclusivos

La configuración para la estimación del costo de conservación y mantenimiento de los carriles exclusivos a base de concreto hidráulico se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 5.10. Configuración del costo de conservación y mantenimiento de los carriles para la situación con proyecto

Configuración de costos de conservación (C/P)		
Concepto	Monto*	Denominación
Conservación rutinaria	\$ 30	\$/km/Carril
Reparación superficial de losas de concreto	\$ 400	\$/km/Carril
Reparación mayor de losas de concreto	\$ 1,000	\$/km/Carril
Núm. carriles s/con proyecto	2	Carriles
Longitud total	12.50	km

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Con base en los datos de la tabla anterior, se estimó el costo de conservación y mantenimiento para la situación con el proyecto en el horizonte de evaluación. Dicho costo es sin el IVA, como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 5.11. Estimación del costo de conservación y mantenimiento de los carriles exclusivos para la situación con el proyecto

Con proyecto en el horizonte		
Concepto	Monto*	Periodicidad (año)
Conservación rutinaria	\$ 750	Anual
Reparación superficial de losas de concreto	\$ 10,000	Cada 5 años
Reparación mayor de losas de concreto	\$ 25,000	Cada 10 años

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., de C.V. con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Costo incremental por conservación y mantenimiento de la infraestructura

Como se indicó en los primeros párrafos de este apartado, se tomo como línea base el costo de conservación y mantenimiento de la situación sin proyecto, y como medición final el costo de conservación y mantenimiento para la situación con proyecto. Con base en dicha hipótesis, se estimó el costo incremental asociado a la implementación del proyecto de inversión, cuyo resultado, proyectado a lo largo del horizonte de evaluación, se indica en la tabla siguiente.

Tabla 5.12. Costo de conservación y mantenimiento de los carriles en el horizonte de evaluación

Costos de mantenimiento Sin proyecto						Costos de mantenimiento Con proyecto					Costo incremental de mto. Del carril exclusivo	Estaciones	Terminales	Costo de mantenimiento	
Año	Conservación rutinaria	Riego de sello	Sobrecarpeta	Reconstrucción	Total	Año	Conservación rutinaria	Reparación superficial de losas de concreto	Reparación mayor de losas de concreto	Total					
2013	\$ 750				\$ 750	2013	\$ -			\$ -		\$ -	\$ -	\$ -	
2014	\$ 750				\$ 750	2014	\$ -			\$ -		\$ -	\$ -	\$ -	
2015	\$ 750				\$ 750	2015	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 75	\$ 2,132
2016	\$ 750				\$ 750	2016	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2017		\$ 3,625			\$ 3,625	2017	\$ 750			\$ 750		\$ (2,875)	\$ 2,057	\$ 150	\$ (668)
2018	\$ 750				\$ 750	2018	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2019	\$ 750				\$ 750	2019		\$ 10,000		\$ 10,000		\$ 9,250	\$ 2,057	\$ 150	\$ 11,457
2020	\$ 750				\$ 750	2020	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2021			\$ 20,000		\$ 20,000	2021	\$ 750			\$ 750		\$ (19,250)	\$ 2,057	\$ 150	\$ (17,043)
2022	\$ 750				\$ 750	2022	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2023	\$ 750				\$ 750	2023	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2024	\$ 750				\$ 750	2024			\$ 25,000	\$ 25,000		\$ 24,250	\$ 2,057	\$ 150	\$ 26,457
2025		\$ 3,625			\$ 3,625	2025	\$ 750			\$ 750		\$ (2,875)	\$ 2,057	\$ 150	\$ (668)
2026	\$ 750				\$ 750	2026	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2027	\$ 750				\$ 750	2027	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2028	\$ 750				\$ 750	2028	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2029				\$ 55,000	\$ 55,000	2029		\$ 10,000		\$ 10,000		\$ (45,000)	\$ 2,057	\$ 150	\$ (42,793)
2030	\$ 750				\$ 750	2030	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2031	\$ 750				\$ 750	2031	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2032	\$ 750				\$ 750	2032	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2033		\$ 3,625			\$ 3,625	2033	\$ 750			\$ 750		\$ (2,875)	\$ 2,057	\$ 150	\$ (668)
2034	\$ 750				\$ 750	2034			\$ 25,000	\$ 25,000		\$ 24,250	\$ 2,057	\$ 150	\$ 26,457
2035	\$ 750				\$ 750	2035	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2036	\$ 750				\$ 750	2036	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2037			\$ 20,000		\$ 20,000	2037	\$ 750			\$ 750		\$ (19,250)	\$ 2,057	\$ 150	\$ (17,043)
2038	\$ 750				\$ 750	2038	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2039	\$ 750				\$ 750	2039		\$ 10,000		\$ 10,000		\$ 9,250	\$ 2,057	\$ 150	\$ 11,457
2040	\$ 750				\$ 750	2040	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2041		\$ 3,625			\$ 3,625	2041	\$ 750			\$ 750		\$ (2,875)	\$ 2,057	\$ 150	\$ (668)
2042	\$ 750				\$ 750	2042	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2043	\$ 750				\$ 750	2043	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207
2044	\$ 750				\$ 750	2044			\$ 25,000	\$ 25,000		\$ 24,250	\$ 2,057	\$ 150	\$ 26,457
2045	\$ 750	\$ -			\$ 750	2045	\$ 750			\$ 750		\$ -	\$ 2,057	\$ 150	\$ 2,207

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Costo por molestias

La realización del proyecto de la cuenca Norte Sur considera dos años de inversión durante los cuales se construirá el proyecto, y para ello será necesario realizar ciertas afectaciones a los usuarios que después, cuando la obra esté terminada, serán beneficiados. Por esta razón se ha considerado en este análisis, la cuantificación del costo provocado durante la construcción del proyecto a todos los pasajeros, tanto de transporte privado como de transporte público.

El costo en el que incurren estos usuarios se debe a que los cierres, totales o parciales, de las avenidas y calles dentro de la zona de influencia, en particular las cercanas al troncal 11 Norte Sur donde se construirá el carril confinado, provocarán un aumento en el tiempo de recorrido de los pasajeros que se transportan por esta zona.

El carril confinado requiere la pavimentación con concreto hidráulico de un carril por sentido de la 11 Norte-Sur, lo cual implica afectar un carril de circulación durante el proceso de construcción previsto para un periodo de 12 meses. El carril preferente se conforma al colocar bolardos y boyas como señalización horizontal para segregar un carril para el paso de los vehículos de transporte público. Por lo tanto, se cataloga como una medida flexible que no tendrá afectaciones mayores al resto de los vehículos que circula por la vía durante su implementación.

Los costos de molestias se limitan a estimar las afectaciones por el cierre de un carril durante el proceso de construcción del carril confinado de la troncal 11 Norte Sur.

Definición del proceso constructivo, plan de desvíos y medidas de mitigación

A partir de la experiencia de la construcción del carril confinado del corredor de Chachapa-Tlaxcalancingo se determinó que el proceso constructivo se realiza por etapas simultáneas asociadas a diversos frentes de trabajo para reducir los tiempos de construcción y por consecuencia las molestias ocasionadas a los conductores que se desplazan por dicho eje.

De esta manera, se asume que durante el proceso de pavimentación de cada tramo se inhabilitan dos carriles de circulación dejando un carril de circulación por sentido habilitado por lo que la vialidad nunca se cierra completamente.

Medidas de mitigación

- Al terminar de construir cada tramo se libera inmediatamente uno de los carriles inhabilitados restaurando con ello las condiciones de circulación previas a la construcción.
- Se elimina la posibilidad de estacionamiento público en toda la longitud de la vía, supuesto que en la práctica ya se cumple en la mayor parte de la vialidad pero que requerirá ser reforzada para disponer en toda la sección de dos carriles efectivos para la circulación,
- Se implementa un plan de desvíos lo cual ofrece a los usuarios alternativas en caso que las filas de espera sean importantes en algún segmento determinado.

Las medidas anteriores son factibles debido a la traza reticular de la ciudad de Puebla y en particular sobre el eje del trazo del proyecto. Esta traza ofrece la ventaja de innumerables alternativas de desvíos.

Tramificación del eje del trazo

Una vez definido que el proceso constructivo es por etapas, se identificaron las condiciones de circulación a lo largo del trazo del carril confinado de la 11 Norte-Sur. Lo anterior se obtuvo mediante la inspección visual y recorridos en campo. Con base en los resultados del estudio de campo, se identificaron 4 tramos representativos de diferentes condiciones de circulación.

- Tramo 1: Col. Antorchista – 113 Poniente
- Tramo 2: 113 Poniente – 43 Poniente
- Tramo 3: 43 Poniente – Blvd. Héroes del 5 de Mayo
- Tramo 4: Blvd. 5 de Mayo – San Pedro

Para cada tramo identificado se asume que corresponde una etapa de construcción, y la duración de construcción de la misma o periodo de afectación se obtiene proporcionalmente a la distancia de cada tramo y la duración total de la construcción establecida a 12 meses.

Estimación de las condiciones de circulación en situación actual

Las condiciones de circulación se expresan en términos de velocidad media de circulación (tiempos de recorrido) y número de vehículos que utilizan cada tramo de la vialidad. Con la finalidad de procurarse esta información se realizaron dos tipos de estudios:

- Tiempos de recorrido sobre toda la longitud de la avenida norte sur. Se realizaron recorridos a bordo de unidades por la técnica de vehículo flotante, la cual consiste en recorrer la vía representando el vehículo promedio sin realizar rebases o maniobras para reducir los tiempos de recorrido. Se realizaron a lo largo del día con la finalidad de representar los tiempos de recorrido y la variación del tráfico durante este periodo. De esta manera se obtuvo un tiempo de recorrido para cada hora del día.
- Aforos vehiculares transversales. Durante este estudio se colocaron estaciones de aforo neumático sobre los 4 tramos de la vialidad y se registró el volumen vehicular durante 24 horas y una semana. Las estaciones de aforo entregaron el número de vehículos por tipo que circula en la sección transversal de la vía en estudio. Estos valores son ponderados a fin de representar el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA). Lo anterior se obtiene gracias al promedio de vehículos aforados durante la semana y aplicando un factor de estacionalidad el cual permite considerar las condiciones de circulación de la semana aforada respecto a las condiciones diarias medias durante todo el año.

Los resultados de los estudios se indican a continuación.

Tabla 5.13. TDPA por tramo

Demanda (veh./día)				
Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4
-	Actual	Actual	Actual	Actual
Tránsito normal	43,248	45,181	90,181	16,241

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

Clasificación vehicular

Para efectos del análisis de la demanda, se llevó a cabo una clasificación de los vehículos que transitan sobre el tramo en estudio, los resultados se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 5.14. Composición vehicular expresada en vehículos por hora

Composición vehicular (veh./h)												
Tramo	1			2			3			4		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
% Autos	2,054	582	543	2,125	579	648	4,225	889	1,456	905	371	187
% Autobuses	126	36	33	130	36	40	259	55	89	56	23	11

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

Grado de congestiónamiento vehicular¹¹

El flujo vehicular no es constante a lo largo del día, y más bien, es relativamente “alto” en ciertas horas del día, y es bajo, principalmente, en las horas de la madrugada. Esta variación horaria del tránsito genera, durante el día, periodos de congestión y periodos de no congestión, que se señalan en las tablas siguientes.

Tabla 5.15. Grado de congestiónamiento vehicular de los tramos 1 y 2

Situación sin proyecto	Tramo 1				Tramo 2			
Periodización de la demanda	Periodo				Periodo			
	Congestión alta ^a	Congestión media ^b	Congestión baja ^c	Total	Congestión alta ^a	Congestión media ^b	Congestión baja ^c	Total
Horas al día (h/d)	17	2	5	24	17	2	5	24
Flujo vehicular/día (veh./d)	38,923	1,297	3,027	43,248	40,275	1,291	3,614	45,181
Flujo vehicular/hora (veh./h)	2,290	649	605	1,802	2,369	646	723	1,883
Porcentaje del total	90.00%	3.00%	7.00%	100.00%	89.14%	2.86%	8.00%	100.00%

a) De las 7:00 a las 23:59 horas

b) De las 24:00 a las 24:59 horas, de 06:00-06:59 horas

c) De las 1:00 a las 05:59 horas

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

Tabla 5.16. Grado de congestiónamiento vehicular de los tramos 3 y 4

Situación sin proyecto	Tramo 1				Tramo 2			
Periodización de la demanda	Periodo				Periodo			
	Congestión alta ^a	Congestión media ^b	Congestión baja ^c	Total	Congestión alta ^a	Congestión media ^b	Congestión baja ^c	Total
Horas al día (h/d)	17	2	5	24	13	4	7	24
Flujo vehicular/día (veh./d)	80,082	1,983	8,116	90,181	13,123	1,656	1,462	16,241
Flujo vehicular/hora (veh./h)	4,711	992	1,623	3,758	1,009	414	209	677
Porcentaje del total	88.80%	2.20%	9.00%	100.00%	80.80%	10.20%	9.00%	100.00%

a) De las 7:00 a las 23:59 horas

b) De las 24:00 a las 24:59 horas, de 06:00-06:59 horas

c) De las 1:00 a las 05:59 horas

a) De las 7:00 a las 19:59 horas

b) De las 20:00 a las 22:59 horas, de 06:00-06:59 horas

c) De las 23:00 a las 05:59 horas

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

¹¹ “La Congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás”, Revista de la CEPAL 76, abril 2002. Es decir, a bajos niveles de congestión, un incremento del flujo no aumenta significativamente el tiempo de viaje, pero a niveles mayores el mismo aumento absoluto incrementa considerablemente las demoras totales.

Según Ortúzar y Willumsen (1994), “surge la congestión en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda”. Otros especialistas consideran congestionada una vía cuando la velocidad media espacial del flujo es inferior a 40% de la velocidad libre¹². Bajo éstos axiomas se definieron las horas de congestión y de no congestión, para el análisis de demanda del presente estudio.

Ocupación vehicular

Para el presente estudio, se consideraron las siguientes tasas de ocupación vehicular, las cuales se muestran por tipo de vehículo.

Tabla 5.17. Tasa de ocupación vehicular promedio

Tasa de ocupación vehicular/tipo	pax/veh.
Autos	2.20
Autobuses	19.30

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

Oferta

En la tabla siguiente se presentan las características físicas y geométricas de la vialidad en estudio.

Tabla 5.18. Características físicas y geométricas de la vialidad en estudio

Situación actual	
Tramos	11 NS
Longitud (km)	12.5
Núm. de carriles (ambos sentidos)	6
Ancho de carril (m)	3.50
Carril de estacionamiento	No
Camellón (m)	2
Ancho de sección (m)	28.00
Tipo de superficie de rodamiento	Asfalto
Tipo de terreno	Plano
IRI (m/km)	5.00
Estado físico de la carpeta de rodamiento	"Regular"
Velocidad (km/h)_bus_c/congestión	13
Velocidad (km/h)_bus_s/congestión	17

¹² Proyecto de ley en Chile que “Dispone el pago de un derecho por el uso de vías urbanas afectadas a congestión vehicular”.

Situación actual	
Tramos	11 NS
Tiempo de recorrido (h)_auto_c/congestión	0.93
Tiempo de recorrido (h)_auto_s/congestión	0.71

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

Estimación de los tiempos de recorrido

Si bien con los estudios referidos se conoce el número de vehículos y los tiempos de recorrido en situación actual, es necesario utilizar una herramienta para determinar cómo se alteran estos tiempos de recorrido cuando se elimina un carril de circulación. Dado que se trata de una vialidad en donde se modifican las condiciones de circulación en cada tramo, se recurre a utilizar una función de demora o de congestión. La empleada en este caso es la función BPR (Bureau of Public Roads), la cual permite estimar los tiempos de recorrido (tt) en función del nivel de ocupación de la vía (x) y el tiempo de recorrido a flujo nulo o tiempo de recorrido mínimo (to) y los parámetros alpha y beta los cuales se calibran para replicar las observaciones realizadas en campo. Es decir: $tt = to (1 + \alpha x)^\beta$.

En esta función to resulta de dividir la longitud del tramo entre la velocidad promedio del tramo en tanto que x se obtiene de la relación entre el volumen de vehículos y la capacidad vehicular por carril multiplicada por el número de carriles. Es precisamente cuando se reduce el número de carriles y se mantiene el volumen constante que se obtiene un incremento de los tiempos de recorrido y con ello la variación de tiempos de viajes que a su vez se traduce en costo de molestia multiplicándolo por el valor social del tiempo. Para caracterizar la situación durante la construcción se hicieron los siguientes supuestos:

- El volumen de vehículos durante el proceso de construcción se mantiene constante en cada tramo, es decir se asume implícitamente que los usuarios no cambiarán de itinerario con la finalidad de cuantificar el máximo de costos de molestia. En la práctica es posible que las medidas de mitigación permitan una redistribución del volumen vehicular lo que en todo caso disminuiría los costos de molestia cuantificados.
- La duración de la afectación es proporcional a la longitud del tramo y a la duración de toda la obra. Este supuesto también maximiza la cuantificación de los costos por molestia dado que el proceso constructivo progresivo permitirá liberar la vía en un menor tiempo que el establecido.

Para caracterizar la situación con proyecto se asume lo siguiente:

- El volumen vehicular de los vehículos privados se mantiene en cada tramo

- Se elimina de la composición vehicular la participación de las unidades de transporte público, los cuales serán transferidos al carril confinado no necesariamente en el mismo número sino en el número de unidades correspondientes al dimensionamiento del servicio troncal de transporte masivo. Este hecho permitirá compensar las condiciones de circulación respecto a la situación actual ya que la eliminación de un carril efectivo será compensada por la eliminación de los vehículos de transporte público de la circulación de los vehículos privados. Por otro lado, también se aumenta el espacio disponible de circulación ya que los autobuses además de ocupar un espacio físico mayor que los vehículos particulares tienen un desempeño menor debido a sus propias características de operación y a las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros. En términos de la función BPR descrita estos efectos equivalen a una reducción del volumen vehicular manteniendo la capacidad de la vía constante lo cual se traduce en una mejora de los tiempos de recorrido. Estos efectos con proyecto son cuantificados una vez que el periodo de construcción de cada etapa se ha concluido y se mantienen durante todo el periodo de construcción (12 meses).

Estimación de los costos de molestia

En la tabla de la parte inferior, se muestra un segmento de la base de datos utilizada para cuantificar la variación de los tiempos de recorrido durante el proceso de construcción del carril confinado. En esta base se incluye las etapas de construcción (columna etapa) el tramo considerado, la longitud del mismo, el flujo vehicular por grado de congestión y el tiempo de circulación mínimo. Con estos insumos se estiman los tiempos de recorrido y por diferencia con los tiempos de circulación actuales se obtiene la variación de los tiempos de recorrido que multiplicados por el valor social de tiempo entrega la componente de costo de molestia por sentido, hora y etapa de construcción. La sumatoria de estos costos de molestia para todos los tramos del proyecto es el costo de molestia total de 125.53 millones de pesos, como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 5.19. Estimación del costo por molestias durante la implementación de las obras del sistema de transporte masivo

No.	Tram	Transporte público		Transporte privado		Transporte público		Transporte privado		Transporte público		Transporte privado	
		Norte-Sur	Sur-Norte										
	No. Carriles de circulación ambos sentidos (SP)	6											
	No. Carriles de circulación ambos sentidos (OP)	2											
	Ocupación promedio del transporte público	19,30	19,30	19,30	19,30	19,30	19,30	19,30	19,30	19,30	19,30	19,30	19,30
	Ocupación promedio del vehículo privado	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
	Volumen vehicular (CA)	50	52	104	52	104	52	104	52	104	52	104	52
	Volumen vehicular (CM)	14	14	22	14	22	14	22	14	22	14	22	14
	Volumen vehicular (CB)	13	16	36	16	36	16	36	16	36	16	36	16
	Volumen vehicular (CA)	76	41	155	41	155	41	155	41	155	41	155	41
	Volumen vehicular (CM)	21	21	33	21	33	21	33	21	33	21	33	21
	Volumen vehicular (CB)	20	24	54	24	54	24	54	24	54	24	54	24
	Volumen vehicular (CA)	822	850	1,690	850	1,690	850	1,690	850	1,690	850	1,690	850
	Volumen vehicular (CM)	233	232	356	232	356	232	356	232	356	232	356	232
	Volumen vehicular (CB)	217	259	582	259	582	259	582	259	582	259	582	259
	Volumen vehicular (CA)	1,232	1,275	2,535	1,275	2,535	1,275	2,535	1,275	2,535	1,275	2,535	1,275
	Volumen vehicular (CM)	349	347	534	347	534	347	534	347	534	347	534	347
	Volumen vehicular (CB)	326	389	874	389	874	389	874	389	874	389	874	389
	Demanda (CA)	972	1,006	2,000	1,006	2,000	1,006	2,000	1,006	2,000	1,006	2,000	1,006
	Demanda (CM)	275	274	421	274	421	274	421	274	421	274	421	274
	Demanda (CB)	257	307	689	307	689	307	689	307	689	307	689	307
	Demanda (CA)	1,468	796	3,000	796	3,000	796	3,000	796	3,000	796	3,000	796
	Demanda (CM)	413	411	632	411	632	411	632	411	632	411	632	411
	Demanda (CB)	386	460	1,034	460	1,034	460	1,034	460	1,034	460	1,034	460
	Demanda (CA)	1,807	1,870	3,718	1,870	3,718	1,870	3,718	1,870	3,718	1,870	3,718	1,870
	Demanda (CM)	512	510	783	510	783	510	783	510	783	510	783	510
	Demanda (CB)	478	571	1,281	571	1,281	571	1,281	571	1,281	571	1,281	571
	Demanda (CA)	2,711	2,805	5,578	2,805	5,578	2,805	5,578	2,805	5,578	2,805	5,578	2,805
	Demanda (CM)	768	764	1,174	764	1,174	764	1,174	764	1,174	764	1,174	764
	Demanda (CB)	717	866	1,922	866	1,922	866	1,922	866	1,922	866	1,922	866
	Núm. CA	16,527	17,101	34,003	17,101	34,003	17,101	34,003	17,101	34,003	17,101	34,003	17,101
	Núm. CM	551	548	842	548	842	548	842	548	842	548	842	548
	Núm. CB	1,285	1,535	3,446	1,535	3,446	1,535	3,446	1,535	3,446	1,535	3,446	1,535
	Núm. CA	24,790	13,525	51,004	13,525	51,004	13,525	51,004	13,525	51,004	13,525	51,004	13,525
	Núm. CM	826	822	1,263	822	1,263	822	1,263	822	1,263	822	1,263	822
	Núm. CB	1,928	2,302	5,169	2,302	5,169	2,302	5,169	2,302	5,169	2,302	5,169	2,302
	Núm. CA	30,724	31,792	63,213	31,792	63,213	31,792	63,213	31,792	63,213	31,792	63,213	31,792
	Núm. CM	1,024	1,019	1,565	1,019	1,565	1,019	1,565	1,019	1,565	1,019	1,565	1,019
	Núm. CB	2,390	2,853	6,407	2,853	6,407	2,853	6,407	2,853	6,407	2,853	6,407	2,853
	Núm. CA	46,087	47,688	94,820	47,688	94,820	47,688	94,820	47,688	94,820	47,688	94,820	47,688
	Núm. CM	1,536	1,529	2,348	1,529	2,348	1,529	2,348	1,529	2,348	1,529	2,348	1,529
	Núm. CB	3,685	4,280	9,610	4,280	9,610	4,280	9,610	4,280	9,610	4,280	9,610	4,280

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI

Los beneficios atribuibles al proyecto son:

- **Ahorro en costos del tiempo de las personas**
- **Ahorro en costos de operación vehicular**
- **Liberación de recursos**
- **Valor de Rescate**

Los beneficios sociales asociados a la construcción del proyecto se estimaron a lo largo del horizonte de evaluación, y bajo los parámetros y supuestos especificados anteriormente. Al igual que los costos, se tomó como base la Situación Sin Proyecto y como medición final la Situación Con Proyecto.

Ahorro en costos del tiempo de las personas

Comparado con la situación base, con la construcción y operación del proyecto se espera un ahorro de tiempo de las personas que realizan viajes en la cuenca 11 Norte Sur. Este ahorro de tiempo de las personas puede utilizarse en actividades como el trabajo o la recreación, mejorando la calidad de vida de los usuarios beneficiados con la ejecución del proyecto.

Para la estimación del ahorro en costos del tiempo de las personas, sólo se incluyeron las reducciones en el tiempo de viaje para los usuarios del proyecto, y no los beneficios indirectos, aunque si se considera como un beneficio no monetizado atribuible al Proyecto.

Cuantificación y valoración del ahorro en costos del tiempo de las personas

Dada la oferta de transporte actual, a los pasajeros les toma un cierto tiempo (35.01) para realizar su viaje; el cual con la puesta en marcha del proyecto se reduce a (31.34). Derivado de esta reducción en el tiempo de viaje se produce un aumento en la cantidad demandada de viajes.

El ahorro en tiempo de los usuarios de transporte público se debe a que:

- Al hacer un carril confinado se incrementa la velocidad en la que se mueve el parque vehicular público, lo que reduce el tiempo de viaje de los usuarios.

- Además, la reducción y modernización del parque vehicular contribuirá a disminuir la carga vehicular, reduciendo los tiempos de transporte tanto de los vehículos de uso público como privado.

Establecido el marco teórico, se decidió cuantificar el beneficio de ahorro en tiempo de viaje en dos partes. En la primera se cuantifica el beneficio de los usuarios del transporte público; y en la segunda se cuantifica el beneficio de los usuarios del transporte privado.

Para el caso práctico del cálculo del beneficio por ahorro en tiempo de los usuarios del transporte público, descrito anteriormente, se utilizó la demanda efectiva del sistema integral que se encuentra detallada en la Sección II, que parte de la información del Estudio de Movilidad de la Cuenca Norte Sur, la cual contiene en detalle los viajes origen destino en la zona de influencia de la Cuenca Norte-Sur a nivel individual.

Tiempo de viaje

Se define el tiempo de viaje como la suma del tiempo de recorrido, más el tiempo de trasbordo, más el tiempo de espera.

$$T_{viaje} = t_{recorrido} + t_{espera} + t_{transbordo}$$

Se estima el tiempo de viaje por cada par origen destino de los 331,589 usuarios que se estima se movilizarán dentro de la Cuenca Norte Sur diariamente en la situación sin proyecto y en la situación con proyecto para el año 2015.

Los viajes de la macrozona 11 Norte-Sur tramo sur es donde se encuentra el mayor beneficio por la puesta en operación del proyecto. El ahorro mayor se explica porque son estas zonas donde se encuentran los pasajeros con viajes más largos, que se mueven desde el sur de la ciudad -donde se localiza la zona habitacional- hasta el norte -donde se localiza la zona industrial.

Con la información del tiempo ahorrado por pasajero en cada viaje que realiza se procedió a calcular el ahorro en tiempo del total de viajes realizados por los pasajeros que se mueven en la Cuenca Norte-Sur en transporte público. De esta manera, se multiplica el ahorro en tiempo de cada usuario por el número de viajes realizados en hora de máxima demanda para cada par origen destino.

Tabla 5.20. Estimación del valor social del tiempo para los usuarios del transporte público

Valor social del tiempo (transporte público)		
Situación	Sin proyecto	Con proyecto
S.M. en la región	\$ 66.45	\$ 66.45
Coeficiente valor del tiempo	3.10	3.10
Horas laboradas	8	8.00
Valor del tiempo por hora (\$/h)	\$ 25.75	\$ 25.75

Fuente: Elaboración Modelística S. A. de C. V.

El ahorro en costo del tiempo de las personas que se beneficiarán directamente con la ejecución y operación del proyecto se estimó a partir de la diferencia entre el costo del tiempo de viaje de la situación sin proyecto y el costo del tiempo de viaje de la situación con proyecto, aplicando las operaciones que se indican en las tablas 5.21 y 5.22.

Tabla 5.21. Costo del tiempo de viaje para la situación sin proyecto

	Situación sin Proyecto			
	A	B	C=A*B	D=C*330*Valor del tiempo
	Tiempo de viaje (h/pax)	Demanda (pax/d)	Horas totales (h/d)	Costo del tiempo (\$/año)
Troncal 11 Norte-Sur	0.32235	60,166	19,395	\$ 164,803
Troncal 16 de Septiembre	0.65267	85,275	55,656	\$ 472,930
	0.48751	145,441		
			Total	\$ 637,732

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 5.22. Costo del tiempo de viaje para la situación con proyecto

	Situación con Proyecto			
	A	B	C=A*B	D=C*330*Valor del tiempo
	Tiempo de viaje (h/pax)	Demanda (pax/d)	Horas totales (h/d)	Costo del tiempo (\$/año)
Troncal 11 Norte-Sur	0.24763	60,166	14,899	\$ 126,603
Troncal 16 de Septiembre	0.58686	85,275	50,045	\$ 425,244
	0.41725	145,441		
			Total	\$ 551,847

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Este cálculo representa el beneficio monetario por el ahorro diario en tiempo de las personas que se mueven por la zona de influencia en un día y es necesario obtener esta información de manera anual. La conversión del ahorro en tiempo diario al ahorro en tiempo anual no considera los días laborales, sábados, domingos y días festivos. A partir de la encuesta de origen-destino se encontró que esta conversión se puede realizar al considerar que un año tiene sólo 330 días.

Para cuantificar el ahorro en el tiempo de viaje de los pasajeros de la Cuenca Norte-Sur se imputa el valor del tiempo y se calcula el ahorro en tiempo en términos diarios para obtener el valor del tiempo de todos los viajes y todos los usuarios diariamente. Por ello, se toma el ahorro en tiempo total en hora de máxima demanda expresado en minutos y se multiplica por el valor del tiempo promedio de la zona que traduce el ahorro en tiempo en hora de máxima demanda expresado en minutos a un ahorro en tiempo diario expresado en pesos. El valor del tiempo de las personas se ajusta considerando que en estudios de transporte ha sido 3.1 veces el salario mínimo de la zona. En consecuencia, el valor del tiempo de viaje diario es de 25.75 pesos por hora.

Proyección del ahorro en tiempo de viaje

La proyección del ahorro en tiempo de las persona en el horizonte de evaluación del proyecto se presenta en la tabla siguiente. Nótese que el cálculo del ahorro en tiempo de viaje para el año 2015 sólo aplica para la troncal 11 Norte Sur. A partir del año 2016 se realiza el cálculo del ahorro en tiempo de viaje para el sistema integral de transporte, es decir la troncal 11 Norte Sur y la troncal de la 16 de Septiembre.

Tabla 5.23. Ahorro en costo del tiempo de las personas en el horizonte de evaluación del proyecto

Año	Situación sin Proyecto						Costo total para la situación sin proyecto (\$/año)	Situación con Proyecto						Situación con Proyecto (total)	Ahorro (sin proyecto vs con proyecto)
	Troncal 11 Norte-Sur			Troncal 16 de Septiembre (pax/d)				Troncal 11 Norte-Sur			Troncal 16 de Septiembre (pax/d)				
	Demanda (pax/h)	Tiempo de viaje (h)	Costo del tiempo (\$/año)	Demanda (pax/h)	Tiempo de viaje (h)	Costo del tiempo (\$/año)		Demanda (pax/h)	Tiempo de viaje (h)	Costo del tiempo (\$/año)	Demanda (pax/h)	Tiempo de viaje (h)	Costo del tiempo (\$/año)		
2013							\$ -							\$ -	\$ -
2014							\$ -							\$ -	\$ -
2015	60,166	0.32	\$ 164,803	85,275	0.65	\$ 164,803	\$ 164,803	60,166	0.25	\$ 126,603	85,275	0.59	\$ 126,603	\$ 126,603	\$ 38,200
2016	61,110	0.33	\$ 171,060	86,613	0.66	\$ 487,604	\$ 658,664	61,110	0.25	\$ 130,051	86,613	0.59	\$ 432,486	\$ 562,537	\$ 96,127
2017	62,033	0.34	\$ 177,378	87,921	0.67	\$ 502,179	\$ 679,557	62,033	0.25	\$ 132,432	87,921	0.60	\$ 447,430	\$ 579,861	\$ 99,696
2018	62,937	0.34	\$ 183,760	89,201	0.68	\$ 516,652	\$ 700,413	62,937	0.25	\$ 136,249	89,201	0.61	\$ 462,983	\$ 599,232	\$ 101,181
2019	63,821	0.35	\$ 190,207	90,455	0.69	\$ 531,028	\$ 721,235	63,821	0.26	\$ 140,040	90,455	0.62	\$ 478,693	\$ 618,732	\$ 102,503
2020	64,688	0.36	\$ 196,710	91,683	0.70	\$ 545,288	\$ 741,998	64,688	0.26	\$ 143,800	91,683	0.63	\$ 494,574	\$ 638,374	\$ 103,624
2021	65,535	0.37	\$ 203,258	92,884	0.71	\$ 559,406	\$ 762,864	65,535	0.26	\$ 147,523	92,884	0.65	\$ 510,535	\$ 658,058	\$ 104,606
2022	66,363	0.37	\$ 209,842	94,057	0.72	\$ 573,365	\$ 783,207	66,363	0.27	\$ 151,205	94,057	0.66	\$ 526,557	\$ 677,761	\$ 105,446
2023	67,170	0.38	\$ 216,457	95,202	0.73	\$ 587,156	\$ 803,613	67,170	0.27	\$ 154,841	95,202	0.67	\$ 542,620	\$ 697,461	\$ 106,152
2024	67,959	0.39	\$ 223,091	96,320	0.73	\$ 600,755	\$ 823,847	67,959	0.27	\$ 158,428	96,320	0.68	\$ 558,709	\$ 717,137	\$ 106,710
2025	68,726	0.39	\$ 229,702	97,407	0.74	\$ 614,124	\$ 843,826	68,726	0.28	\$ 161,953	97,407	0.69	\$ 574,792	\$ 736,745	\$ 107,081
2026	69,471	0.40	\$ 236,300	98,463	0.75	\$ 627,226	\$ 863,527	69,471	0.28	\$ 165,409	98,463	0.71	\$ 590,836	\$ 756,245	\$ 107,282
2027	70,192	0.41	\$ 242,851	99,485	0.76	\$ 640,033	\$ 882,884	70,192	0.28	\$ 168,786	99,485	0.72	\$ 606,812	\$ 775,598	\$ 107,286
2028	70,889	0.41	\$ 249,336	100,473	0.76	\$ 652,515	\$ 901,851	70,889	0.29	\$ 172,077	100,473	0.73	\$ 622,690	\$ 794,767	\$ 107,084
2029	71,561	0.42	\$ 255,734	101,426	0.77	\$ 664,647	\$ 920,381	71,561	0.29	\$ 175,277	101,426	0.74	\$ 638,442	\$ 813,719	\$ 106,662
2030	72,207	0.43	\$ 262,022	102,341	0.78	\$ 676,399	\$ 938,421	72,207	0.29	\$ 178,376	102,341	0.75	\$ 654,038	\$ 832,414	\$ 106,007
2031	72,827	0.43	\$ 268,179	103,219	0.78	\$ 687,745	\$ 956,925	72,827	0.29	\$ 181,368	103,219	0.76	\$ 669,447	\$ 850,815	\$ 105,110
2032	73,419	0.44	\$ 274,180	104,058	0.79	\$ 698,658	\$ 972,838	73,419	0.30	\$ 184,246	104,058	0.77	\$ 684,640	\$ 868,886	\$ 103,952
2033	73,982	0.45	\$ 279,998	104,857	0.80	\$ 709,104	\$ 989,102	73,982	0.30	\$ 187,001	104,857	0.79	\$ 699,581	\$ 886,582	\$ 102,520
2034	74,516	0.45	\$ 285,610	105,614	0.80	\$ 719,058	\$ 1,004,667	74,516	0.30	\$ 189,626	105,614	0.80	\$ 714,240	\$ 903,865	\$ 100,802
2035	75,021	0.46	\$ 290,990	106,329	0.81	\$ 728,494	\$ 1,019,484	75,021	0.30	\$ 192,114	106,329	0.81	\$ 728,584	\$ 920,698	\$ 98,786
2036	75,494	0.46	\$ 296,115	107,000	0.81	\$ 737,388	\$ 1,033,503	75,494	0.30	\$ 194,460	107,000	0.82	\$ 742,582	\$ 937,042	\$ 96,461
2037	75,937	0.47	\$ 300,961	107,627	0.82	\$ 745,718	\$ 1,046,679	75,937	0.30	\$ 196,656	107,627	0.83	\$ 756,204	\$ 952,861	\$ 93,818
2038	76,347	0.47	\$ 305,506	108,209	0.82	\$ 753,461	\$ 1,058,966	76,347	0.31	\$ 198,698	108,209	0.84	\$ 769,419	\$ 968,117	\$ 90,849
2039	76,725	0.48	\$ 309,726	108,744	0.82	\$ 760,597	\$ 1,070,323	76,725	0.31	\$ 200,580	108,744	0.85	\$ 782,196	\$ 982,776	\$ 87,547
2040	77,070	0.48	\$ 313,602	109,233	0.83	\$ 767,106	\$ 1,080,708	77,070	0.31	\$ 202,297	109,233	0.86	\$ 794,506	\$ 996,803	\$ 83,905
2041	77,382	0.48	\$ 317,113	109,675	0.83	\$ 772,972	\$ 1,090,086	77,382	0.31	\$ 203,844	109,675	0.87	\$ 806,320	\$ 1,010,164	\$ 79,922
2042	77,659	0.49	\$ 320,242	110,069	0.83	\$ 778,179	\$ 1,098,421	77,659	0.31	\$ 205,217	110,069	0.87	\$ 817,611	\$ 1,022,827	\$ 75,593
2043	77,903	0.49	\$ 322,972	110,414	0.83	\$ 782,711	\$ 1,105,683	77,903	0.31	\$ 205,860	110,414	0.88	\$ 828,350	\$ 1,034,210	\$ 71,473
2044	78,112	0.49	\$ 325,288	110,710	0.84	\$ 786,558	\$ 1,111,846	78,112	0.31	\$ 206,412	110,710	0.88	\$ 830,571	\$ 1,036,983	\$ 74,863
2045	78,286	0.49	\$ 327,178	110,956	0.84	\$ 789,708	\$ 1,116,886	78,286	0.31	\$ 206,872	110,956	0.88	\$ 832,421	\$ 1,039,293	\$ 77,593

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

La valoración del ahorro en el tiempo de viaje de los **usuarios de transporte privado** parte del mismo sustento teórico que los usuarios del transporte público. Sin embargo, el caso práctico de los cálculos tiene algunas variantes.

El cálculo del beneficio por ahorro en tiempo de los usuarios del transporte privado parte de la estimación del tiempo de recorrido en cada sentido de la Cuenca Norte-Sur. La estimación de estos parámetros proviene del Estudio de Movilidad para la Cuenca Norte-Sur.

Además, es necesario estimar el número de vehículos que transitan por la zona de influencia. La estimación se detalla en la Sección IV.7.

Al multiplicar el número de vehículos y el tiempo de cada viaje se obtiene el tiempo total del parque de vehículos privados. Sin embargo, es necesario expresar este tiempo en términos de los usuarios que viajan dentro de cada uno de los vehículos. Para ello se utiliza la tasa de ocupación vehicular, es decir, el número promedio de personas que viajan en cada vehículo (2.2). Con esta multiplicación se obtiene el tiempo total de recorrido de todos los usuarios del transporte privado.

Por último, y al igual que los usuarios del transporte público, se imputa el salario de reserva para cuantificar el ahorro de viaje. En nuestro ejercicio se utiliza el salario mínimo de la ZMP para obtener el valor del tiempo de los usuarios del transporte privado.

Esta cuantificación del tiempo de los usuarios de transporte privado que se expresa en términos diarios se deberá expresar en términos anuales para poder proyectarla a lo largo del horizonte de evaluación. Por esta razón, se multiplica por un factor de estacionalidad que promedia los días más concurridos del año con los de menos demanda. De esta manera se obtiene el valor del tiempo de viaje de los usuarios de transporte privado en términos anuales.

Al igual que el beneficio del ahorro en el tiempo de viaje de los usuarios del transporte público, para la proyección del beneficio a lo largo del horizonte de evaluación se utilizó la tasa de crecimiento poblacional estimada por el CONAPO.

Tabla 5.24. Parámetros del valor del tiempo de las personas que utilizan el transporte privado

Salario mínimo Puebla	\$	66	\$/día
Valor de tiempo promedio	\$	39.49	\$/h
Días en el año		365	días/año
Ocupación promedio de un vehículo privado		2.2	pax/veh.

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

**Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo*

Tabla 5.25. Estimación del valor del tiempo de las personas que utilizan el transporte privado en el horizonte de evaluación del proyecto

Año	Costo del tiempo de viaje promedio anual en la situación sin proyecto*	Costo del tiempo de viaje promedio anual en la situación con proyecto*	Ahorro en tiempo de viaje promedio anual*
2013	\$ -	\$ -	-
2014	\$ -	\$ -	-
2015	\$ 548,129	\$ 606,074	57,945
2016	\$ 553,311	\$ 612,421	59,110
2017	\$ 562,965	\$ 624,433	61,467
2018	\$ 572,471	\$ 636,392	63,921
2019	\$ 582,535	\$ 648,373	65,838
2020	\$ 592,488	\$ 660,193	67,705
2021	\$ 602,326	\$ 671,843	69,517
2022	\$ 612,041	\$ 683,516	71,475
2023	\$ 621,628	\$ 695,003	73,375
2024	\$ 631,150	\$ 706,373	75,223
2025	\$ 640,475	\$ 717,760	77,285
2026	\$ 649,715	\$ 728,861	79,146
2027	\$ 658,792	\$ 739,876	81,083
2028	\$ 667,629	\$ 750,795	83,165
2029	\$ 676,349	\$ 761,457	85,108
2030	\$ 684,877	\$ 772,003	87,126
2031	\$ 693,203	\$ 782,346	89,143
2032	\$ 701,387	\$ 792,473	91,086
2033	\$ 709,280	\$ 802,373	93,094
2034	\$ 717,010	\$ 810,720	93,710
2035	\$ 724,426	\$ 820,348	95,922
2036	\$ 731,662	\$ 836,534	104,872
2037	\$ 738,637	\$ 853,518	114,881
2038	\$ 745,342	\$ 871,338	125,996
2039	\$ 751,768	\$ 887,327	135,559
2040	\$ 757,907	\$ 907,800	149,893
2041	\$ 763,751	\$ 911,690	147,938
2042	\$ 769,292	\$ 915,182	145,890
2043	\$ 774,368	\$ 918,273	143,904
2044	\$ 779,125	\$ 920,957	141,832
2045	\$ 783,556	\$ 923,231	139,675

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Ahorro en costos de operación vehicular

El ahorro en el costo de operación vehicular permite liberar este recurso para su aplicación a otros fines, traduciéndose en un beneficio para la sociedad.

El beneficio social por ahorro en costo de operación vehicular se basa en que el transporte público que opera actualmente (Van, Midibús y Autobús) tiene asociados costos marginales más altos. De manera que, con la puesta en marcha del proyecto se disminuye el costo marginal de operación vehicular del transporte en esta zona. Por tanto, al implementar la optimización operativa en función de un nuevo transporte se logra disminuir los costos.

El menor COV genera un efecto sustitución de viajes en otros medios de transporte público por viajes en BRT, lo que se traduce en un aumento en la cantidad demandada, es decir, un aumento en el número de pasajeros que se transportan por la zona de influencia.

Cuantificación y valoración del ahorro en costos de operación vehicular

La reducción en los costos de operación vehicular descrita en el planteamiento teórico deriva de los siguientes cambios con la puesta en operación del proyecto.

- Una reducción del parque vehicular que opera en la situación con proyecto. Pasa de 1,124 vehículos (vans, midibuses, autobuses) en la situación sin proyecto a 238 en la situación con proyecto.
- Una reestructuración de la red de transporte público que haga más eficiente el transporte, al integrar rutas auxiliares con la troncal.

Se considera el beneficio derivado del ahorro en COV del parque vehicular (autobuses de 40 pasajeros, midibuses y vans) que dejará de operar en la Cuenca Norte-Sur, una vez que entre en marcha el proyecto. Para el cálculo de los costos de operación vehicular se utilizó el modelo Voc Mex con los siguientes insumos:

- Características físicas de la vialidad,
- Características técnicas del vehículo,
- Velocidad promedio de circulación,
- Costo unitario de gasolina, refacciones, entre otros.

Una vez estimado el costo unitario de operación vehicular (por kilómetro), según el tipo de vehículo que opera en la Cuenca Norte-Sur (autobús, midibús, van), se procedió a estimar

el costo total de operación vehicular en la situación sin proyecto y en la situación con proyecto. La estimación se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se estimó el número de vehículos necesarios para satisfacer la demanda de viajes que tienen las rutas de la zona de influencia.
2. Se calculó la distancia recorrida por cada vehículo que opera en la zona de influencia para satisfacer la demanda de viajes.
3. Al multiplicar la estimación del número de vehículos por la distancia recorrida se obtiene la distancia recorrida por todo el parque vehicular en términos de vehículo-kilómetro.
4. Este resultado permite obtener el costo de operación de todo el parque vehicular que satisface la demanda de viajes dentro de la zona de influencia. Para ello se multiplica el recorrido del parque vehicular (vehículos-kilómetros) por el costo unitario de operación que se expresa en términos de pesos por vehículos-kilómetro.
5. El costo de operación del parque vehicular se ha expresado en términos diarios, pues la estimación de la demanda de viajes se realiza en esa misma unidad temporal. De manera que debe expandirse a términos anuales a través de un factor de 330, que supone los días de operación en el año.

Con base en la combinación de supuestos, insumos y datos que se consideraron para la evaluación del presente proyecto, el costo de operación vehicular para la situación sin proyecto es más alto que para la situación con proyecto, como se indica en las tablas 5.26 y 5.27, respectivamente.

Tabla 5.26. Costo de operación vehicular para la situación sin proyecto

Autobús (40 pax)					Situación sin Proyecto					Van (15 pax)				
A	B	C=A*B	D=C*núm.veh.	E=D*330	A	B	C=A*B	D=C*núm.veh.	E=D*330	A	B	C=A*B	D=C*núm.veh.	E=D*330
LDR (km)	COK (\$/veh.-km)	CDO (\$/d)		CA (\$/año)	LDR (km)	COK (\$/veh.-km)	CDO (\$/d)		CA (\$/año)	LDR (km)	COK (\$/veh.-km)	CDO (\$/d)		CA (\$/año)
231	13.06	\$ 3,019	\$ 1,002,159	\$ 330,713	567	11.66	\$ 6,609	\$ 1,077,332	\$ 355,520	207	6.68	\$ 1,381	\$ 66,273	\$ 21,870

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 5.27. Costo de operación vehicular para la situación con proyecto

Articulados (160 pax)					Situación con Proyecto					Autobús (40 pax)				
A	B	C=A*B	D=C*núm.veh.	E=D*330	A	B	C=A*B	D=C*núm.veh.	E=D*330	A	B	C=A*B	D=C*núm.veh.	E=D*330
LDR (km)	COK (\$/veh.-km)	CDO (\$/d)		CA (\$/año)	LDR (km)	COK (\$/veh.-km)	CDO (\$/d)		CA (\$/año)	LDR (km)	COK (\$/veh.-km)	CDO (\$/d)		CA (\$/año)
200	20.78	\$ 4,156	\$ 108,056	\$ 35,658	265	15.44	\$ 4,085	\$ 310,492	\$ 102,462	160	13.06	\$ 2,090	\$ 231,946	\$ 76,542

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

**Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo*

La proyección del ahorro en costo de operación vehicular en el horizonte de evaluación del proyecto se presenta en la tabla siguiente. Para ello se utilizó el promedio de la tasa de crecimiento de los costos de operación vehicular de los últimos 3 años (2009-2012) por tipo de vehículo. Esta tasa de crecimiento se aplica al costo unitario de operación para aumentar el COV conforme el vehículo se vuelve más antiguo. Sin embargo, cuando el vehículo es reemplazado por uno nuevo, el COV unitario también es ajustado a su valor inicial.

En la siguiente se presenta el flujo de beneficios derivados del ahorro en COV a lo largo del horizonte de evaluación. Nótese que el COV aumenta año con año y disminuye cada ocho años cuándo la flota se renueva sin llegar a ser su valor inicial, puesto que el aumento en demanda genera mayores COV totales a pesar de mantenerse igual COV unitario.

Tabla 5.28. Ahorro en costo de operación vehicular, en el horizonte de evaluación del proyecto

Situación Sin Proyecto						Costo total (\$/año)	Situación Con Proyecto						Ahorro (\$/año)	
Año	Núm. Autobús (40 pax)	Distancia recorrida (km/d)	Distancia recorrida (km/año)	COV unitario (\$/veh-km)	COV anual (\$/año)		Año	Articulados (160 pax)	Distancia recorrida (km/d)	Distancia recorrida (km/año)	COV unitario (\$/veh-km)	COV anual (\$/año)		Costo total (\$/año)
2013						\$ -	2013					\$ -	\$ -	
2014						\$ -	2014					\$ -	\$ -	
2015	332	76,735	25,322,550	\$ 13.06	\$ 330,713	\$ 708,102	2015	26	5,200	1,716,000	\$ 20.78	\$ 35,658	\$ 214,663	\$ 493,439
2016	337	77,891	25,703,914	\$ 13.19	\$ 339,016	\$ 511,473	2016	27	5,400	1,782,000	\$ 21.16	\$ 37,699	\$ 221,503	\$ 289,970
2017	342	79,046	26,085,277	\$ 13.32	\$ 347,452	\$ 526,220	2017	27	5,400	1,782,000	\$ 21.62	\$ 38,535	\$ 224,808	\$ 301,412
2018	347	80,202	26,466,641	\$ 13.45	\$ 356,022	\$ 540,428	2018	28	5,600	1,848,000	\$ 22.23	\$ 41,076	\$ 234,539	\$ 305,889
2019	352	81,358	26,848,005	\$ 13.58	\$ 364,728	\$ 555,939	2019	28	5,600	1,848,000	\$ 23.03	\$ 42,562	\$ 242,689	\$ 313,249
2020	357	82,513	27,229,369	\$ 13.72	\$ 373,571	\$ 570,297	2020	28	5,600	1,848,000	\$ 24.16	\$ 44,643	\$ 251,431	\$ 318,866
2021	362	83,669	27,610,732	\$ 13.86	\$ 382,553	\$ 586,601	2021	29	5,800	1,914,000	\$ 25.85	\$ 49,470	\$ 266,742	\$ 319,859
2022	366	84,593	27,915,823	\$ 13.99	\$ 390,609	\$ 600,379	2022	29	5,800	1,914,000	\$ 28.66	\$ 54,857	\$ 284,367	\$ 316,011
2023	370	85,518	28,220,914	\$ 13.99	\$ 394,878	\$ 607,510	2023	29	5,800	1,914,000	\$ 28.66	\$ 54,857	\$ 289,107	\$ 318,404
2024	374	86,442	28,526,005	\$ 14.13	\$ 403,098	\$ 622,735	2024	30	6,000	1,980,000	\$ 29.18	\$ 57,773	\$ 294,647	\$ 328,088
2025	379	87,598	28,907,369	\$ 14.27	\$ 412,531	\$ 639,502	2025	30	6,000	1,980,000	\$ 29.83	\$ 59,054	\$ 301,433	\$ 338,069
2026	383	88,523	29,212,460	\$ 14.41	\$ 421,013	\$ 654,798	2026	30	6,000	1,980,000	\$ 30.66	\$ 60,701	\$ 308,489	\$ 346,309
2027	387	89,447	29,517,551	\$ 14.55	\$ 429,621	\$ 671,412	2027	31	6,200	2,046,000	\$ 31.77	\$ 64,994	\$ 319,258	\$ 352,153
2028	390	90,141	29,746,369	\$ 14.70	\$ 437,238	\$ 686,440	2028	31	6,200	2,046,000	\$ 33.32	\$ 68,171	\$ 331,479	\$ 354,961
2029	394	91,065	30,051,460	\$ 14.84	\$ 446,095	\$ 704,061	2029	31	6,200	2,046,000	\$ 35.65	\$ 72,936	\$ 347,449	\$ 356,612
2030	398	91,990	30,356,551	\$ 14.99	\$ 455,085	\$ 721,138	2030	32	6,400	2,112,000	\$ 39.53	\$ 83,487	\$ 375,206	\$ 345,932
2031	401	92,683	30,585,369	\$ 14.99	\$ 458,516	\$ 726,721	2031	32	6,400	2,112,000	\$ 39.53	\$ 83,487	\$ 377,961	\$ 348,760
2032	405	93,607	30,890,460	\$ 15.14	\$ 467,674	\$ 744,384	2032	32	6,400	2,112,000	\$ 40.24	\$ 84,995	\$ 382,692	\$ 361,693
2033	408	94,301	31,119,278	\$ 15.29	\$ 475,802	\$ 761,616	2033	32	6,400	2,112,000	\$ 41.14	\$ 86,880	\$ 390,243	\$ 371,373
2034	411	94,994	31,348,097	\$ 15.44	\$ 484,046	\$ 779,173	2034	33	6,600	2,178,000	\$ 42.28	\$ 92,094	\$ 402,010	\$ 377,164
2035	414	95,688	31,576,915	\$ 15.59	\$ 492,406	\$ 796,187	2035	33	6,600	2,178,000	\$ 43.81	\$ 95,425	\$ 411,317	\$ 384,870
2036	416	96,150	31,729,460	\$ 15.75	\$ 499,683	\$ 814,086	2036	33	6,600	2,178,000	\$ 45.95	\$ 100,090	\$ 425,949	\$ 388,136
2037	419	96,843	31,958,278	\$ 15.90	\$ 508,269	\$ 833,355	2037	33	6,600	2,178,000	\$ 49.17	\$ 107,087	\$ 446,617	\$ 386,738
2038	421	97,306	32,110,824	\$ 16.06	\$ 515,751	\$ 852,688	2038	33	6,600	2,178,000	\$ 54.52	\$ 118,748	\$ 476,151	\$ 376,537
2039	423	97,768	32,263,369	\$ 16.06	\$ 518,202	\$ 856,236	2039	34	6,800	2,244,000	\$ 54.52	\$ 122,346	\$ 480,834	\$ 375,403
2040	425	98,230	32,415,915	\$ 16.22	\$ 525,806	\$ 874,538	2040	34	6,800	2,244,000	\$ 55.51	\$ 124,556	\$ 489,051	\$ 385,486
2041	426	98,461	32,492,188	\$ 16.38	\$ 532,261	\$ 892,222	2041	34	6,800	2,244,000	\$ 56.74	\$ 127,317	\$ 498,578	\$ 393,644
2042	429	99,155	32,721,006	\$ 16.54	\$ 541,316	\$ 914,101	2042	34	6,800	2,244,000	\$ 58.32	\$ 130,869	\$ 506,676	\$ 407,425
2043	430	99,386	32,797,279	\$ 16.71	\$ 547,949	\$ 933,265	2043	34	6,800	2,244,000	\$ 60.43	\$ 135,603	\$ 517,473	\$ 415,792
2044	431	99,617	32,873,551	\$ 16.87	\$ 554,661	\$ 952,000	2044	34	6,800	2,244,000	\$ 63.38	\$ 142,232	\$ 533,748	\$ 418,252
2045	431	99,617	32,873,551	\$ 17.04	\$ 560,152	\$ 972,515	2045	34	6,800	2,244,000	\$ 67.81	\$ 152,174	\$ 543,691	\$ 428,824

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C. V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Liberación de recursos

Para la cuantificación del valor de rescate de los vehículos que dejarán de operar en el momento en el que inicie la operación del sistema de transporte masivo, se realiza el supuesto que salen de operación a los 10 años de uso y que equivalen al 15% del valor de uno nuevo.

Tabla 5.29. Valor de rescate y tasa de depreciación del material rodante de la situación sin proyecto

	Año 1	Término vida útil Año 10	Depreciación anual
Resto de flota	100%	15%	8.5%

Años de antigüedad	Tasa de depreciación
0	100%
1	92%
2	83%
3	75%
4	66%
5	58%
6	49%
7	41%
8	32%
9	24%
10	15%

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT
 *Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 5.30. Estimación del beneficio por liberación de recursos por eliminación de material rodante

Años de antigüedad	Flota vehicular en el total de la Cuenca Norte-Sur en Situación sin Proyecto (A)				Flota vehicular en el total de la Cuenca Norte-Sur en Situación con proyecto (B)				Flota vehicular de la situación sin proyecto que sale de operación al sustituirla por el nuevo material rodante del proyecto al momento de iniciar operaciones				Valor de reposición de los vehículos que salen de operación (Pesos 2012=100)			
	Van (15 pax)	Midibús (30 pax)	Autobús (40 pax)	Total	Van (15 pax)	Midibús (30 pax)	Autobús (40 pax)	Total	Van (15 pax)	Midibús (30 pax)	Autobús (40 pax)	Total	Van (15 pax)	Midibús (30 pax)	Autobús (40 pax)	Total
1	6	-	16	22	4	-	11	15	2	-	5	7	\$ 558	\$ -	\$ 4,399	\$ 4,957
2	40	35	54	129	32	22	26	80	8	13	28	49	\$ 2,026	\$ 5,929	\$ 22,345	\$ 30,301
3	31	17	16	64	24	7	8	39	7	10	8	25	\$ 1,591	\$ 4,094	\$ 5,731	\$ 11,416
4	29	39	56	124	21	19	30	70	8	20	26	54	\$ 1,611	\$ 7,254	\$ 16,500	\$ 25,364
5	56	45	86	187	44	20	51	115	12	25	35	72	\$ 2,106	\$ 7,899	\$ 19,350	\$ 29,355
6	70	37	88	195	61	23	52	136	9	14	36	59	\$ 1,346	\$ 3,770	\$ 16,961	\$ 22,076
7	35	46	51	132	33	27	34	94	2	19	17	38	\$ 247	\$ 4,229	\$ 6,620	\$ 11,096
8	-	21	62	83	-	-	15	15	-	21	47	68	\$ -	\$ 3,693	\$ 14,461	\$ 18,154
9	-	39	63	102	-	-	-	-	-	39	63	102	\$ -	\$ 5,036	\$ 14,235	\$ 19,271
10	-	2	84	86	-	-	-	-	-	2	84	86	\$ -	\$ 165	\$ 12,115	\$ 12,280
Total	267	281	576	1,124	219	118	227	564	48	163	349	560	\$ 9,486	\$ 42,068	\$ 132,717	\$ 184,271

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT
 *Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Valor de rescate al término de la evaluación del proyecto

Al término del horizonte de evaluación, se considera el valor de rescate de los activos principales que se adquieren para el proyecto. En particular, hay dos beneficios que habrá que contabilizar en la evaluación socioeconómica del proyecto. El primero corresponde al valor de los vehículos que operan el sistema integral de la Cuenca Norte-Sur. El segundo corresponde al valor de la infraestructura generada para la operación del proyecto. En ambos casos se considera un valor de rescate proporcional al valor de compra de uno nuevo.

Para la cuantificación del valor de rescate de los vehículos articulados se realiza el supuesto que salen de operación a los ocho años de uso y que equivalen al 15% del valor de uno nuevo. En cambio, para los demás vehículos de la flota (autobuses de 100 y de 40 pasajeros) se considera una vida útil de 10 años de antigüedad.

Tabla 5.31. Valor de rescate del material rodante al término de la vida útil del proyecto

Valor de rescate del material rodante al término del proyecto				
11 Norte- Sur	A	B	C	A*B*C
Tipo de vehículo	Flota	Precio por unidad nueva	% valor de rescate	Valor de rescate*
Vehículos (160 pax) (\$/veh.)	27	5,496	15%	\$ 22,257
Vehículos (100 pax) (\$/veh.)	38	1,754	15%	\$ 9,999
Vehículos (40 pax) (\$/veh.)	85	962	15%	\$ 12,259
Total (valor de rescate del material rodante)	150			\$ 44,515

16 de Septiembre	A	B	C	A*B*C
Tipo de vehículo	Flota	Precio por unidad nueva	% valor de rescate	Valor de rescate*
Vehículos (100 pax) (\$/veh.)	42	1,754	15%	\$ 11,052
Vehículos (100 pax) (\$/veh.)_Auxiliares	28	1,754	15%	\$ 7,368
Vehículos (40 pax) (\$/veh.)	30	962	15%	\$ 4,327
Total (valor de rescate del material rodante)	100			\$ 22,747

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Para la cuantificación de la infraestructura que permanece al término del proyecto se considera sólo aquella obra que podría seguir utilizándose como es el caso de: carril confinado, ciclopista, estaciones (paradas), terminales, talleres y patios. En la siguiente tabla se resume el valor de rescate de manera agregada de los dos grandes temas: el valor de la infraestructura y del material rodante necesario para la operación del proyecto.

Tabla 5.32. Valor de rescate de la infraestructura al término de la vida útil del proyecto

Valor de rescate de la infraestructura al término del proyecto			
	A	B	C=A*B
Concepto	Monto de inversión inicial	% Valor de rescate	Valor de rescate*
Carril confinado	\$ 197,024	15%	\$ 29,554
Estaciones (paradas)	\$ 128,308	15%	\$ 19,246
Terminales	\$ 39,721	15%	\$ 5,958
Estaciones de interconexión	\$ 10,188	15%	\$ 1,528
Talleres	\$ 46,267	15%	\$ 6,940
Patios	\$ 17,268	15%	\$ 2,590
Centro de Control	\$ 10,000	15%	\$ 1,500
		15%	\$ -
Total (valor de rescate de la infraestructura)			\$ 67,316

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Flujos de beneficios y costos sociales

Los flujos de beneficios y costos bajo las Situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto se cuantificaron para cada año del horizonte de evaluación. Estos flujos nominales fueron convertidos a flujos descontados por la tasa de descuento establecida en secciones anteriores, y se obtuvieron los flujos netos sociales del proyecto. Estos flujos fueron utilizados para estimar los indicadores de rentabilidad socioeconómica del proyecto.

Tabla 5.33. Flujos netos anuales de costos

Año	Inv. Infra.	Inv. Recaudo, Equipamiento taller	Adquisición Veh.	Mtto. Infra	Costo de Operación	Compra y reposición veh y prepago	Costo por molestias	Costos totales	Costos totales actualizados
2013	267,086						45,641	312,727	312,727
2014	450,155	94,271	296,770				72,396	913,592	830,538
2015	161,373	95,372	151,646	2,132	222,520			633,042	523,176
2016				2,207	229,361	9,966		241,533	181,467
2017				(668)	232,666	962		232,959	159,114
2018				2,207	242,396	(333,831)		(89,227)	(55,403)
2019				11,457	250,547	(7,980)		254,023	143,389
2020				2,207	259,288	4,639		266,134	136,569
2021				(17,043)	274,599	9,966		267,521	124,801
2022				2,207	292,225	277,983		572,415	242,760
2023				2,207	296,964	72,530		371,701	143,307
2024				26,457	302,505	144,248		473,209	165,857
2025				(668)	309,290	69,948		378,570	120,624
2026				2,207	316,346	12,941		331,494	96,022
2027				2,207	327,116	10,520		339,842	89,491
2028				2,207	339,336	(338,362)		3,181	762
2029				(42,793)	355,307	490		313,004	68,119
2030				2,207	383,064	138,276		523,546	103,581
2031				2,207	385,819	220,044		608,069	109,367
2032				2,207	390,549	19,038		411,794	67,332
2033				(668)	398,100	11,132		408,564	60,730
2034				26,457	409,867	143,078		579,402	78,295
2035				2,207	419,174	76,520		497,901	61,165
2036				2,207	433,807	8,824		444,837	49,679
2037				(17,043)	454,475	13,758		451,189	45,807
2038				2,207	484,008	(208,121)		278,094	25,667
2039				11,457	488,691	64,234		564,382	47,355
2040				2,207	496,909	175,372		674,487	51,448
2041				(668)	506,436	7,333		513,100	35,580
2042				2,207	514,533	16,942		533,682	33,643
2043				2,207	525,330	16,887		544,424	31,200
2044				26,457	541,606	130,483		698,545	36,393
2045				2,207	551,548	77,867		631,622	29,915
	\$ 878,614	\$ 189,643	\$ 448,416	\$ 64,584	11,634,382	\$ 845,685	\$ 118,037	\$ 14,179,360	\$ 4,150,476

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 5.34. Flujos anuales de beneficios

Año	Ahorros operación	Ahorros tiempo	Liberación recursos	Valor de rescate	Beneficios totales	Beneficios totales actualizados
2013					-	-
2014					-	-
2015	493,439	96,145	184,271		773,856	639,550
2016	289,970	155,237			445,207	334,490
2017	301,412	161,163			462,574	315,945
2018	305,889	165,101			470,991	292,448
2019	313,249	168,341			481,590	271,845
2020	318,866	171,329			490,195	251,548
2021	319,859	174,122			493,982	230,446
2022	316,011	176,921			492,932	209,051
2023	318,404	179,527			497,931	191,974
2024	328,088	181,933			510,020	178,759
2025	338,069	184,366			522,435	166,464
2026	346,309	186,428			532,738	154,315
2027	352,153	188,370			540,523	142,337
2028	354,961	190,249			545,210	130,519
2029	356,612	191,769			548,382	119,344
2030	345,932	193,133			539,064	106,651
2031	348,760	194,253			543,013	97,666
2032	361,693	195,038			556,731	91,030
2033	371,373	195,614			566,987	84,279
2034	377,164	194,512			571,676	77,251
2035	384,870	194,708			579,578	71,199
2036	388,136	201,333			589,469	65,831
2037	386,738	208,700			595,438	60,452
2038	376,537	216,846			593,383	54,767
2039	375,403	223,106			598,509	50,218
2040	385,486	233,798			619,285	47,238
2041	393,644	227,860			621,504	43,097
2042	407,425	221,483			628,908	39,646
2043	415,792	215,377			631,169	36,171
2044	418,252	216,695			634,947	33,080
2045	428,824	217,268		134,579	780,671	36,974
	\$ 11,219,322	\$ 5,920,723	\$ 184,271	\$ 134,579	\$ 17,458,896	\$ 4,624,584

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 5.35. Flujo netos anuales e indicadores de rentabilidad socioeconómica (VPN, TIR y TRI)

Año	Costos totales	Costos totales actualizados	Beneficios totales	Beneficios totales actualizados	Flujo neto	VPN (MDP)	TIR (%)	TRI (%)
2013	312,727	312,727	-	-	(312,727)			
2014	913,592	830,538	-	-	(913,592)	(1,143,265)		
2015	633,042	523,176	773,856	639,550	140,813	(1,026,891)		
2016	241,533	181,467	445,207	334,490	203,674	(873,868)		16.39%
2017	232,959	159,114	462,574	315,945	229,615	(717,037)	-26.41%	
2018	(89,227)	(55,403)	470,991	292,448	560,218	(369,186)	-2.31%	
2019	254,023	143,389	481,590	271,845	227,567	(240,730)	2.93%	
2020	266,134	136,569	490,195	251,548	224,062	(125,751)	6.73%	
2021	267,521	124,801	493,982	230,446	226,460	(20,106)	9.53%	
2022	572,415	242,760	492,932	209,051	(79,483)	(53,814)	8.69%	
2023	371,701	143,307	497,931	191,974	126,230	(5,147)	9.88%	
2024	473,209	165,857	510,020	178,759	36,811	7,755	10.17%	
2025	378,570	120,624	522,435	166,464	143,865	53,595	11.11%	
2026	331,494	96,022	532,738	154,315	201,244	111,888	12.13%	
2027	339,842	89,491	540,523	142,337	200,681	164,733	12.91%	
2028	3,181	762	545,210	130,519	542,029	294,491	14.44%	
2029	313,004	68,119	548,382	119,344	235,378	345,716	14.93%	
2030	523,546	103,581	539,064	106,651	15,518	348,786	14.95%	
2031	608,069	109,367	543,013	97,666	(65,057)	337,085	14.85%	
2032	411,794	67,332	556,731	91,030	144,937	360,783	15.04%	
2033	408,564	60,730	566,987	84,279	158,422	384,332	15.21%	
2034	579,402	78,295	571,676	77,251	(7,726)	383,288	15.21%	
2035	497,901	61,165	579,578	71,199	81,677	393,322	15.27%	
2036	444,837	49,679	589,469	65,831	144,632	409,474	15.37%	
2037	451,189	45,807	595,438	60,452	144,248	424,119	15.45%	
2038	278,094	25,667	593,383	54,767	315,288	453,219	15.59%	
2039	564,382	47,355	598,509	50,218	34,127	456,082	15.61%	
2040	674,487	51,448	619,285	47,238	(55,203)	451,871	15.59%	
2041	513,100	35,580	621,504	43,097	108,404	459,388	15.62%	
2042	533,682	33,643	628,908	39,646	95,226	465,391	15.65%	

2043	544,424	31,200	631,169	36,171	86,745	470,363	15.66%	
2044	698,545	36,393	634,947	33,080	(63,598)	467,049	15.65%	
2045	631,622	29,915	780,671	36,974	149,049	474,109	15.68%	
	\$ 14,179,360	\$ 4,150,476	\$ 17,458,896	\$ 4,624,584	\$ 3,279,535	474,109	15.68%	

Fuente: *Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT*

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

c) Cálculo de indicadores de rentabilidad

Una vez obtenidos los flujos sociales descontados para el horizonte de evaluación del proyecto, se estimaron los indicadores de rentabilidad socioeconómica, siguiendo la metodología de estimación plasmada en el Anexo 1 de los “Lineamientos” establecidos por la Unidad de Inversiones de la SHCP, publicados en el DOF (30.12.2013).

Tabla 5.36. Estimación de los indicadores de rentabilidad socioeconómica

Indicadores de rentabilidad socioeconómica	Resultado
VPN*	\$ 474,109
TIR	15.68%
TRI	16.39%
B/C	1.11

Fuente: *Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT*

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

El proyecto de inversión propuesto en este documento es factible de realizarse desde el punto de vista socioeconómico, porque **los indicadores de rentabilidad están por arriba de su nivel de aceptabilidad.**

- ✓ La regla del Valor Presente Neto (VPN) establece que se debe adoptar cualquier proyecto cuyo valor presente es positivo.
- ✓ La regla de decisión de la Tasa Interna de Retorno dice que se adopte cualquier proyecto cuya TIR exceda la tasa social de descuento.
- ✓ La Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) estimada para el presente proyecto indica que el momento óptimo de operación del proyecto es inmediato, ya que desde el primer año de operación, la TIR está por arriba de la tasa social de descuento.

d) Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad tiene como objetivo determinar la variación de la evaluación costo beneficio, según los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto de inversión: el VPN, la TIR y la TRI. Para tal fin, se considera el efecto derivado de variaciones porcentuales en el monto total de inversión y la demanda de viajes en el troncal Norte-Sur.

Inversión

Tabla 5.37. Análisis de sensibilidad de los indicadores ante una variación en el monto de inversión inicial

Indicadores	Caída		Escenario base	Aumento	
	-20%	-10%		10%	20%
VPN*	\$ 747,973	\$ 611,041	\$ 474,109	\$ 337,176	\$ 200,244
TIR	21.17%	18.12%	15.68%	13.67%	12.00%
TRI	22.35%	18.91%	16.39%	14.46%	12.94%
B/C	1.19	1.15	1.11	1.08	1.05
Monto de inversión	\$1,213,338	\$1,365,005	\$ 1,516,673	\$1,668,340	\$1,820,007

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Demanda

Tabla 5.38. Análisis de sensibilidad de los indicadores ante una variación en la demanda

Indicadores	Caída		Escenario base	Aumento	
	-20%	-10%		10%	20%
VPN*	\$ 217,262	\$ 345,685	\$ 474,109	\$ 602,532	\$ 730,955
TIR	12.57%	14.11%	15.68%	17.25%	18.82%
TRI	13.08%	14.69%	16.39%	18.18%	20.06%
B/C	1.06	1.09	1.11	1.14	1.16
Demanda	116,353	130,897	145,441	159,986	174,530

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Valor de los beneficios y costos para los cuales el VPN es igual a cero

Monto de inversión

Sí el costo de inversión del proyecto aumenta alrededor de 34.62% con respecto a su escenario base, el VPN es igual a cero y la TIR igual a la Tasa Social de Descuento.

Tabla 5.39. Escenario de estrés del monto de inversión inicial del proyecto

Indicadores	Escenario base	Aumento
		34.62%
VPN	\$ 474,109	\$ 49
TIR	15.68%	10.00%
TRI	16.39%	11.21%
B/C	1.11	1.00
Monto de inversión		\$2,041,745

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Escenario de estrés de la demanda

Manteniendo todas las demás variables constantes, el proyecto puede soportar, aproximadamente, una caída del 36.90% de la demanda sobre la base definida, puesto que, sería el momento en el cual la TIR es igual a la Tasa de Descuento y el VPN es igual a cero, como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 5.40. Escenario de estrés de la demanda

Indicadores	Caída	Escenario base
	36.90%	
VPN*	\$ 227	\$ 474,109
TIR	10.00%	15.68%
TRI	10.51%	16.39%
B/C	1.00	1.11
Demanda	91,774	

Fuente: Elaboración Modelística S.A. de C.V., con datos del IMT

*Cifras en miles de pesos, las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Conclusión del análisis de sensibilidad

Comparado con el escenario base, las variables relevantes (costo de inversión y demanda) en la evaluación del proyecto tienen un impacto relativamente significativo

sobre los indicadores de rentabilidad socioeconómica. Esta conclusión se sustenta en los resultados del análisis de sensibilidad, y de los escenarios de máximo estrés, donde se determinó el porcentaje máximo que hace que el Valor Presente Neto sea igual a cero.

e) Análisis de riesgos

Descripción	Impacto
<p>Riesgo en la etapa de planeación e implementación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de recursos presupuestales • Problemas técnicos • Problemas macroeconómicos (inflación) <p>Disponibilidad de recursos presupuestales</p> <p>Existe la posibilidad de que no se tengan los recursos presupuestales suficientes para ejecutar las obras en el tiempo establecido en el calendario físico y financiero del proyecto. Este escenario es posible ya que no hay garantía de que empaten los tiempos del promotor del proyecto, del inversionista y del ejecutor del proyecto.</p> <p>Problemas técnicos</p> <p>Como resultado de una mala planeación y/o de la falta de capital humano con la capacidad técnica y operativa suficiente, la ejecución del proyecto puede enfrentar problemas de fondo.</p> <p>Problemas macroeconómicos (inflación)</p> <p>En los últimos años, México ha logrado una estabilidad macroeconómica que se ha traducido en bajas tasas de inflación, las cuales se han ubicado en un dígito. Sin embargo, México no está exento de los problemas económicos de otros países, como los que ha enfrentado Estados Unidos de América, que resulten en un escenario</p>	<p>Todos y cada uno de los potenciales riesgos que se han descrito pueden generar un escenario en el que el periodo de ejecución de las obras se prolongue más allá del tiempo establecido en su Cronograma. Este escenario generaría un incremento en el costo por molestias, que a su vez afectaría de forma negativa, sobre todo, al indicador de corto plazo (TRI), ubicándolo por debajo de su nivel crítico y, a su vez, a su factibilidad socioeconómica.</p>

Descripción	Impacto
<p>adverso para la economía mexicana. El ejemplo más reciente es la crisis económica de finales del año 2008 y principios de 2009.</p>	
<p>Riesgo en la etapa de operación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento no previsto de los costos de conservación y mantenimiento • Aumento no previsto de los costos de operación del proyecto <p>Aumento no previsto de los costos de conservación y mantenimiento</p> <p>Para mantener en óptimas condiciones las obras del proyecto, se ha contemplado en la etapa de operación del proyecto un monto para la conservación y el mantenimiento. Sin embargo, en el tiempo de operación del proyecto, los costos pueden incrementarse más allá de lo previsto, y por lo tanto no se harían los mantenimientos correspondientes, de prologarse dicha situación se puede afectar seriamente la carpeta asfáltica, generando altos costos generalizados de viaje.</p>	<p>El aumento no previsto de los costos de conservación y mantenimiento del proyecto pueden afectar negativamente los beneficios atribuibles al proyecto y, por lo tanto, a su factibilidad socioeconómica.</p>

vi. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones del proyecto

El proyecto de inversión propuesto en este documento es factible de realizarse desde el punto de vista socioeconómico, por las siguientes razones:

- **Los indicadores de rentabilidad están por arriba de su nivel de aceptabilidad.**
 - ✓ La regla del Valor Presente Neto (VPN) establece que se debe adoptar cualquier proyecto cuyo valor presente es positivo.
 - ✓ La regla de decisión de la Tasa Interna de Retorno dice que se adopte cualquier proyecto cuya TIR exceda la tasa social de descuento.
 - ✓ La Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) estimada para el presente proyecto indica que el momento óptimo de operación del proyecto es inmediato, ya que desde el primer año de operación la TIR está por arriba de la tasa social de descuento.
- **Consideraciones cualitativas de beneficios adicionales.**
 - ✓ Reducción del Nivel de Accidentalidad
 - ✓ Reducción del Nivel de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Recomendaciones de medidas y acciones para mitigar los riesgos del proyecto identificados

Con el fin de garantizar una exitosa implementación del proyecto, a continuación se desarrollan recomendaciones de medidas y acciones para mitigar los riesgos del proyecto identificados.

Recomendaciones para mitigar el riesgo en la etapa de planeación e implementación

- Para mitigar el riesgo de la prolongación del periodo de ejecución de las obras, y el parado indefinido o permanente de las obras, se debe realizar un programa de implementación que contemple un proceso constructivo lo más eficiente posible.
- Se recomienda contratar personal capacitado para la realización de los trabajos que requerirá la ejecución del proyecto.

Recomendaciones para mitigar el riesgo en la etapa de operación

- Para minimizar el riesgo del proyecto en su etapa de operación, el gobierno mexicano, en cualquiera de sus niveles, debe establecer las condiciones mínimas necesarias para reducir los niveles de delincuencia organizada.
- Asimismo, el gobierno mexicano debe mantener, como hasta ahora, la estabilidad macroeconómica, reflejada en bajos niveles de inflación.

vii. Anexos

Número	Concepto	Descripción
Anexo 1	Estudio técnico	Estudio de mercado y factibilidad
Anexo 2	Documentos legales	a) Ley de Transporte del estado de Puebla b) Reforma de la Ley de Transporte c) Proyecto de concesión para transporte masivo
Anexo 3	Estudios Ambientales	a) Manifestación de Impacto Ambiental 11 Norte-Sur: Informe, anexos y resumen ejecutivo. b) Resolución de la manifestación de impacto ambiental.
Anexo 4	Evaluación socioeconómica	a) Memoria de cálculo b) Análisis de sensibilidad c) Costos de operación vehicular

viii. Bibliografía

- Apuntes sobre evaluación social de proyectos; BANOBRAS, Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 1999.
- Asociación Mexicana de Empresarios Gasolineros A. C. (AMEGAS), Jalisco, GdJ., 2014. (www.amegas.net)
- Banco de Información Económica (BIE), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México, 2013.
- Cal y Mayor R. & Cárdenas J. (2000). Ingeniería de Tránsito. Santafé de Bogotá: Alfomega S.A.
- Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México, 2013.
- Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de transporte masivo urbana; BANOBRAS, CEPEP, diciembre 2006.
- Guía metodológica general de preparación y presentación de proyectos de inversión pública; BANOBRAS, CEPEP, diciembre 2006.
- Guía metodológica para la evaluación de proyectos de transporte masivo urbano, BANOBRAS, CEPEP, diciembre 2009.
- Guide to cost-benefit analysis of investment projects; Comisión Europea, 2002.
- Ley y Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.
- Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión; Unidad de Inversiones, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, diciembre 2013.
- Metodología General para la Evaluación de Proyectos, BANOBRAS, CEPEP, noviembre 2008.
- México en Cifras, Información Nacional, por Entidad Federativa y Municipios, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México, 2013.
- Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, Gobierno de la República, México, 2013.
- Proyecciones de la Población 2010-2030, Consejo Nacional de Población (CONAPO), México, 2013.

- Sistema de Cuentas Nacionales de México, Producto Interno Bruto por Entidad Federativa. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México, 2013.
- XII Censo General de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México, 2013.