

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

1. Resumen de los principales elementos del proyecto	1
1.1. Visión global del proyecto	1
1.2. Beneficios asociados al proyecto.....	4
1.3. Principales componentes del monto de inversión	8
1.4. Indicadores de rentabilidad.....	12
1.5. Riesgos asociados a la ejecución del proyecto	12
2. Situación actual sin proyecto y posibles soluciones	1
2.1. Diagnóstico de la situación actual del transporte urbano.....	16
2.1.1. Estudios existentes en la materia.....	16
2.1.2. Comportamiento de la población: Indicadores Estadísticos	17
2.1.3. Problemática urbana	22
2.1.4. Situación actual del tránsito vehicular	25
2.1.5. Problemática del transporte público.....	29
2.1.6. Organización institucional y de gestión del servicio actual.....	30
2.1.7. Impacto económico del usuario	31
2.2. Descripción de la situación actual optimizada	32
2.3. Análisis de la oferta y demanda de la situación sin proyecto	40
2.3.1. Análisis de la Oferta.....	40
2.3.2. Análisis de la Demanda de transporte público.....	42
2.4. Alternativas de solución	44
2.4.1. Alternativas, tecnológicas de trazo y operacionales	47
2.4.2. Evaluación de alternativas.....	52
2.4.3. Alternativa elegida (integración de rutas).....	54
2.4.4. Cobertura y características operacionales de las rutas que integran el corredor	54
2.4.5. Estimación de la demanda del corredor.....	54
3.- Descripción del Proyecto.....	67
a. Objetivo general	67
b. Propósitos.....	69
c. Componentes.....	69
d. Calendario de actividades	81
e. Tipo de proyecto o programa	82

f. Localización del Corredor	82
g. Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación.....	83
h. Capacidad instalada.....	83
i. Metas Anuales	92
j. Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación	94
k. Aspectos relevantes.....	100
l. Avance en la integración del expediente técnico y obtención del derecho de vía	98
m. Costo total del proyecto.....	100
m.1. Etapa de ejecución	106
m.2. Etapa de operación.....	109
n. Fuentes de recursos	110
o. Supuestos técnicos y socioeconómicos.....	112
p. Infraestructura y proyectos en desarrollo afectados.....	115
4. Comparativa de la situación con proyecto.....	116
4.1. Comportamiento de la demanda con proyecto	121
4.2. Comportamiento de la oferta con proyecto	125
4.3. Indicadores operacionales del corredor.....	128
5. Evaluación del proyecto (operación y tiempo)	132
5.1. Identificación de costos y beneficios	133
5.2. Cuantificación de los costos y beneficios.....	135
5.3. Valoración de los costos y beneficios	152
5.4. Evaluación de los costos y beneficios (indicadores de rentabilidad).....	155
6. Análisis de sensibilidad y riesgos	161
7. Conclusiones	167

Anexo 1. Publicaciones del Periódico Oficial del Estado.

Anexo 2. Resolutivo de Impacto Ambiental.

Anexo 3. Oficios de solicitud de permisos, autorizaciones y licencias para ejecución de obra.

Anexo 4. Minuta de trabajo Centro SCT Puebla.

Anexo 5. Carta Intención firmada por la Secretaría de Transportes y Ferrosur.

Anexo 6. Análisis de sensibilidad de la demanda.

Anexo 7. Desglose de Inversión en Infraestructura.

Anexo 8. Dimensionamiento de flota vehicular.

1. Resumen de los principales elementos del proyecto

1.1. Visión global del proyecto

La ubicación estratégica de la ciudad de Puebla ha figurado tradicionalmente como una ciudad de servicios que atrae residentes y viajes del sur y sureste de la República Mexicana. En el contexto nacional, la Zona Metropolitana Puebla–Tlaxcala (ZMPT) es una de las más importantes en términos de población y crecimiento, se ubica en el cuarto lugar después de las Zonas Metropolitanas del Valle de México, Guadalajara y Monterrey.

Si bien, la ZMPT se ha conformado como resultado de un crecimiento urbano lineal sobre las principales vías de comunicación entre los Estados de Puebla y Tlaxcala, abarcando 38 municipios en ambos Estados, se registra un marcado proceso de concentración-dispersión poblacional a su interior. El 74% de la población (1'975,220 hab.) se asienta en sólo 6 municipios: Amozoc, Coronango, Cuautlancingo, San Andrés Cholula, San Pedro Cholula y Puebla, todos pertenecientes al Estado de Puebla, mismos que conforman el “**Centro Metropolitano**”; en tanto los 693,127 habitantes restantes se dispersan en 32 municipios más.

Así, el Centro Metropolitano refleja una marcada concentración urbana caracterizada por: la configuración de las últimas acciones inmobiliarias localizadas en los municipios periféricos al de Puebla; la evolución de la población y su expansión territorial han rebasado la funcionalidad de la infraestructura vial, requiriendo un monto considerable de recursos para promover su modernización; la ausencia de un Plan Metropolitano (en proceso de registro); la falta de una estrategia conjunta para regular el desarrollo urbano en los límites de ambos Estados, así como la planificación individualizada por municipio.

En este contexto, el transporte urbano y suburbano se comporta de una manera singular derivado de la situación generada por la frontera político-administrativa que repercute en diferentes formas de concesión de las rutas, ya que las modalidades jurídicas implican distintas formas de control y fiscalización. Por ello, el fenómeno metropolitano conlleva a analizar al transporte desde un punto vista institucional de acuerdo a sus respectivas jurisdicciones:

- Concesiones otorgadas por el Estado de Puebla: rutas de transporte urbanas y suburbanas que se entretujan, operando con sobreoferta y sobre posición de rutas en diferentes puntos de la ciudad, con el más variado tamaño de vehículos, organizados en agrupaciones sin ningún concepto empresarial.
- Concesiones otorgadas por el Estado de Tlaxcala: rutas suburbanas que se extienden hasta el centro urbano de la ciudad de Puebla.
- Permisos otorgados por la Delegación SCT del Estado de Tlaxcala: rutas suburbanas que se extienden hasta el centro urbano de la ciudad de Puebla.
- Permisos otorgados por la Delegación SCT del Estado de Puebla: rutas suburbanas con función urbana y autorización de terminales en distintos puntos de la ciudad de Puebla.

Por su parte, los patrones de movilidad de la población residente obedecen a su comportamiento socioeconómico, sin respetar las fronteras Municipales ni Estatales. La localización del lugar de residencia y del lugar de trabajo es el generador más importante del desplazamiento de la población, los centros generadores de viajes se localizan en su mayoría en el norte de la ciudad de Puebla, mientras que los lugares de residencia se han desarrollado en el sur y oriente, esto ha motivado que los viajes sean largos, sinuosos y de poca calidad y confort para los usuarios del transporte colectivo.

En tanto, la oferta de transporte obedece a trazos de rutas de un modelo que no corresponde a las necesidades cambiantes de los usuarios, las condiciones y características del sistema actual manifiestan sobreoferta, vehículos en malas condiciones, baja calidad en el servicio y congestión vial. Los tiempos de traslado se vuelven tortuosos, si se considera que el 90% de las rutas están obligadas a pasar por el centro urbano de la ciudad de Puebla.

Si no se toman acciones inmediatas, esta tendencia se acentuará: el índice de motorización aumentará, situación que incrementará la contaminación, el tiempo de viaje de los usuarios, el costo de operación vehicular, lo cual orillará a aumentar los costos tarifarios, sustentando la ineficiencia de los concesionarios y la autoridad.

En virtud de lo expuesto, es necesario un cambio en el sistema actual de transporte público que permita minimizar los problemas señalados en pro del beneficio social. En este contexto, el Gobierno del Estado de Puebla, a través de la Secretaría de Transportes, ha trazado acciones con una visión global, que contemplan abatir las deficiencias que en materia de transporte público actualmente se presentan en el Centro Metropolitano¹ en un área específica, con un proyecto integral implantado por etapas.

La visión actual de la metrópoli y visión global del proyecto se puede traducir desde dos perspectivas siguientes:

a) La visión del Gobierno

- i. Existe **voluntad política** por abatir los rezagos de este sector, situación no vista desde hace varios sexenios.
- ii. **Compromiso con la sociedad** por parte del Gobernador actual para que antes de los 100 días de gobierno se iniciara la licitación del primer corredor de transporte en el Centro Metropolitano.
- iii. **Asociación política** de la ciudad central y municipios conurbados, mismos que conforman el Centro Metropolitano.
- iv. **Estudios actualizados** para determinar una estrategia y acciones de acuerdo al plan de desarrollo local.
- v. **Expectativa de participación** de los concesionarios para integrarse a las nuevas iniciativas y estrategias planteadas por el gobierno actual, sustentadas en estudios actualizados.
- vi. **Exigencia social y de los usuarios** en general, ante la expectativa del compromiso pactado y firmado por el actual Gobernador.

b) La visión del proyecto

- i. **Desincentivar el uso del vehículo privado**, amortiguando el incremento de las tasas de motorización y privilegiando el uso del transporte público.
- ii. **Construir infraestructura especializada** para privilegiar el transporte colectivo de pasajeros con carriles preferenciales, terminales de alimentación y paraderos de transferencia, implantando un sistema Tronco-Alimentador, con el propósito de disminuir los costos operacionales para los concesionarios.
- iii. **Privilegiar al usuario** del transporte colectivo mejorando su tiempo de viaje y reduciendo el costo en la tarifa, al penalizar las transferencias.
- iv. **Crear un organismo** de gestión, operación y supervisión del servicio, con tecnología de punta para corregir, ordenar y coordinar un nuevo sistema de transporte integrado.
- v. **Diseñar corredores de transporte** y nuevas rutas que por su trazo y cobertura obedezcan a los patrones de comportamiento de los usuarios, con el propósito de disminuir los transbordos e impulsar el ahorro de tiempo de traslado.
- vi. **Impulsar la organización de concesionarios**, pasando del esquema hombre camión a unidades empresariales, con un enfoque de rentabilidad, incentivando su asociación y desarrollo interno.

¹ Cabe recordar que ZMPT comprende 38 Municipios de los Estados de Puebla y Tlaxcala; en tanto el Centro Metropolitano sólo incluye a los municipios de Amozoc, Coronango, Cuautlancingo, San Andrés Cholula, San Pedro Cholula y Puebla.

- vii. **Promover la participación privada** con esquemas innovadores que incentiven la inversión en infraestructura y equipamiento para el transporte, bajo un modelo de pronta recuperación financiera.
- viii. **Proponer tecnologías limpias e infraestructura sustentable**, que tiendan a disminuir las emisiones de contaminantes y el impacto al medio ambiente.

En este sentido, el proyecto técnico de transporte público contempla la realización de dos estudios y un proyecto, mismos que constituyen una estrategia conjunta:

- Plan Integral de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla - Tlaxcala.
- Estudio de factibilidad técnica, económica y financiera del Primer Corredor Troncal de la Zona Metropolitana de Puebla.
- Proyecto ejecutivo del Primer Corredor de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla.

En el “Plan Integral de Movilidad Urbana” se analizan los ordenamientos en materia de desarrollo urbano de la ZMPT y se concluye con el proyecto propuesto dentro del “Programa de Movilidad Urbana”, el cual marca la pauta de una estrategia conjunta de todos los modos de movilidad urbana con una cobertura metropolitana (38 Municipios). En él se delinean, entre otras, acciones de un Sistema Integrado de Transporte Público, compuesto por seis corredores principales, construyendo un sistema tronco–alimentador, compuesto por vehículos de alta capacidad con infraestructura especializada, bajo un enfoque de adopción tecnológica de última generación.

En el “Estudio de factibilidad técnica, económica y financiera del Primer Corredor de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla” se justifica la implementación del corredor Chachapa – Tlaxcalancingo, el cual permitirá la movilidad entre los municipios de Amozoc, Puebla y San Andrés Cholula; cumpliendo con los lineamientos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN). El estudio contiene el diagnóstico del problema de transporte urbano, donde se mencionan las características de la expansión urbana, la problemática de la movilidad urbana, las deficiencias del transporte público, las externalidades negativas generadas por éste, así como la situación actual de la planeación, regulación y administración del transporte público urbano.

La definición de la implementación del primer Corredor se sustentó en una matriz multi-criterio, misma que contiene varios elementos de análisis que condujeron a la selección del Corredor Chachapa–Tlaxcalancingo. Para ello, cuatro elementos fueron fundamentales:

- Demanda suficiente para asegurar su rentabilidad.
- Aprovechamiento de la infraestructura actual.
- Trazo de menor conflicto de invasión de rutas.
- Menor número de concesionarios involucrados.

Adicionalmente, en este mismo estudio de factibilidad se incluye una descripción del proyecto, el análisis de su factibilidad técnica, el **Análisis Costo Beneficio**, el análisis del esquema financiero con apoyo federal, el esquema jurídico, la organización institucional del proyecto, el modelo de participación de los concesionarios y la Manifestación del Impacto Ambiental (MIA), junto con la Salvaguarda Ambiental y Social (MASTU).

Finalmente, en el “Proyecto ejecutivo del Primer Corredor de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla”, se definen las características técnicas-geométricas en los distintos componentes de infraestructura, mismos que implican una inversión de poco más de **\$1,120** millones de pesos para su desarrollo; en tanto la parte correspondiente al equipo rodante y sistema de prepago asciende a **\$303’548,548** (trescientos tres millones, quinientos cuarenta y ocho mil, quinientos cuarenta y ocho pesos).

Si bien, a la fecha los dos estudios y el proyecto ejecutivo del proyecto propuesto están concluidos, la estrategia y acciones del “Programa de Movilidad Urbana” están siendo consensuadas con las demás Secretarías involucradas, para posteriormente entrar en un proceso de consulta y registro; mientras que el “Proyecto Ejecutivo” cumple con las condiciones para ser evaluado por las instancias federales.

1.2. Beneficios asociados al proyecto

El proyecto propuesto, en comparación con el sistema actual de transporte público, tiene beneficios sociales y económicos que pueden atribuirse al primer corredor de transporte público, entre los que destacan el ahorro en tiempo de viaje de los usuarios y el ahorro en costos de operación vehicular.

Ahorro en tiempo de viaje de los usuarios del transporte público

Los tiempos de recorrido que los usuarios destinan para trasladarse de un lugar a otro dependen, entre otros factores, de la velocidad a la que viajan los vehículos de transporte público, la cual, a su vez, depende de la infraestructura vial.

Siguiendo esta lógica, una mejora en la infraestructura vial con carriles exclusivos para la circulación de los vehículos de transporte público (situación con proyecto) generará, en términos de ahorro de tiempo, un beneficio social y económico.

Tabla 1.1: Costo del tiempo anual monetizado en la situación sin proyecto optimizado

RUTAS	SITUACIÓN OPTIMIZADA				
	A	B	$C=(A*B)/60$	$D= Cx324$ DÍAS	$E=D*VALOR DEL TIEMPO$
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (pax/día)	HRS TOTALES DIARIAS	HRS TOTALES ANUALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	23.41435	43,638	17,029	5,517,487	\$121,226,086
ALIMENTADORA	23.27500	50,110	19,438	6,298,024	\$138,375,461
TRANSVERSALES	32.41596	14,010	7,569	2,452,438	\$53,883,123
TOTAL	24.51990	107,758	44,037	14,267,949	\$313,484,669

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
*Promedio ponderado por demanda del tiempo de viaje expresado en minutos
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 1.2: Ahorro en tiempo anual monetizado (situación actual optimizada vs situación con proyecto)

RUTAS	SITUACIÓN CON PROYECTO				
	A	B	$C=(A*B)/60$	$D= Cx324$ DÍAS	$E=D*VALOR DEL TIEMPO$
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (pax/día)	HRS TOTALES DIARIAS	HRS TOTALES ANUALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	16.63533	43,638	12,099	3,920,041	\$86,128,211
ALIMENTADORA	10.31661	50,110	8,616	2,791,589	\$61,334,709
TRANSVERSALES	14.47597	14,010	3,380	1,095,183	\$24,062,541
TOTAL	13.41625	107,758	24,095	7,806,814	\$171,525,461
				AHORRO	\$141,959,208

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
*Promedio ponderado por demanda del tiempo de viaje expresado en minutos
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Para monetizar el ahorro en tiempo de viaje para los potenciales beneficiados de la realización del Primer Corredor Troncal de Transporte de la Zona Metropolitana de Puebla se tomaron en cuenta los siguientes datos:

Tabla 1.3: Determinación del costo del tiempo por hora

SALARIO MÍNIMO EN LA REGIÓN	\$56.70
COEFICIENTE VALOR DEL TIEMPO	3.10
HORAS LABORADAS	8.00
COSTO DEL TIEMPO POR HORA	\$21.97125

El Salario Mínimo vigente para el año 2011 en el Estado de Puebla, según la categoría geográfica “C”, es igual a \$56.70 pesos por jornada laboral. Este salario se multiplicó por 3.10 veces el coeficiente del valor del tiempo, según criterios del CEPEP, y se dividió por 8 horas diarias laboradas. De estas operaciones aritméticas se obtuvo el costo del tiempo en horas para la Zona Metropolitana de Puebla igual a \$21.97125 pesos por hora.

De la comparativa entre el escenario sin proyecto optimizado y el escenario con proyecto se puede deducir lo siguiente: en base a una misma demanda para ambos escenarios (107, 758 pasajeros por día), la diferencia en tiempo de viaje promedio ponderado es de 11 minutos, con una velocidad promedio de 19 km/h (para el escenario sin proyecto optimizado) y 25 km/h (para el escenario con proyecto), que deriva en un ahorro de tiempo, que en términos monetarios se traduce en 138 millones de pesos al año. Dicho monto es resultado de multiplicar el ahorro en tiempo de viaje (expresado en minutos) y la demanda diaria (pasajeros por día), cuyo resultado se convierte en horas dividiendo entre 60, posteriormente se multiplica por el costo del tiempo (21.97125) y por los 324 días de operación del transporte público. Cabe agregar que el ahorro en tiempo de viaje es producto de una mayor velocidad de operación de la flota vehicular y una menor longitud de recorrido de los usuarios para llegar a su destino; pues con la realización del proyecto propuesto de transporte público se reduce la sinuosidad del trazo de la ruta.

Lo anterior es evidente cuando se compara la situación sin proyecto con la situación sin proyecto optimizado. Como puede verse en la tabla 1.5, el ahorro que resulta de la comparativa entre el costo del tiempo anual monetizado de la situación sin proyecto y el costo del tiempo anual monetizado de la situación optimizada es bajo, comparado con el ahorro alcanzado en la tabla 1.2.

Ello es resultado de que la optimización que puede lograrse en la operación del sistema de transporte público actual es mínima; pues aún cuando se reduzca la flota vehicular del sistema actual de transporte público, se establezcan paradas fijas y se genere más infraestructura vial, entre otras acciones, en la situación optimizada el transporte público seguirá conviviendo con los otros modos de transporte motorizados, cuya tendencia en el tiempo es a la alza, lo que aumentará el congestionamiento y reducirá aún más la velocidad de operación del transporte público; y por ende, aumentará el tiempo de viaje, conforme pase el tiempo.

Otra de las razones es que la longitud que recorren las flotas en el sistema actual y en el optimizado es relativamente largo, lo que provoca una mayor distancia de recorrido de los usuarios para llegar a su lugar de destino, generando un consumo mayor de tiempo de viaje.

En resumen, éstas dos situaciones generan un ahorro significativamente menor que el ahorro alcanzado entre la situación optimizada y la situación con proyecto. Por lo que los habitantes de la Zona Metropolitana de Puebla serán beneficiados con la realización del proyecto propuesto de transporte público, debido al ahorro generado en su ciclo de viaje.

Tabla 1.4: Costo del tiempo anual monetizado para la situación sin proyecto

RUTAS	SITUACIÓN SIN PROYECTO				E=D*VALOR DEL TIEMPO
	A	B	C=(A*B)/60	D= Cx324 DÍAS	
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (pax/día)	HRS TOTALES DIARIAS	HRS TOTALES ANUALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	32.51327	43,638	23,647	7,661,605	\$168,335,040
ALIMENTADORA	23.90492	50,110	19,964	6,468,476	\$142,120,508
TRANSVERSALES	33.47763	14,010	7,817	2,532,758	\$55,647,865
TOTAL		107,758	51,429	16,662,840	\$366,103,413

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla

***Promedio ponderado por demanda del tiempo de viaje expresado en minutos**

1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 1.5: Ahorro en tiempo anual monetizado (situación actual vs situación optimizada)

	SITUACIÓN OPTIMIZADA				
	A	B	C=(A*B)/60	D= Cx324 DÍAS	E=D*VALOR DEL TIEMPO
RUTAS	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (pax/día)	HRS TOTALES DIARIAS	HRS TOTALES ANUALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	23.41435	43,638	17,029	5,517,487	\$121,226,086
ALIMENTADORA	23.27500	50,110	19,438	6,298,024	\$138,375,461
TRANSVERSALES	32.41596	14,010	7,569	2,452,438	\$53,883,123
TOTAL	24.51990	107,758	44,037	14,267,949	\$313,484,669
				AHORRO	\$52,618,744

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
*Promedio ponderado por demanda del tiempo de viaje expresado en minutos

1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Ahorros en costos de operación vehicular

Para estimar el ahorro en costos de operación vehicular, producto de la comparativa entre la situación sin proyecto optimizado y la situación con proyecto, se determinaron los kilómetros recorridos al día sobre el corredor por las rutas para ambos escenarios, se estimaron situaciones de operación similares y se consideraron 324 días de operación de la flota vehicular.

Costo de operación por kilómetro

El costo de operación por kilómetro es el resultado de dividir el total anual de los costos fijos y variables sobre el total de kilómetros recorridos por las rutas al año.

Los costos fijos y variables están integrados por:

- Consumo de combustible.
- Consumo de lubricantes.
- Consumo de neumáticos.
- Consumo de refacciones.
- Consumo de horas de mantenimiento.
- Costos fijos (derechos, sueldos y administración).

El costo de operación por kilómetro resultó más alto para la situación con proyecto debido a la diferencia en el costo fijo, que es más alto para éste escenario que para la situación sin proyecto optimizado (\$16.78 vs \$14.13 pesos/km respectivamente). Sin embargo, dado que la flota vehicular que opera en el sistema actual de transporte público recorre una longitud mayor que la que recorrerá la flota vehicular en la situación con proyecto, se generará un ahorro de hasta 89 millones de pesos, como puede verse en la tabla 1.6.

Tabla 1.6: Costo anual total por operación vehicular para la situación sin proyecto optimizado

SITUACIÓN OPTIMIZADA			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
36,543	\$14.13	\$516,352.59	\$167,298,239 ^{1/}

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla

1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 1.7: Costo anual total por operación vehicular para la situación con proyecto

SITUACIÓN CON PROYECTO			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
14,282	\$16.78	\$239,651.96	\$77,647,235 ^{1/}
AHORRO			\$89,651,004

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Para determinar el costo anual de operación vehicular en cada uno de los escenarios se multiplicó la longitud diaria recorrida por la flota sobre el corredor por el costo de operación por kilómetro por los 324 días de operación.

En relación al ahorro que se genera producto de la optimización del sistema de transporte público actual, éste es menor que el que resulta en la tabla 1.7, pues como se ha mencionado anteriormente, aún cuando se reduzca la flota vehicular en la situación optimizada, la longitud que recorrerán los vehículos será poco menor que la actual, ya que es mínimo el alcance para reducir la sinuosidad en el trazo de las rutas que actualmente operan, debido al tamaño y número de rutas que circulan por los mismos trazos, la ineficiencia con la que operan los transportistas, generando un mayor costo de operación y el esquema hombre-camión que rige en dicho sistema, el cual genera un menor poder de negociación y un mayor costo de financiamiento para la adquisición y renovación de la flota vehicular.

Tabla 1.8: Costo anual total por operación vehicular para la situación sin proyecto

SIN PROYECTO			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
37,485	\$15.25	\$571,646	\$185,213,304

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla

Tabla 1.9: Ahorro en costos de operación vehicular (situación sin proyecto vs. situación optimizada)

SITUACIÓN OPTIMIZADA			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
36,543	\$14.13	\$516,352	\$167,298,239
AHORRO			\$17,915,065

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla

De este análisis de ahorro en costo de operación vehicular, que resulta mayor en el escenario con proyecto, se deriva la conclusión de que el sistema de transporte público propuesto es útil y necesario para los habitantes de la Zona Metropolitana de Puebla; por los beneficios que resultarán de su implementación y operación.

En resumen, los beneficios asociados al proyecto son:

- Aumento en la velocidad de operación de los diferentes tipos de usuarios.
- Reducción en los tiempos de recorrido para los usuarios del transporte público.
- Reducción en los costos de operación en los diferentes tipos de vehículo.
- Se agilizará el tránsito local del Centro Metropolitano.
- La operación de los vehículos del transporte público será más segura, reduciendo significativamente la posibilidad de accidentes.
- Disminución de la contaminación atmosférica producto de una menor flota vehicular, por el uso de tecnologías más limpias y menos congestionamientos.
- Disminución de ruido al reducir la flota vehicular.

- Mejora sustancial en los niveles de servicio en general, comparado con el sistema actual de transporte público.

1.3. Principales componentes del monto de inversión

El proyecto propuesto de transporte público para su implementación requiere de 2 grandes rubros de inversión que son: inversión en infraestructura y la adquisición de autobuses y del sistema de prepago, cuyo monto de inversión inicial es igual a **1424 millones de pesos**; los conceptos y montos se describen a continuación.

Tabla 1.10: Conceptos y montos de la inversión inicial de los principales componentes del proyecto

CONCEPTO	MONTO
INFRAESTRUCTURA	\$ 1,120,603,035
ADQUISICIÓN DE VEHÍCULOS Y SISTEMA DE PREPAGO	\$ 303,548,548
TOTAL	\$ 1,424,151,583

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

a) Inversión en Infraestructura

En la tabla 1.11 se presentan los conceptos y montos derivados de la construcción del corredor troncal y las obras inducidas (Para más detalle sobre éstos conceptos y montos, véase anexo 7: “Desglose de inversión en infraestructura”).

Tabla 1.11: Conceptos y montos de inversión en infraestructura

CONCEPTO	MONTO TOTAL
ESTUDIOS PRELIMINARES	\$ 31,130,000
AFECTACIONES, LIBERACIÓN DE ESPACIOS	\$ 64,000,000
PAVIMENTACIÓN CARRIL EXCLUSIVO BRT (AMBOS SENTIDOS)	\$ 299,957,859
Construcción TOTAL de Terminal de Transferencia (CETRAM 1-Tlaxcalancingo)	
a).- Construcción de área administrativa y de servicios	\$ 20,379,738
b).- Construcción de plataformas/andenes y cubierta	\$ 26,830,923
c).- Adecuación Geométrica y Pavimentación en terminal	\$ 73,098,000
Construcción TOTAL de Terminal de Transferencia 2 (CETRAM 2-Chachapa)	
a).- Construcción del edificio administrativo y de servicios	\$ 21,375,000
b).- Taller (Edificación)	\$ 19,110,000
c).- Construcción de plataformas/andenes y cubierta	\$ 15,059,200
d).- Adecuación Geométrica y Pavimentación en terminal	\$ 25,584,300
Infraestructura CCO (Adecuación y Remodelación de espacio ubicado en la Secretaría de Transportes)	\$ 1,568,000
PUENTES VEHICULARES	
SOBRE EL TRAMO	\$ 18,538,798
RESULTAN DEL TRAMO CON FERROSUR	\$ 235,050,564
DISTRIBUIDOR JUÁREZ-SERDÁN	\$ 25,209,126
PASOS PEATONALES (TÚNELES VÍA FF.CC)	\$ 29,144,741
PUENTES PEATONALES SUPERIORES E INFERIORES	\$ 2,889,423
PARADEROS	\$ 113,600,000
ALUMBRADO PÚBLICO	\$ 8,816,654
MUROS DE PROTECCIÓN EN DERECHOS DE VÍA FERROSUR	\$ 8,476,091
SEÑALAMIENTO VIAL	\$ 13,547,097

Supervisión de la(s) obra(s) del sistema de Carriles Confinados	\$ 19,248,911
Señalamiento horizontal y vertical (ambos sentidos, confinamiento con Viales, cerca tubular de separación en vías de FFCC, etc.)	\$ 20,132,767
INSTALACIÓN DEL EQUIPO CCO	\$ 27,855,843
TOTAL INFRAESTRUCTURA	\$ 1,120,603,035

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

Cabe señalar que la obra de infraestructura se ha licitado bajo la modalidad de precio alzado, siendo el techo presupuestal congruente a las cifras marcadas.

Tabla 1.12: Distribución temporal de la inversión en infraestructura

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA		
MESES	% DE INVERSIÓN	TOTAL
12	65.78%	\$ 737,132,676
2	34.22%	\$ 383,470,359
14	100.00%	\$ 1,120,603,035

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

Se tiene contemplado que los primeros 12 meses se ejecute el 65.78% por ciento de la inversión en infraestructura, lo que implica un monto igual a 737 millones de pesos y los otros 383 millones en los 2 meses siguientes; pues según Cronograma de ejecución de las obras, se estiman 14 meses para la ejecución de las obras de infraestructura, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.13: Calendario de ejecución de las obras

CONCEPTO	MESES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Preliminares														
Terracerías y pavimentos														
Banquetas y guarniciones														
Drenaje pluvial														
Alumbrado público														
Señalamiento vial														
Obras inducidas														
Muros de contención														
Muros de protección en derecho de vía de FERROSUR														
Construcción de pasos peatonales (túneles vía FFCC)														
Paraderos														
Rehabilitación del pavimento														
Puente barranca Mixatlal														
Puente barranca Tlanixahuatl														
Puente barranca Manzanilla														
Viaducto cruce vía FFCC														
Puente barranca San Antonio (Río Alseseca)														
Viaducto av. 18 de noviembre														
Ampliación del distribuidor vial Juárez Serdán														
Ampliación puente Río Atoyac														
Ampliación puente Río Zapatero														

precio por vehículo es de 450,000 dólares, que multiplicado por un tipo de cambio de \$12.50 pesos/dólar, resulta en 5'625,000 pesos por unidad². Como se muestra en la tabla 1.16, los vehículos serán adquiridos el último mes antes de concluir el calendario de ejecución de las obras de infraestructura.

Composición de la inversión en autobuses y sistema de prepago

Tabla 1.17: Composición de la inversión en autobuses y sistema de prepago

INVERSIÓN	MONTO	% DE PARTICIPACIÓN
Inversión FONADIN	0	0.00%
Inversión Estatal	0	0.00%
Inversión Privada	\$ 303,548,548	100.00%
TOTAL	\$303,548,548	100.00%

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

Como puede verse en la tabla anterior, la inversión en la adquisición de la flota vehicular y el sistema de prepago será una inversión netamente de la iniciativa privada.

Composición de la inversión total

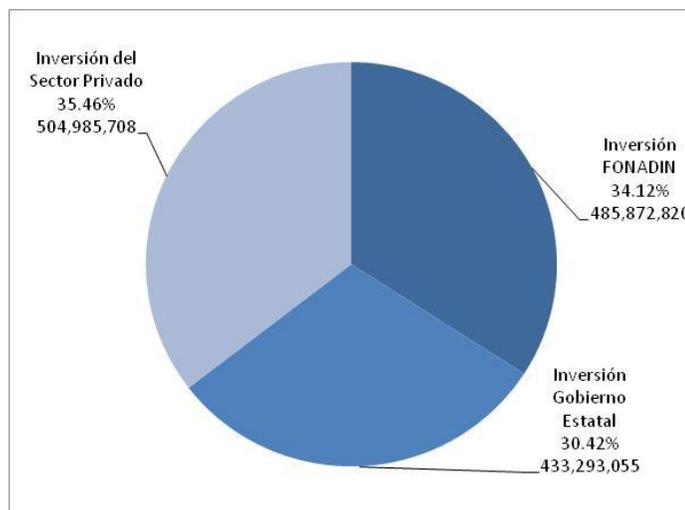
En la siguiente tabla se muestran los montos y porcentajes de participación del FONADIN, el Gobierno del Estado de Puebla y la Iniciativa privada, para la realización del proyecto de transporte público propuesto.

Tabla 1.18: Composición de la inversión total

INVERSIÓN	MONTO	% DE PARTICIPACIÓN
Inversión FONADIN	\$ 485,872,820	34.12%
Inversión Gobierno Estatal	\$ 433,293,055	30.42%
Inversión del Sector Privado	\$ 504,985,708	35.46%
TOTAL	\$ 1,424,151,583	100.00%

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

Figura 1.1: Composición de la inversión total



Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor troncal de transporte público de la Zona Metropolitana de Puebla

² El monto por vehículo en pesos puede ser menor considerando el hecho de que el tipo de cambio peso/dólar hasta junio de 2011 se ha mantenido por debajo de los 12 pesos; sin embargo, dado la volatilidad en el mercado cambiario se prefiere un tipo de cambio de 12.50.

1.4. Indicadores de rentabilidad

Como resultado de la evaluación socioeconómica del proyecto de transporte público propuesto, los números obtenidos arrojan una buena rentabilidad social y económica. Esto implica que los ahorros en tiempos de recorrido y costos de operación son superiores a los costos de inversión en infraestructura y su conservación necesaria a lo largo del horizonte de evaluación y de la vida útil del proyecto.

Tabla 1.19: Indicadores de rentabilidad para el escenario base

INDICADORES	VALOR
B/C	1.44
VPN	\$619,263,362
TIR	17.25%
TRI	20.14%

Fuente: LOGIT

Con base en estos indicadores, se deduce que el proyecto es rentable desde el punto de vista económico y social; pues genera la utilidad necesaria, durante 30 años, en comparación con el monto de la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura y la flota vehicular, con una tasa de descuento del 12%. El Valor Presente Neto es positivo ($VPN > 0$), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) son mayores a la tasa de descuento (17.25%, 20.14% > 12%, respectivamente) y los beneficios son 1.44 veces los costos. Por lo tanto, en base a los resultados de éstos indicadores socioeconómicos se recomienda la realización de proyecto propuesto de transporte público lo antes posible, ya que se mejorará el bienestar de los habitantes beneficiados con el mismo.

1.5. Riesgos asociados a la ejecución del proyecto

Los riesgos asociados a la ejecución del proyecto se vinculan con la intervención de los distintos actores que participan en él, desde su ejecución hasta la puesta en operación del nuevo sistema de transporte público, así como a factores exógenos. Dichos riesgos se pueden caracterizar de la siguiente manera:

a) Elementos que pueden encarecer y/o dificultar la construcción y equipamiento del corredor de transporte planeado para el Centro Metropolitano son:

- Líneas de alta tensión, las cuales corren a lo largo de un tramo de la Diagonal Defensores de la República, por lo que ha sido necesario negociar con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para considerar la modificación de las líneas o en algunos puntos se levante la catenaria.
- La autorización del derecho de vía del FFCC (FERROSUR), el cual corre paralelamente al corredor en 6.2 km a partir de la Avenida Tecnológico hasta la Colonia Santa Margarita, la cual está en proceso de liberación, con el propósito de construir la infraestructura del corredor (sembrado de las estaciones, construcción de puentes sobre barrancas, pasos peatonales y puente vehicular elevado). A la fecha, los directivos de FERROSUR están de acuerdo en compartir el derecho de vía, siempre que se respete la ejecución del proyecto tal cual se presenta en el Proyecto Ejecutivo; solo se está en espera de la autorización por escrito por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes Federal (SCT).

b) Elementos de riesgo asociados con la implementación y/o participación del primer corredor desde el punto de vista de la organización de los concesionarios:

- De acuerdo al trazo del primer corredor troncal se requiere la participación de 13 rutas de transporte directamente involucradas. A la fecha, el Gobierno del Estado de Puebla se encuentra en proceso de negociación con ellas. Los logros y alcances resultado de las reuniones que se han tenido entre el Gobierno y los concesionarios se reflejan en las firmas de oficios en los que los concesionarios de las rutas que estarían participando en el proyecto, están de acuerdo en

conocer el proyecto propuesto para posteriormente dar su consentimiento formal para participar activamente en la realización, ejecución y operación del mismo. En este sentido, a la fecha el proceso de negociación puede considerarse a favor de la implementación del proyecto del primer Corredor troncal de la Zona Metropolitana de Puebla.

c) Elementos de riesgo asociados con la anuencia de los 3 municipios que participarán directamente en el proyecto propuesto:

- Partiendo del hecho de que los municipios de San Andrés Cholula, Puebla y Amozoc están gobernados por el mismo partido político, la posibilidad de un desacuerdo entre estos Municipios para la no realización del proyecto es mínima. Además, el impulsor del presente proyecto, el Gobierno del Estado, también pertenece al mismo partido político. En este sentido, la probabilidad de riesgo de la no implementación y operación del proyecto del primer corredor troncal de la Zona Metropolitana de Puebla es baja.

d) Riesgos asociados al proyecto derivados de cambios en las variables críticas del proyecto:

- En este estudio se consideran 3 escenarios considerados pesimistas, debido al impacto negativo sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto (TIR, VAN, TRI, B/C). Estos escenarios son:
 - (i) Aumento/Caída en la inversión en infraestructura
 - (ii) Disminución/Incremento en el ahorro total
 - (iii) Disminución/Incremento de la demanda

El orden en que se presentan estos escenarios está en función al grado de sensibilidad de los indicadores ante cambios en estas variables.

- (i) **Aumento/Caída en el costo de inversión en infraestructura:** El monto de la inversión total en infraestructura puede elevarse por el incremento en los precios de los insumos primarios. Dichos costos pueden elevarse hasta un 40% del valor consensado para este análisis, por lo que se aplicó este aumento a los dos periodos previstos para la construcción e implantación del sistema de transporte público propuesto. El impacto de éste aumento en el costo de inversión en infraestructura sobre los indicadores de rentabilidad (VPN, TIR, TRI) puede verse en la siguiente tabla. Aunque dichos indicadores muestran una menor rentabilidad del proyecto en comparación con el escenario base, siguen mostrando signos positivos que sugieren la realización del proyecto, pues están por arriba de sus niveles críticos de aceptabilidad.

Tabla 1.20: Análisis de sensibilidad de los indicadores de rentabilidad ante una caída/aumento en el costo de inversión en infraestructura

INDICADORES	CAÍDA			COSTO DE INVERSIÓN				AUMENTO	
	-40%	-30%	-20%	-10%	ESCENARIO BASE	10%	20%	30%	40%
B/C	2.09	1.88	1.71	1.56	1.44	1.34	1.25	1.17	1.10
VPN	1,051,070,132	943,118,439	835,166,747	727,215,054	619,263,362	511,311,669	403,359,977	295,408,284	187,456,592
TIR	24.55%	22.19%	20.25%	17.25%	17.25%	16.05%	15.00%	14.08%	13.25%
COSTO DE INVERSIÓN	\$672,361,821	\$784,422,125	\$896,482,428	1,008,542,732	\$1,120,603,035	\$1,232,663,339	\$1,344,723,642	1,456,783,945.50	\$1,568,844,249

Fuente: LOGIT

Un escenario menos probable es la caída de hasta un 40% en los costos de inversión inicial total, última columna a la izquierda del escenario base. En este caso, los indicadores de rentabilidad muestran un escenario muy optimista en el que los indicadores de rentabilidad están por arriba de sus niveles aceptables.

La mayor exposición de riesgo de esta variable sobre los indicadores de rentabilidad es el siguiente: manteniendo todas las demás variables constantes, un **aumento** de alrededor **del 57%** sobre el

monto de inversión inicial total de la infraestructura es lo más que pueden soportar los indicadores de rentabilidad para estar en sus niveles críticos de aceptabilidad, es decir, cuando el Valor Presente Neto es igual a cero (**VPN=0**) y la TIR igual a 12% (**TIR=12%**).

- (ii) **Disminución/Incremento en los ahorros totales:** Tomando en cuenta que los ahorros son producto de los saldos de los costos de operación y de tiempo monetizado, la caída en los ahorros puede suceder por el incremento en los costos de operación por kilómetro producto de la no renovación vehicular o incluso por aumentos de longitudes recorridas. Dicha disminución de los ahorros puede alcanzar hasta un 40% con respecto al escenario base. En este caso, los indicadores de rentabilidad están abajo de sus niveles de aceptabilidad, donde el Valor Presente Neto es negativo, la TIR está por debajo de la tasa de descuento y la razón Beneficio/Costo es menor que uno. Bajo éste escenario extremo, no se recomendaría la realización del proyecto.

Tabla 1.21: Análisis de sensibilidad de los indicadores de rentabilidad ante una disminución/incremento en los ahorros totales

INDICADORES	DISMINUCIÓN				ESCENARIO BASE	INCREMENTO			
	-40%	-30%	-20%	-10%		10%	20%	30%	40%
B/C	0.86	1.00	1.14	1.28	1.44	1.59	1.73	1.88	2.02
VPN	-203,948,592	-2,234,696	199,479,200	401,193,096	619,263,362	820,977,258	1,022,691,154	1,224,405,050	1,426,118,946
TIR	10.09%	11.98%	13.77%	15.48%	17.25%	18.85%	20.42%	21.95%	23.46%

Fuente: LOGIT

Un incremento en los ahorros de hasta un 40% puede resultar de optimizar la frecuencia de recorrido de los vehículos en función a la demanda en horas pico y horas valle, una mayor disminución en los tiempos de viaje de los usuarios, un mayor número de usuarios beneficiados con el proyecto, etcétera. En este caso, los indicadores de rentabilidad están muy por arriba de sus niveles mínimos aceptables. Este escenario, aunque poco probable, es deseable.

La mayor exposición de riesgo de esta variable sobre los indicadores de rentabilidad es el siguiente: una **caída poco mayor al 30%** en los ahorros a partir de su nivel base, considerando todo lo demás constante, **genera un Valor Presente Neto igual a cero y una TIR igual a 12% (VPN=0, TIR=12%)**.

- (iii) **Disminución/Incremento de la demanda:** Bajo un escenario de estrés de la demanda, que implica evaluar la demanda considerando impactos negativos de considerable magnitud en el nivel de sus factores de riesgo como son: la dinámica demográfica, el ritmo de crecimiento económico, el crecimiento del parque vehicular y la movilidad de personas, entre otras.

Como puede verse en la siguiente tabla, aún con un escenario en condiciones de crisis que afecte negativamente la demanda estimada para el Corredor hasta en un 40%; resultado de condiciones económicas adversas que reduzcan los niveles de actividad económica e incrementen considerablemente las tasas de desempleo, generando una caída en la demanda por viajes, los indicadores de rentabilidad son positivos; el Valor Presente Neto es mayor que cero y la Tasa Interna de Retorno está por arriba de la tasa social de descuento.

Resulta conveniente destacar que el ejercicio anterior se realizó a partir de considerar constante la Tasa Media de Crecimiento Anual de la demanda.

Tabla 1.22: Análisis de sensibilidad de los indicadores de rentabilidad ante un escenario de estrés de la demanda

INDICADORES	DISMINUCIÓN				DEMANDA	INCREMENTO			
	-40%	-30%	-20%	-10%	ESCENARIO BASE	10%	20%	30%	40%
B/C	1.05	1.15	1.25	1.35	1.44	1.54	1.64	1.74	1.84
VPN	72,135,549	208,917,502	345,699,455	482,481,408	619,263,362	756,045,315	892,827,268	1,029,609,221	1,166,391,174
TIR	12.65%	13.84%	15.00%	16.14%	17.25%	18.34%	19.41%	20.46%	21.50%
DEMANDA	64,655	75,431	896,482,428	96,982	107,758	118,534	129,309	140,085	150,861

Fuente: LOGIT

Caso contrario, donde la demanda de transporte público se incremente hasta en un 40%, como resultado de la aceptación del sistema, por la aplicación de políticas públicas que incentiven el uso del transporte público, etcétera, los indicadores de rentabilidad estarían muy por arriba de sus niveles mínimos de aceptabilidad. Un escenario muy deseable, porque se alcanzaría la finalidad de este sistema de transporte público propuesto, que es satisfacer al mayor número posible de viajes que demanden los habitantes de la ZMP.

La mayor exposición de riesgo de esta variable sobre los indicadores de rentabilidad es el siguiente: Una **caída** de alrededor del **45%** en los niveles de demanda base, que se traducen en una disminución de hasta 59,051 viajes sobre la base de 107,758 viajes diarios, generaría un Valor Presente Neto igual a cero y una TIR igual a 12% (**VPN=0, TIR=12%**).

2. Situación actual sin proyecto y posibles soluciones

2.1. Diagnóstico de la situación actual del transporte urbano

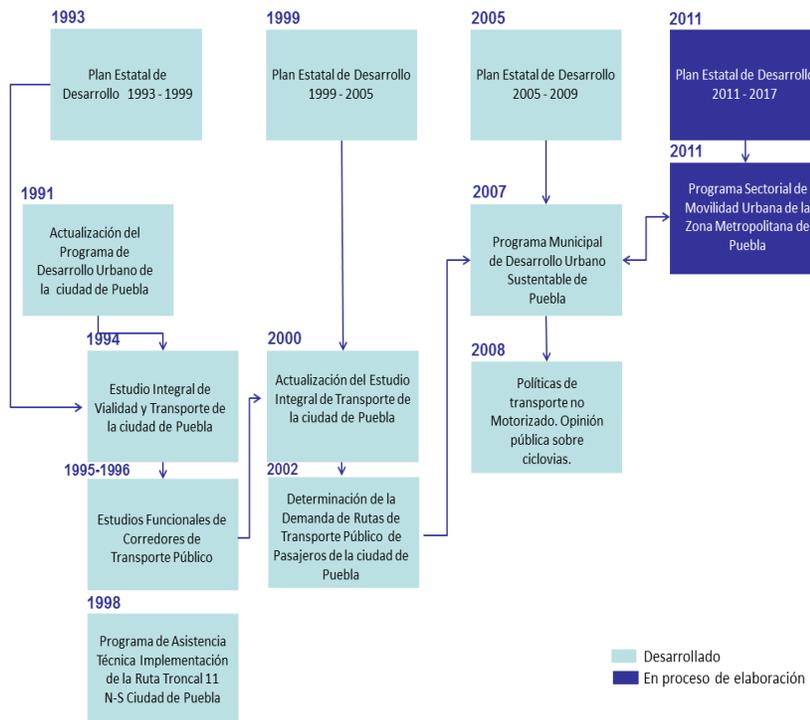
2.1.1. Estudios existentes en la materia

La planificación del transporte urbano en la ciudad de Puebla se comenzó a realizar a partir del año de 1994, con la participación del Gobierno del Estado se encomendó la realización de estudios a diversas consultoras, conformando un acervo técnico histórico de la ciudad.

Los estudios realizados son los siguientes:

- a) “Estudio Integral de Vialidad y Transporte de la ciudad de Puebla” 1994, donde se fijaron las estrategias y líneas de acción encaminadas a reestructurar de manera integral las rutas de transporte mediante la conformación de 8 (ocho) corredores de transporte; fortalecer el ámbito institucional para mejorar la gestión y administración; así como las acciones encaminadas al mejoramiento y control del tránsito y el transporte.

Figura 2.1: Planificación urbana y estudios en materia de transporte urbano para la ciudad de Puebla



Fuente: LOGIT

- b) El estudio anterior da sustento a la elaboración de “Estudios Funcionales de Corredores de Transporte Público, para la implantación del Sistema Troncal en el Municipio de Puebla, Pue.” (1995-1996), el cual establece las acciones para la implementación de los siguientes corredores, así como la reestructuración de rutas del transporte.

- Corredor 11 Norte sur–Central de abastos
- Corredor Avenida Héroes de Nacozari
- Corredor Boulevard Xonaca
- Corredor Cholula por antigua carretera federal.
- Corredor Valsequillo

- Corredor Diagonal Defensores de la República
- Corredor 9-1 Oriente–Poniente

- c) Implantación del Programa de Modernización del Sistema de Transporte Público de la Ciudad de Puebla: Especificaciones de Infraestructura y Adecuación del Proyecto funcional de la 11 Norte-Sur.
- d) Asistencia Técnica para el Programa de Modernización del Sistema de Transporte Público en la ciudad de Puebla (1997).
- e) Programa de Asistencia Técnica 1998, implementación de la Ruta Troncal 11 Norte–Sur de la ciudad de Puebla (Banco Mundial).
- f) Actualización del Estudio Integral de Transporte de la Ciudad de Puebla (2000).
- g) Determinación de la Demanda de Rutas de Transporte Público de Pasajeros de la ciudad de Puebla (2002).
- h) Políticas de transporte no-motorizado. Opinión del público sobre vías peatonales y Ciclovías en Puebla en 2008. (Puebla, septiembre 2010 a publicar en libro colectivo, BUAP, 2011).

El estudio denominado “Programa Sectorial Metropolitano de la Ciudad de Puebla”, se realizó de Septiembre de 2010 a Marzo de 2011.

El proyecto propuesto se formuló sustentado en los resultados de:

- **El Censo de Población y Vivienda 2010, publicados en febrero de 2011, de donde se obtuvo el número de habitantes de los 6 Municipios que conforman la ZMP, así como, conteos previos.**
- **La tasa de crecimiento demográfico que CONAPO publica para los Municipios en cuestión.**
- **Los siguientes tres estudios de campo que se realizaron en toda la ZMP, entre septiembre de 2010 y enero de 2011:**
 - **SECCIÓN 1: Programa Sectorial de Movilidad Metropolitana de la Ciudad de Puebla**
 - **SECCIÓN 2: Estudio de Factibilidad técnica, Económica y Financiera del Primer Corredor de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla**
 - **SECCIÓN 3: Proyecto Ejecutivo del Primer Corredor de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla.**

La metodología partió de los estudios de campo (2010-2011) que comprenden:

- **Encuestas origen destino domiciliarias**
- **Encuesta origen destino a bordo de las unidades**
- **Estudios de ascensos y descensos**
- **Estudio de ocupación visual y frecuencia de paso**
- **Velocidades y demora**
- **Encuestas adicionales de preferencia declarada en transporte público y transporte privado.**
- **Levantamiento de ruta**
- **Estudios específicos en tránsito y vialidad, aforos, capacidad vial, estacionamientos, entre otros.**

Con base en los resultados de este conjunto de estudios se obtuvo la demanda en 2011 para todas las modalidades de transporte, tanto público como privado en la ZMP; así como para el área de influencia de Corredor Troncal propuesto.

Adicionalmente, la demanda se proyectó en función del crecimiento poblacional esperado para la ZMP y el patrón de comportamiento de los usuarios de los diversos modos de transporte.

Cabe mencionar que dicho patrón de comportamiento permitió evaluar tres escenarios:

- **Escenario Tendencial.- Los usuarios mantienen constante sus preferencias por el modo de transporte que actualmente utilizan; esto es, el número de automóviles continuará creciendo a tasas exponenciales.**
- **Escenario de Equilibrio.- Se desmotiva la utilización del automóvil, permitiendo un crecimiento moderado del transporte público. De esta manera, los viajes adicionales que serán resultado del**

crecimiento demográfico mantendrán sus preferencias actuales de un desplazamiento del 72% en transporte público y 28% en transporte privado.

- **Escenario Alto.- Se registra una marcada preferencia por utilizar el transporte público, es decir una vez que el sistema propuesto inicie operaciones se presentará una demanda inducida de parte de nuevos usuarios de este modo de transporte.**

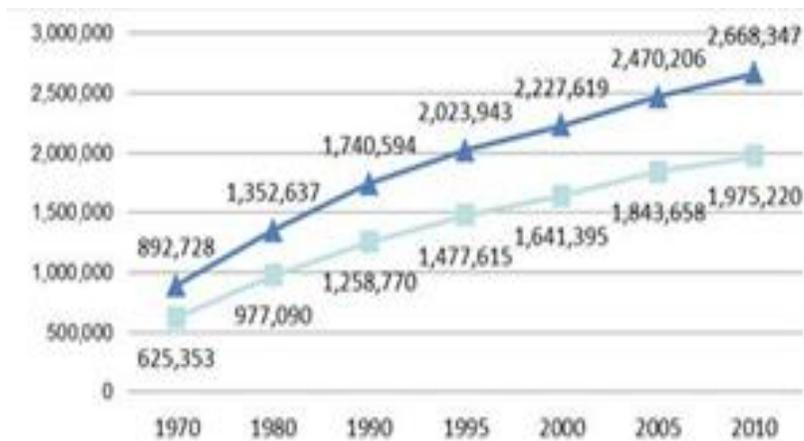
La demanda proyectada para todo el horizonte de evaluación que se consideró en el Análisis Costo Beneficio fue la resultante de escenario de equilibrio.

2.1.2. Comportamiento de la población: Indicadores Estadísticos

El vertiginoso crecimiento demográfico, tanto de la Zona Metropolitana Puebla Tlaxcala (ZMPT) como de la misma capital del Estado, responde a la concentración de los medios de producción y a la reubicación de la población dentro del espacio urbano metropolitano.

La ZMPT ha sido y será un catalizador del proceso de modernización y crecimiento económico, no sólo de la región sino del país. Tal como se constata en los datos históricos, la población de la ZMPT se ha ido concentrando masivamente en los últimos 60 años, sobre un territorio que se expande de manera considerable y que se caracteriza por su dispersión y desarticulación.

Figura 2.2: Crecimiento Histórico de la ZMPT y de los Municipios que integran el área de estudio directa (Centro Metropolitano)



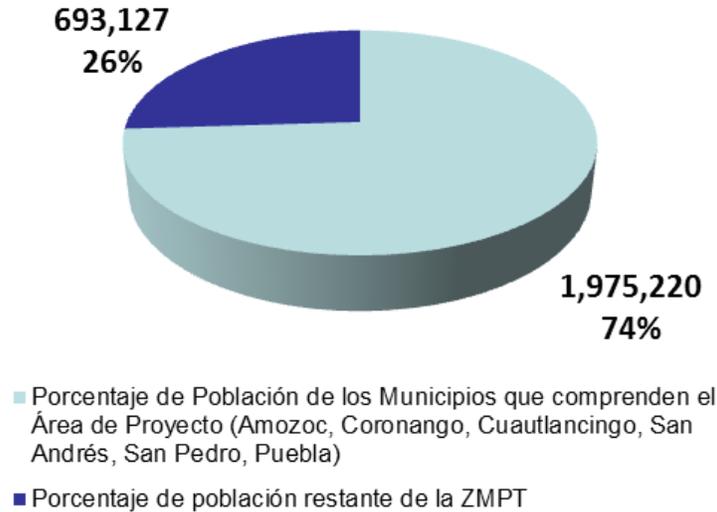
Fuente: INEGI, Cei

En el año 2010 la ZMPT abarca 15 municipios de los que se encuentran asentados en los municipios de Cholula, mismos que se concentran en el proyecto de modernización del transporte público, debido al número de habitantes y el número de viajes que se realizan diariamente desde estos Municipios hacia la capital de Estado.

— No. Habitantes Área de estudio del Programa Sectorial de Movilidad
— No. Habitantes de la ZMPT

abitanes) se
i, San Pedro
plementar el

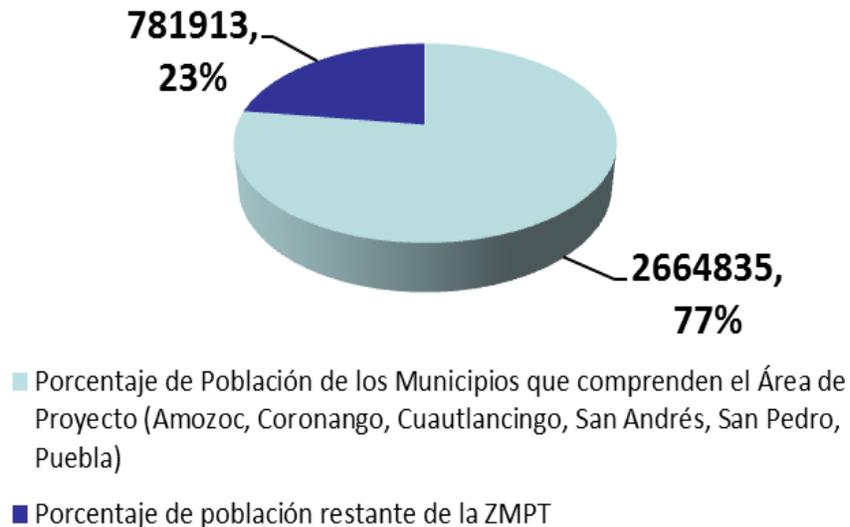
Figura 2.3: Número de Habitantes y porcentaje de población de los Municipios que conforman el área de estudio y el resto, los cuales pertenecen a la Zona Metropolitana Puebla y Tlaxcala



Fuente: INEGI, Censos y Conteos Poblacionales 2010 (resultados preliminares)

Es más, se espera que esta concentración poblacional en la ZMPT se acentúe en las próximas décadas. Con base en la tendencia del crecimiento demográfico y la superficie territorial urbana de los Municipios que conforman la ZMPT, se estima que esta albergará a 3'446,747 habitantes en el año 2041, de los cuales el 77% de la población (2'664,835 habitantes) se asentarán en el Centro Metropolitano y el restante 23%, es decir 781,913 habitantes, estarán radicando en el resto de los Municipios pertenecientes a la ZMPT.

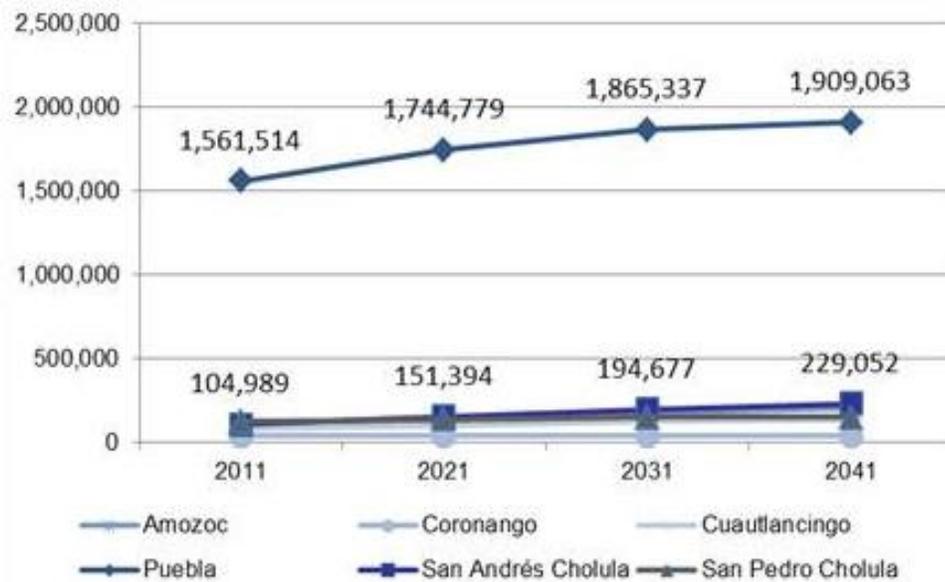
Figura 2.4: Proyección de la población del Centro Metropolitano y la ZMPT



Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO

Es importante resaltar que el municipio de Puebla seguirá siendo el área preponderante dentro del Centro Metropolitano dentro de 30 años, seguido por los Municipios por orden consecutivo: Amozoc, San Andrés Cholula, San Pedro Cholula, Cuautlancingo y Coronango.

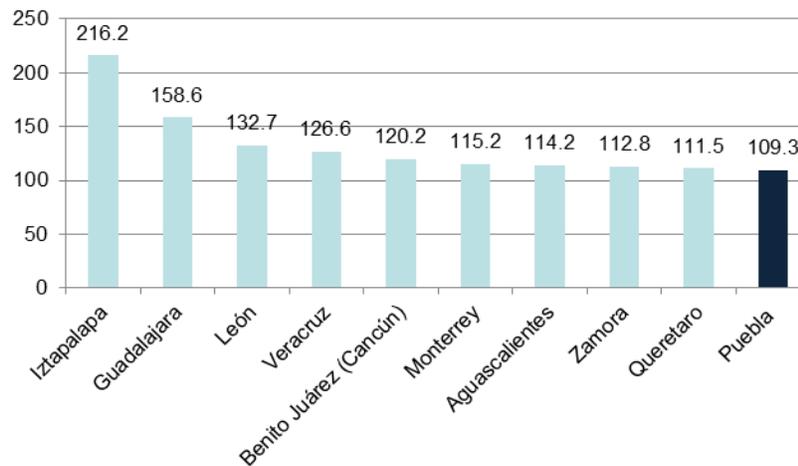
Figura 2.5: Proyección del número de habitantes del Centro Metropolitano a 30 años



Densidad poblacional

La distribución de la población en el territorio de una ciudad o municipio, esto es la densidad poblacional (hbt/ha), es un indicador determinante en el estudio de la demanda de diversos servicios públicos y la complejidad que supone atenderla eficientemente. La ZMPT es la décima concentración urbana con mayor densidad poblacional, con una densidad de 109.3 hbt/ha, únicamente antecedida por la Delegación Iztapalapa y ciudades como: Guadalajara, León, Veracruz, Cancún, Monterrey, Aguascalientes, Zamora y Querétaro.

Figura 2.6: Las 10 Ciudades más densas del país, pertenecientes a una Zona Metropolitana



Fuente: Elaboración propia, con datos del documento *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2005*. INEGI, CONAPO, SEDESOL

Para el área de estudio, el Centro Metropolitano conformado por seis Municipios -Amozoc, Coronango, Cuautlancingo, Puebla, San Andrés Cholula y San Pedro Cholula- se estableció la densidad bruta urbana a nivel AGEb, determinando la concentración de habitantes en el territorio, en el rango de 106 o más habitantes por hectárea, ubicados en la parte Norte, Oriente, Sureste y Sur del Municipio de Puebla.

Cabe resaltar que la expansión urbana a nivel metropolitano y principalmente en el área conurbada entre el Municipio de Puebla y los cinco municipios restantes, presenta un sostenido desarrollo, lo que permite suponer que la densidad urbana de estas áreas se incrementará considerablemente en los próximos 20 años.

La Densidad Media Urbana (DMU) registrada en el año 2005 para los Municipios que integran el Centro Metropolitano se muestra en la siguiente figura. Como puede observarse, el municipio de Puebla constituye el un polo de atracción para las demás ciudades circunvecinas y presenta una densidad de 109.3 hbt/ha; mientras que el resto de las ciudades registran DMU de 44 hbt/ha, en promedio, a excepción del municipio de Coronango, cuya DMU es de 19 hbt/ha, siendo el centro poblacional más disperso.

Figura 2.7: Densidad Urbana de la ZMPT y del Centro Metropolitano

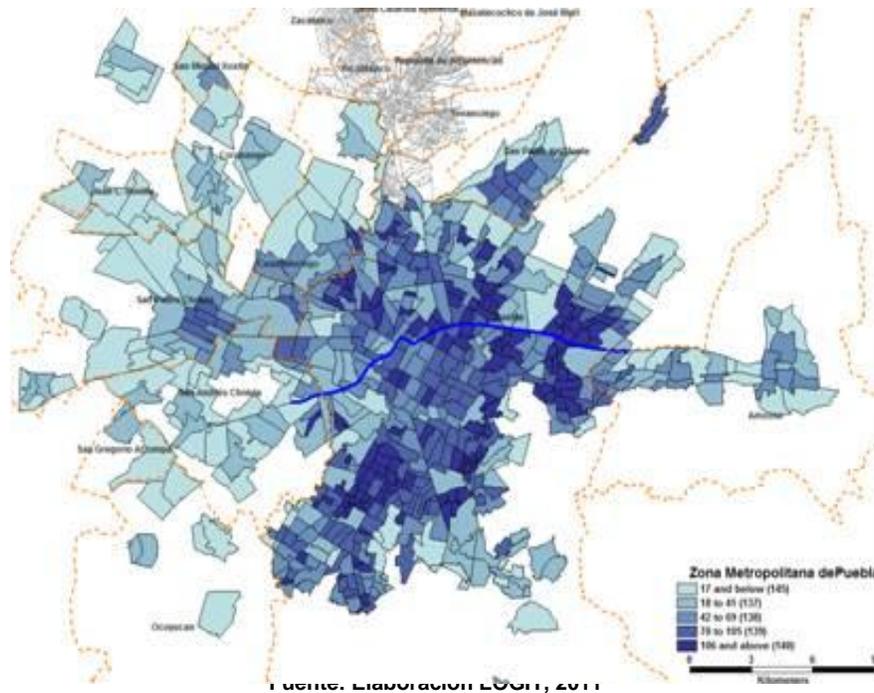
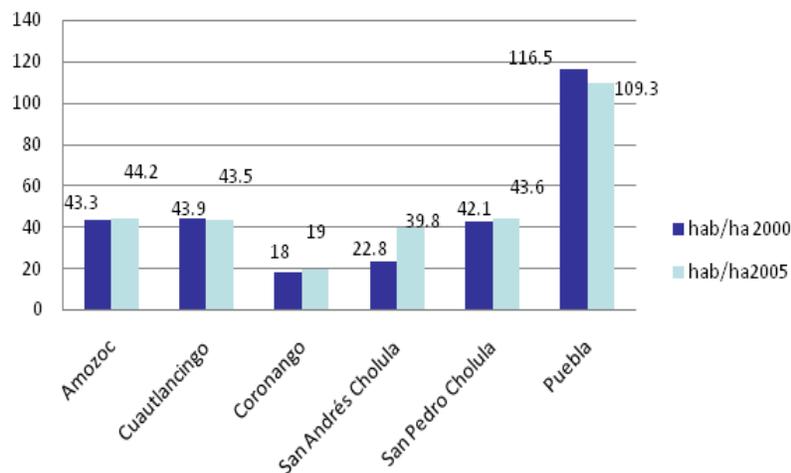


Figura 2.8: Densidad media urbana para los años 2000 y 2005 de los Municipios que conforman el Centro Metropolitano



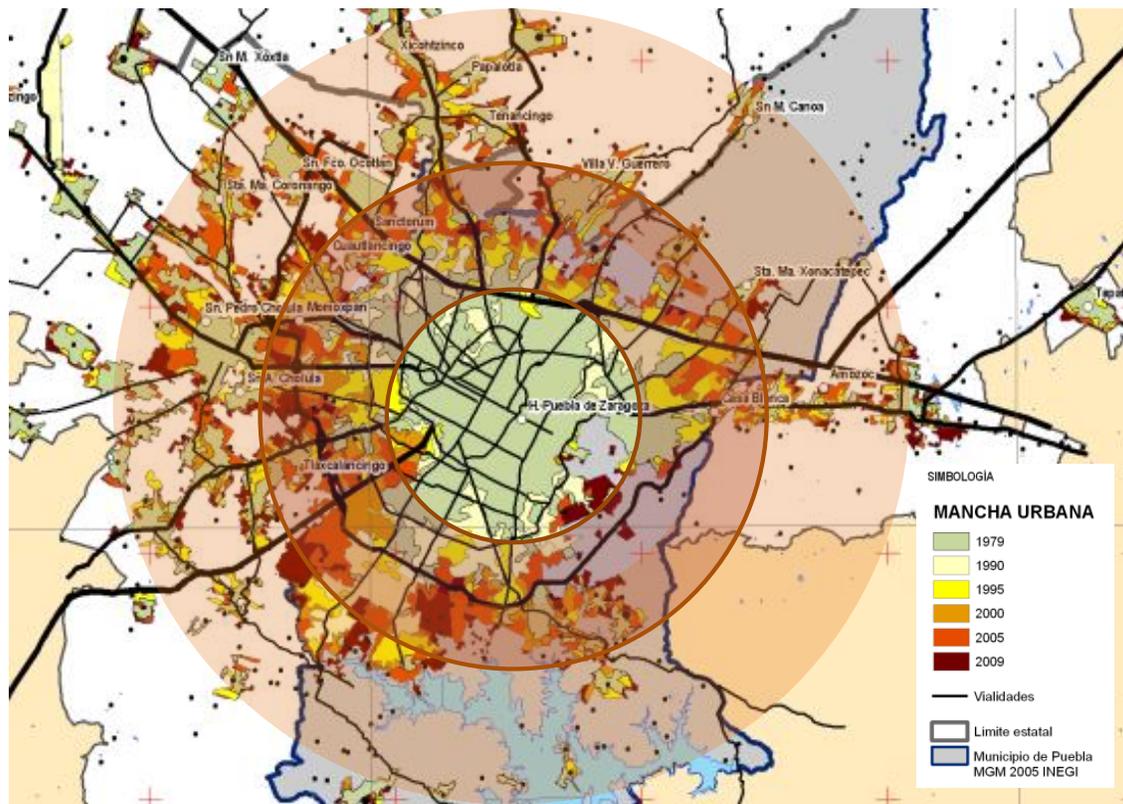
Fuente: Elaboración propia, con datos del documento Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2005. INEGI, CONAPO, SEDESOL

Tal como sucede en varias Zonas Metropolitanas, los habitantes abandonan la “ciudad central” para ubicarse en los suburbios u otras ciudades localizadas en la periferia, lugares donde se presentan importantes desarrollos habitacionales y comerciales, lo que se traduce en la dispersión del territorio urbano y la consolidación del proceso de conurbación entre la capital del Estado y los cinco Municipios que comprenden el área de estudio.

2.1.3. Problemática urbana

En este contexto, la problemática urbana se gesta como un fenómeno metropolitano en proceso de consolidación, la conurbación se manifiesta en un sostenido crecimiento urbano lineal sobre las principales vías de comunicación entre los Estados de Puebla y Tlaxcala. Como puede observarse en la siguiente figura, en tan sólo cuatro décadas, la mancha urbana se ha más que triplicado, sobre todo alrededor de las principales vialidades que conectan diversas localidades con la ciudad de Puebla.

Figura 2.9: Crecimiento histórico y ocupación metropolitana, Puebla y municipios conurbado inmediatos



Fuente: Observatorio de competitividad del Municipio de Puebla con agregados de LOGIT

El modelo de crecimiento metropolitano se manifiesta principalmente en la dispersión urbana, la configuración de las últimas acciones inmobiliarias se han localizado en los municipios periféricos de Puebla, el anillo inmediato a mediados de la década de los noventa reflejaba vacíos que en la actualidad han sido ocupados paulatinamente, en un proceso de crecimiento sin precedentes que data de 15 años anteriores; el segundo anillo refleja el crecimiento asociado a las principales vías de comunicación, al norte con los municipios del Estado de Tlaxcala y al oriente con los municipios del Estado Puebla; en tanto la conurbación se consolida y los vacíos urbanos existentes en el primer anillo estructuran el transporte ramificándolo y extendiéndose a la periferia inmediata. El segundo anillo actualmente en proceso de densificación tiene las características del anterior, toda vez que no existe un plan metropolitano que regule y controle el proceso de crecimiento, distribución y densificación del suelo.

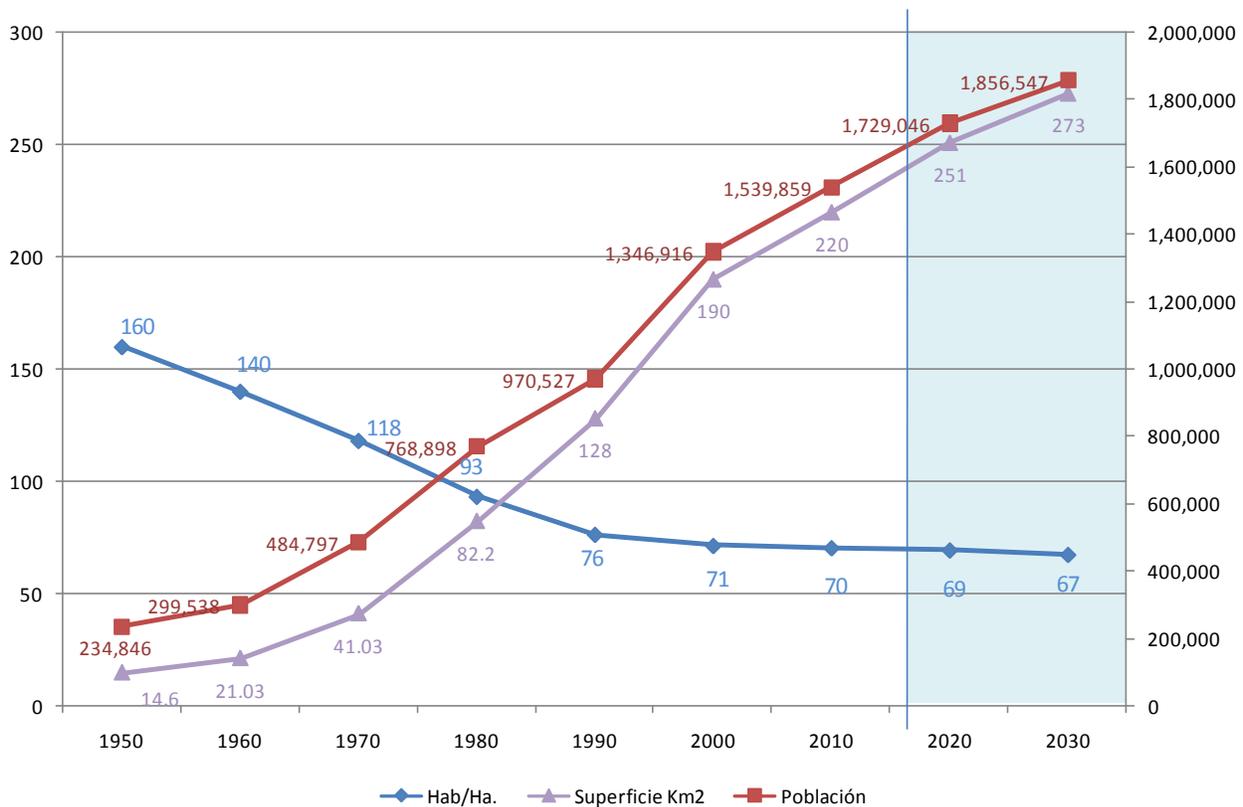
En términos generales la situación se manifiesta de la siguiente manera:

- Ausencia de un plan metropolitano;
- Planificación individualizada por municipio;
- Falta de regulación del crecimiento;
- Suelo no urbanizado más barato;
- Bajas densidades urbanas;
- Sub-utilización del espacio.

El diferencial existente entre la tasa de crecimiento demográfico y la tasa de ocupación urbana refleja la subutilización del espacio metropolitano. La gráfica posterior muestra que el consumo del espacio metropolitano (densidad poblacional) ha disminuido considerablemente, sobre todo entre la década de los 70's y la década de los 90's, al pasar de 118 a 76 hbts/ha, como consecuencia, en parte, de la construcción del Periférico Ecológico que incentivó el desarrollo de complejos habitacionales, instituciones educativas y centros comerciales en la periferia de la ciudad de Puebla y en los Municipios circunvecinos. Sin embargo, desde el año 2000, la densidad poblacional parece estabilizarse alrededor de 70 hbts/ha.

La rápida expansión de la mancha urbana sin ningún tipo de regulación integral ha conllevado a generar fuertes presiones sobre la dotación de la infraestructura urbana, lo cual aunado al incremento en los costos de construcción, del parque vehicular tanto público como privado, a mayores distancias en los recorridos de transporte, y si a esto le agregamos la dispersión del equipamiento urbano y los servicios que generan más destinos y a su vez mayores movimientos de tránsito, conjuntamente con la reducción de la jerarquía de los centros y sub-centros de servicios ya establecidos, se tienen altos costos sociales por las horas-hombre perdidas diariamente en el transporte, por mayores niveles de contaminación por la emisión de gases de efecto invernadero, el cierre de negocios y la pérdida de valor del suelo en el área central.

Figura 2.10: Relación entre el crecimiento demográfico y de la superficie urbana junto con el decremento de la densidad urbana de la ciudad de Puebla

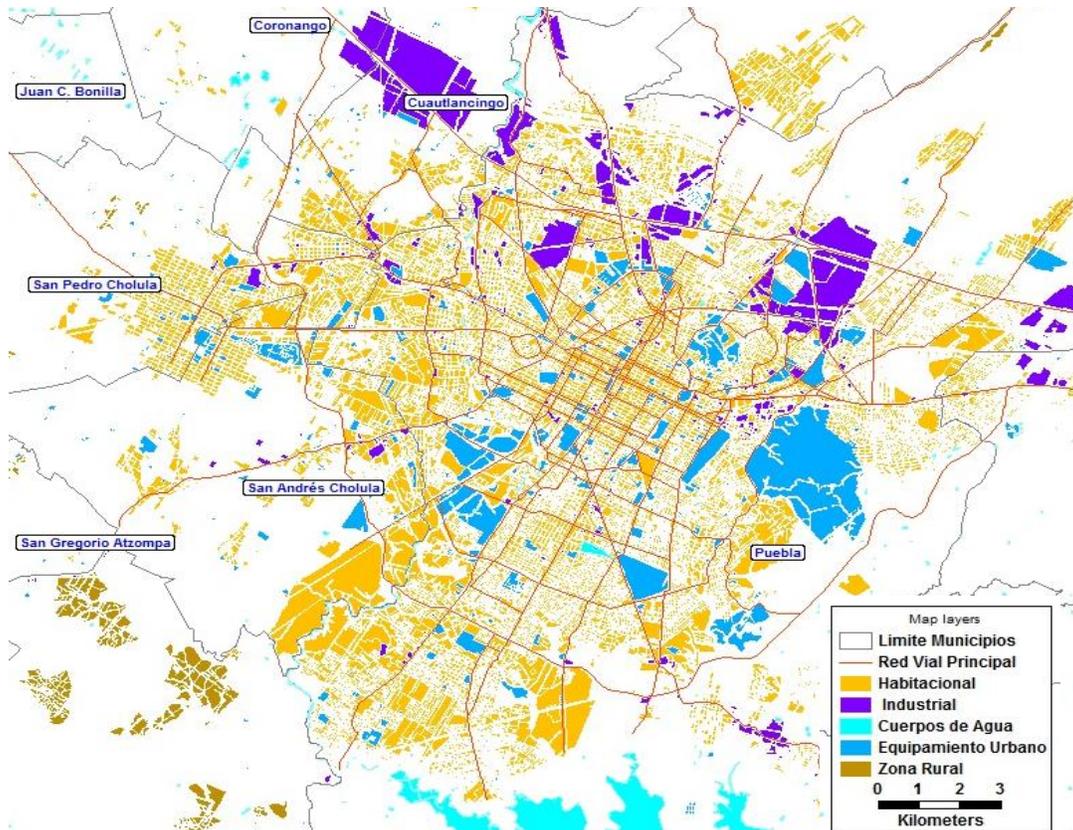


Fuente: Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Puebla; datos del INEGI, y elaboración de LOGIT

En este contexto, la menor densidad poblacional ha afectado la rentabilidad del sistema de transporte y ha redundando en incrementos tarifarios para los usuarios, debido a que:

- por un lado, un menor Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK), menos ascensos y descensos por kilómetro, ha disminuido el ingreso de las rutas de transporte colectivo,
- en tanto las mayores distancias que deben recorrer las rutas de transporte han incrementado los costos de operación de los concesionarios.

Figura 2.11: División zonal de la Ciudad de Puebla y zona conurbada

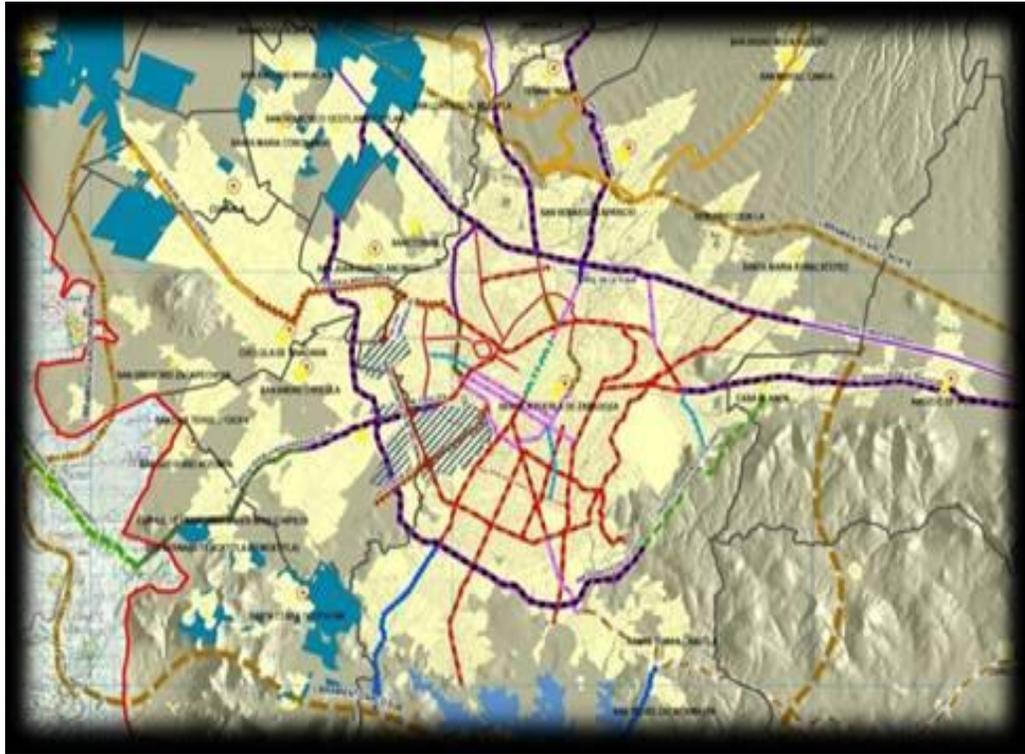


Fuente: Preliminar Plan de Desarrollo Metropolitano

Por su parte, el uso del suelo tienen características singulares que denotan la carencia de un plan asociado a la movilidad a escala metropolitana, la localización de las fuentes de empleo se ubica al norte de la ciudad de Puebla relacionada con la infraestructura, industria instalada y las vías de comunicación que interconectan a la ciudad de México y al sur de la República Mexicana. Precisamente la autopista es el elemento que estructura las zonas industriales y que articula su movilidad local; mientras que la vivienda con más alta densidad mayoritariamente se localiza al sur. Esto permite ejemplificar que la generación y recepción de viajes es consecuencia directa de la distribución del uso del suelo, empleo al norte y la residencia al sur hacen que la travesía a las principales fuentes de trabajo sea más larga y tortuosa, lo cual tiene un fuerte impacto en la productividad y la salud de la población en general.

En este aspecto, existe un estudio preliminar de la ZMPT que contempla la distribución armónica de las actividades económicas y de la población; donde se incluye, entre otras cosas, la regulación de los usos y destinos del suelo, contiene la planeación de la actividad industrial, comercial, habitacional y de servicios, crea las condiciones para un crecimiento ordenado que contempla la infraestructura de servicios, acorde al crecimiento planificado en periodos de corto, mediano y largo plazo.

Figura 2.12: Plan de Desarrollo Metropolitano (Puebla-Tlaxcala)



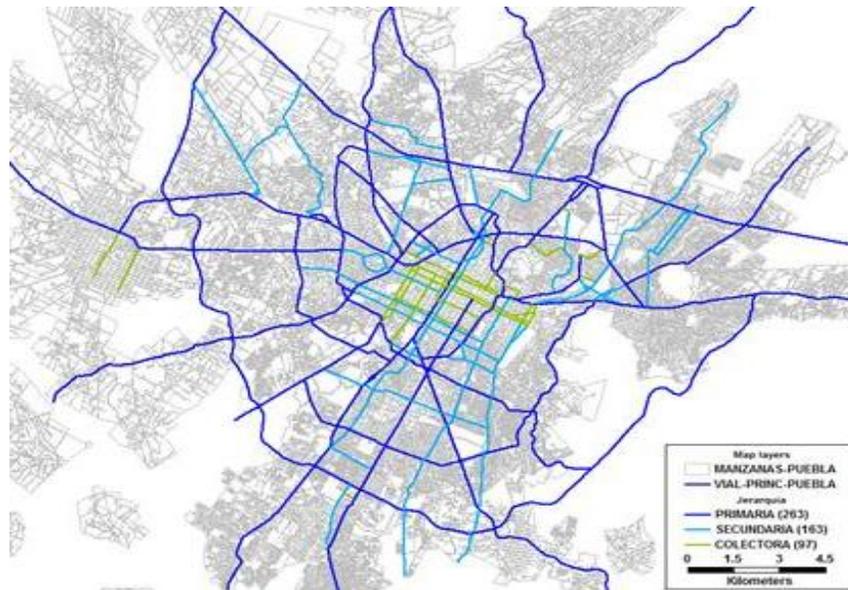
El estudio técnico y el proceso de registro del “Plan de Desarrollo Metropolitano”, marcan las pautas de crecimiento urbano consolidado con los distintos municipios que conforman el área y el desarrollo densificado, acorde a las necesidades y crecimiento propio del área metropolitana. El plan es un instrumento básico que marca las políticas que conducen a un desarrollo equilibrado.

2.1.4. Situación actual del tránsito vehicular

La red vial básica del ZMPT se integra aproximadamente con 463.40 Km en su área central, se subdivide de la siguiente manera: 309.80 km son vialidades primarias; 115.64 km son vialidades secundarias y 37.95 km son vialidades colectoras. En su mayor proporción la red primaria se ubica en el municipio de Puebla, de no ser por las carreteras con tramos de jurisdicción federal que atraviesan Municipios colindantes y el periférico, se puede decir que los Municipios colindantes al de Puebla carecen de vialidades primarias.

La red vial primaria es la que conecta a toda la zona metropolitana, está localizada en zonas urbanas y conducen el tránsito mediano (autos, transporte urbano) y largo (camiones, tráiler, etc.). Las vías radiales generalmente son la prolongación de las vías regionales y carreteras que pasan por la zona urbana, sirven de enlace a los centros urbanos con los anillos, pero también tienen acceso a las vías principales; casi siempre cuentan con dos o más carriles en ambos sentidos, algunas veces con camellón. Por estas vías circulan volúmenes de tránsito importantes, del orden de 500 a 800 vehículo/hora/carril en periodos de máxima demanda, generalmente estas vías cruzan la ciudad de un extremo al otro librando el centro por los anillos viales (circuito interior).

Figura 2.13: Jerarquía en la Red Vial Básica de la ZMPT



Fuente: Elaboración del plano base de la red vial, Programa de Movilidad de la ZMPT

Existen otras vías importantes dentro de la estructura vial de la Ciudad, pero no cuentan con las características para ser vías principales, 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 promedio es del orden de los 40 km/h y cuentan con intersecciones a nivel controladas por semáforos.

Las vías secundarias son las vialidades que acceden a lugares específicos de la Ciudad, conectadas con la Red Vial Primaria, no tiene una gran afluencia vehicular. Estas vialidades tienen algunas características como son: longitud menor a 1 km, circulación baja (menor a 40 km/h), son las vialidades por las que mayormente circula el transporte urbano.

Figura 2.14: Principales líneas de deseos mayores a 300 viajes diarios ambos sentidos tránsito general motorizado



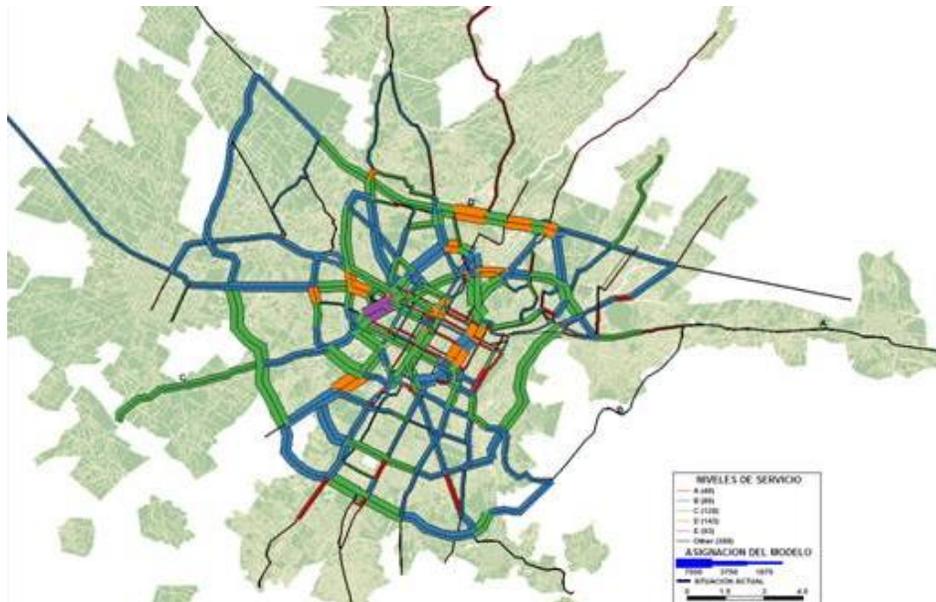
Fuente: Patrones de movilidad tránsito privado, Programa de Movilidad del Centro Metropolitano

Los patrones de movilidad del tránsito privado representados en la Figura anterior, ilustran los deseos de viajes motorizados en vehículos individuales (mayores a 3,000 viajes diarios). El comportamiento ha roto los deseos de viaje hacia el centro de alta concentración, pasando de un mono-centrismo a un poli-centralismo representado en la dispersión hacia varios destinos del Centro Metropolitano. La principal atracción se manifiesta hacia las áreas industriales al norte de la ciudad de Puebla, aunque todavía se mantienen algunos deseos hacia el centro urbano.

En este contexto, el comportamiento del tránsito vehicular en su escenario base (asignación final, situación actual–2011) en el horario pico, en ambos sentidos, en todos los modos motorizados y todos los motivos, ya presenta zonas con niveles de servicio saturados, localizados en las principales vialidades de la ciudad.

En la figura siguiente ya se presenta un panorama completo sobre qué puntos son los más conflictivos y qué vialidades necesitan un tratamiento a fondo para su adecuación y solución de congestión, con el propósito de mejorar el flujo vehicular y minimizar los tiempos de recorrido de viajes³.

Figura 2.15: Niveles de servicio de la asignación del escenario base – asignación final situación actual - 2011



Los principales puntos conflictivos son los siguientes:

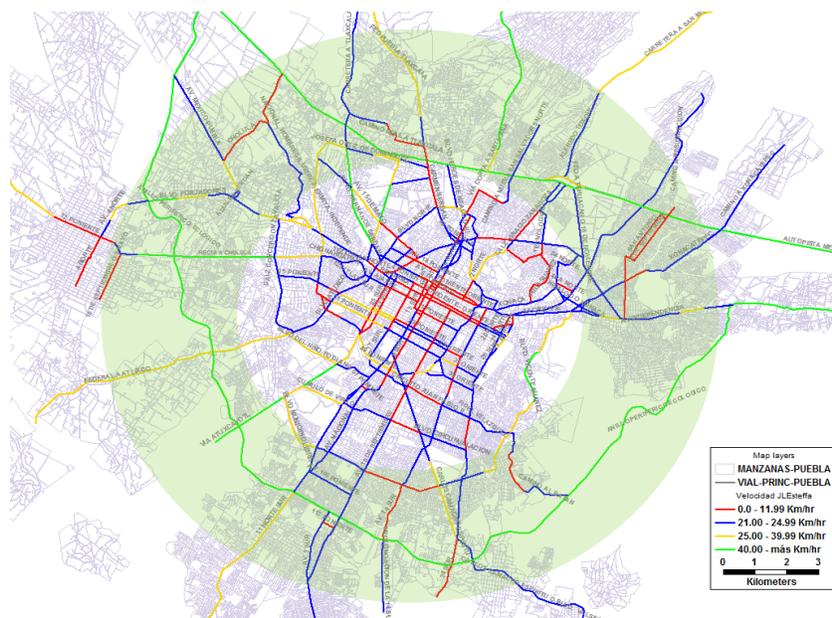
- Boulevard Atlixco entre Calles 25 y 29 Poniente (Autobuses Estrella Roja), las condiciones de este tramo se caracterizan por: vueltas izquierdas, estacionamiento en vía pública, terminal foránea obstaculizando un carril, vehículos realizando ascenso y descenso ocasionando conflicto.
- Varios tramos de la autopista. En la zona de la central de abastos, el acceso de Hermanos Serdán y otro en la zona del estadio en Av. Zaragoza. La problemática que se presenta en la autopista se deriva principalmente de que se ha convertido en un tramo urbano, por lo que es necesario la creación de un libramiento norte.
- Otros tramos complicados son el Boulevard 5 de Mayo en la zona Centro de Convenciones y la Zona donde se encuentra el Centro Escolar Niños Héroes de Chapultepec. Es necesario estructurar otras vialidades que ofrezcan una vía alterna.

³ La Calibración del modelo de Tránsito se basa en los datos reales obtenidos en campo a través de aforos de flujo vehicular, aforos direccionales en las principales intersecciones y velocidades de recorrido observadas. Estos datos se comparan con los arrojados por el modelo de simulación para su posterior calibración de las variables necesarias para la simulación (número de carriles, capacidad de la vialidad, estacionamiento, velocidad, tiempo, etc.).

- La Avenida 11 Norte–Sur en las intercepciones con la 12 y 10 Poniente, el principal conflicto se presenta con el transporte público. Otro tramo conflictivo de esta vialidad es con la 4 poniente por la misma situación.
- El conflicto que se presenta en el Boulevard Norte con la Av. Reforma, existe un punto de transferencia natural del transporte público. Otro punto con condiciones conflictivas en la zona del Mercado Hidalgo, por el alto número de concentración de rutas.
- Calzada Zavaleta las principal problemática que se presente son las condiciones de sincronía semafórica, tiempos de vueltas izquierdas.
- Sobre la vía Atlixcáyotl, con una excelente capacidad vial, presenta un cuello de botella ocasionado en el puente y la reducción de carriles del par vial de la 23 y 25 Sur, una de las prioridades es eliminar el estacionamiento Público.
- La Avenida Rosendo Márquez presenta conflictos anticipados hasta Esteban de Antuñano derivado de la falta de capacidad, así como de la falta de sincronía semafórica y adecuación vial.
- En la Avenida Diagonal Defensores de la República, el principal tramo de conflicto es con la China Poblana sobre el Boulevard Norte y en el cruce con Calzada Zaragoza, en ambos puntos son condiciones de geometría forzada.

Las velocidades de operación de las principales vialidades de la ZMP varían 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 de la periferia inmediata, la velocidad comienza a mejorar en el orden de los 21 a los 25 km/h. Las velocidades en algunas vialidades oscilan entre los 25 a 40 km/h distribuidas indistintamente, sin embargo las de mayor velocidad de operación con 40 km/h, se localizan básicamente en el periférico, autopista y recta a Cholula; básicamente en vialidades con cierto grado de confinamiento (ver plano siguiente).

Figura 2.16: Velocidades de operación de las principales vialidades de la ZMP



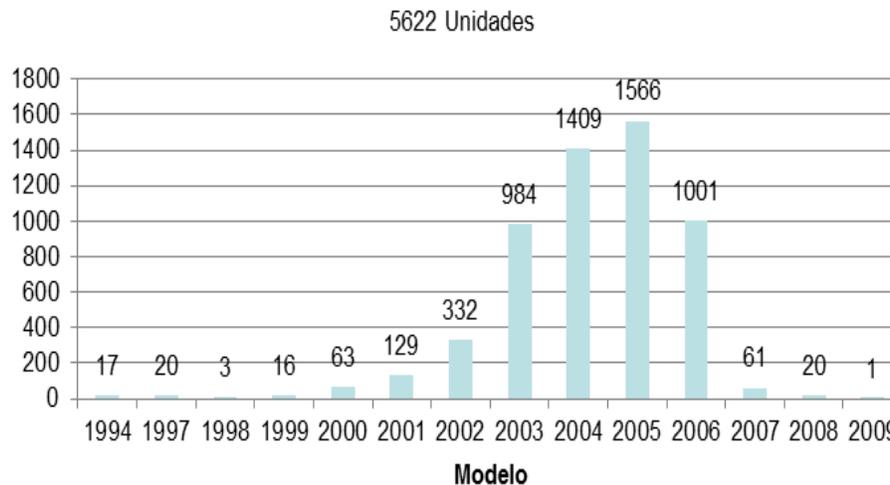
La estructura vial del ZMP está determinada por los diferentes tipos de vías que la integran, formando redes y conectándose para integrar e interrelacionar las diferentes áreas, el incremento del número de vehículos en circulación sin el correspondiente aumento en la capacidad vial, deteriora las velocidades de operación e incrementa los tiempos de recorrido, en detrimento de la operación de los servicios de transporte, lo cual

ocasiona también un considerable aumento de los costos de operación, mayor consumo de combustibles y el aumento de la contaminación atmosférica.

2.1.5. Problemática del transporte público

El sistema de transporte público de la ZMP se conforma con un parque vehicular de 5,622 unidades registradas en el año 2009. De acuerdo con este registro solamente el 1.1% de la flota sobrepasaba la antigüedad máxima permitida por Ley que es de 10 años, el 98.9% de los vehículos tiene una antigüedad menor a los 10 años.

Figura 2.17: Composición del parque vehicular de transporte público



	1994	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Unidades	17	20	3	16	63	129	332	984	1409	1566	1001	61	20	1
Porcentaje	0.3	0.4	0.1	0.3	1.1	2.3	5.9	17.5	25.1	27.9	17.8	1.1	0.4	0.0

Fuente: LOGIT

El sistema actual cubre los orígenes y destinos más solicitados por los usuarios, la dispersión y desagregación del sistema ofrecido tiene una adecuada cobertura, lo que implica que el 45% de los usuarios camina menos de 500 metros y un 23% de los usuarios que no tienen necesidad de caminar más allá de 300 metros, en tanto los usuarios que deben caminar trayectos más largos se localizan en las áreas periféricas donde la dispersión es mayor y la infraestructura de acceso es más complicada.

El sistema cumple con las necesidades de origen y destino, esto se demuestra cuando un 73% de los usuarios no tienen la necesidad de realizar ningún transbordo, y el restante 27% realiza de uno a dos transbordos para llegar a su destino.

Por otra parte, en la zona centro de la ciudad se concentran 229 rutas que generan congestionamientos continuos afectando la velocidad, misma que en promedio es de 17.54 km/h, e incrementando el tiempo de viaje de los usuarios, el cual fluctúa entre los 30 a 59 minutos (45%) y más de 60 minutos (16%).

En el centro urbano se encuentran avenidas por donde circulan un gran número de rutas con sobre posición, que se traduce en congestionamientos viales por el ascenso y descenso de usuarios, esto se observa principalmente en el perímetro marcado por la avenida 10 Poniente-Oriente, 12 Poniente-Oriente, 11 Sur-Norte y 13 Poniente-Oriente, así como en la zona de la Central de Autobuses de Puebla (CAPU).

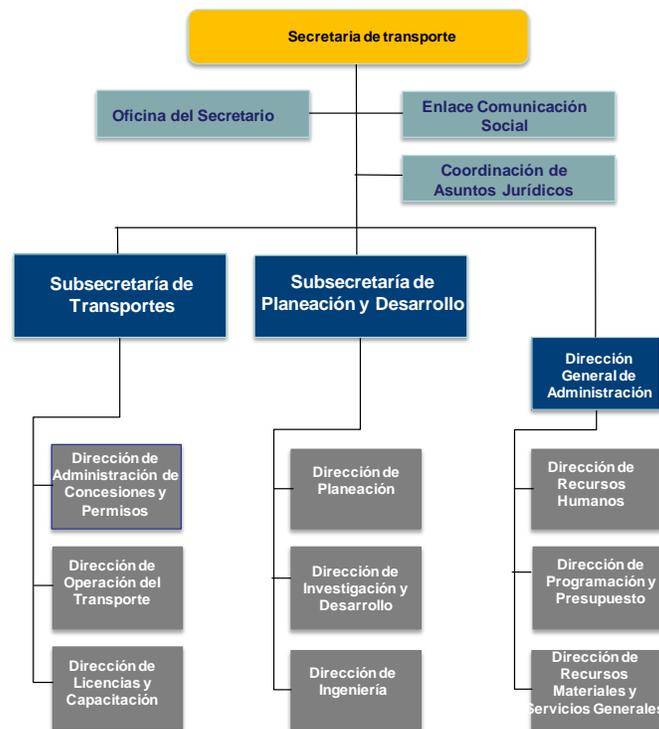
2.1.6. Organización institucional y de gestión del servicio actual

Actualmente las atribuciones de gestión del transporte están a cargo del Estado, esta responsabilidad se ejerce en el marco institucional y legal definido en las siguientes leyes: Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Puebla, la reciente Ley de Transporte para el Estado de Puebla, el Reglamento Interior de la Secretaría de Transportes del Estado. De ahí que los órganos competentes a nivel local sean:

- Secretaría de Transportes: regula el transporte público urbano, suburbano, transporte mercantil y transporte de personal.
- Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial: es la cabeza de sector encargado de la coherencia de las políticas públicas de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente.
- Secretaría de Infraestructura: conduce las políticas generales de obra pública e infraestructura de comunicaciones; estableciendo sus normas y lineamientos. Participa en los estudios de vialidad, comunicaciones y transportes en el Estado, a fin de que se cumplan las disposiciones legales relativas a obra pública.

Las tres Secretarías han sido modificadas en su estructura, de acuerdo a la publicación de la nueva Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Puebla (artículo 17 fracción VIII, IX y XVI), dando como resultado la conformación de nuevas estructuras en sus organigramas.

Figura 2.18: Organigrama de la Secretaría de Transportes



Fuente: Elaboración propia LOGIT

La explotación del servicio de transporte público de pasajeros se fundamenta bajo la forma de concesión, salvo algunas regulaciones de carácter muy general, esta forma jurídica hace recaer en el concesionario la responsabilidad de la organización de la operación del servicio y de la explotación del mismo, dependiendo su remuneración o ganancia de las tarifas cobradas a los usuarios. El carácter del servicio público del transporte bajo esta figura excluye los efectos concretos que en el desarrollo económico, social y cultural de la comunidad tiene el correcto funcionamiento del mismo, a pesar de ser un servicio sustancialmente de carácter público.

El Poder Público concesiona el servicio de transporte público de pasajeros de manera fragmentada, de acuerdo con la observación de la propia normatividad, sin especificar ni controlar la oferta. Este es precisamente uno de los puntos fundamentales del aspecto institucional del modelo del sistema de transporte de Puebla, mismo que presenta las siguientes características:

- a) Nulifica la capacidad del Estado para dirigir un servicio público esencial,
- b) Provoca la pulverización de las concesiones,
- c) Transforma su control en una imposibilidad técnica,
- d) Dificulta la formalización del transporte irregular,
- e) Hace inviable la planificación táctica y operacional,
- f) Impide la implantación de una red estructurada de transporte colectivo.

Esta cuestión necesita ser profundizada por su contenido político y social, las transformaciones de base en el modelo de explotación del servicio que son indispensables para su modernización, exigirán no sólo voluntad política, sino también mucha creatividad y elevada capacidad de negociación. Deberán ser capaces de generar nuevas oportunidades para los transportistas y lograr la adhesión de estos últimos a la propuesta.

Sin embargo, es necesario destacar las dificultades generadas por la postura "reactiva" del Poder Público para proporcionar el servicio de transporte. La iniciativa de proponer una ruta y pedir la concesión es del interesado en explotar el servicio, el Poder Público se limita a examinar, puntualmente, la viabilidad técnica de la solicitud y decidir si se otorga la concesión. Este procedimiento es incompatible con el requisito económico de proveer el servicio conforme a un enfoque agregado de la demanda, es decir, un plan de transporte.

Además de ocasionar la ineficiencia económica del servicio, esta práctica impide adoptar políticas de desarrollo de transportistas, que motiven la formación de grupos empresariales, que actúen como unidades operacionales y no solamente como dispositivo de naturaleza sindical. Por lo tanto, en el modelo vigente no se puede pensar en utilizar el amplio arsenal tecnológico disponible actualmente, modernizando y adecuando la flota vehicular; introduciendo un control operacional de la oferta y disminuyendo con todo ello, la contaminación y los accidentes.

2.1.7. Impacto económico del usuario

El usuario busca en las rutas del sistema varios aspectos fundamentales que cubran sus necesidades de viaje, entre los cuales destacan: cubrir el origen y destino de su viaje sin la necesidad de transbordos a fin de reducir su costo de términos de tiempo y dinero, transportarse con seguridad y comodidad, así como un buen trato por parte de los operadores, en fin tener un viaje confortable.

Con base en las encuestas de origen y destino que se realizaron, los viajes de las familias poblanas son por diferentes motivos: el 30% para llegar a casa, 28% al trabajo, 12% por motivos de estudio, 10% para ir de compras, 3% por motivos médicos y recreativos, y el 14% por otros motivos.

De estos viajes realizados a diferentes destinos, existe la necesidad en algunos casos de realizar transbordos, cuyos porcentajes pudieran duplicar o triplicar el gasto por tarifa están basados en los estudios realizados, los cuales demuestran que⁴: el 1% de los viajes realiza dos o más transbordos; el 26% realiza un transbordo y el 73% no realiza transbordos para llegar a su destino final. Lo que significa que en cuanto a la necesidad de origen y destino de la gran mayoría de los viajes de los usuarios, el sistema actual de transporte los lleva a su destino sin la necesidad de realizar transbordos o muy mínimos, beneficiándolos de alguna manera en su economía.

Sin embargo, la tarifa en sí representa un importante gasto en la economía de los usuarios en relación con sus ingresos. La tarifa actual en la ciudad de Puebla se clasifica por tipo de usuario y modalidad. Para el usuario existen dos tipos de tarifa: la normal y la preferencial (tercera edad y personas con capacidades diferentes); en tanto la tarifa por modalidad del vehículo se clasifica en tres categorías: autobús convencional, microbús y van. Con esta categorización, las tarifas autorizadas vigentes para usuarios normales varían con precios que van desde los \$5.50 para vehículos tipo Van y \$6.00 para los autobuses y microbuses; en tanto, la tarifa preferencial

⁴ “Encuesta de Origen Destino 2010”, LOGIT.

es de \$4.00 para la tercera edad y gratuita para las personas con capacidades diferentes, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.1: Tarifas actuales de transporte público en la ciudad de Puebla

TIPO DE USUARIO	AUTOBÚS Y MICROBÚS	VAN
Normal	\$ 6.00	\$ 5.50
Tercera Edad	\$ 4.00	\$ 4.00
Personas con Capacidades Diferentes	\$ 0.00	\$ 0.00

Fuente: Tarifas oficiales, Secretaría de Transportes

El costo del transporte se ve reflejada en el gasto familiar, si se consideran los siguientes parámetros; el promedio de habitantes por vivienda (4.18); habitantes que viajan (3); viajes por persona (1.7 vpd); tarifa normal de dos personas (\$6.00), y una persona con tarifa preferencia (\$4.00). Con estos indicadores y con los supuestos ponderados, el costo promedio diario de transportación de una familia equivaldría a \$ 27.03, comparado con el salario mínimo de \$56.70 (área geográfica "C"), con dos personas laborando, los ingresos serían de \$ 113.40, siendo el 24% el costo para transportarse del total de los ingresos familiares. Lo que representa el transporte un alto porcentaje en el gasto familiar, véase la siguiente tabla.

Tabla 2.2: Impacto del costo de transportación familiar

Promedio habitantes por vivienda (4.18) (3 viajan)	3
Promedio de viajes por persona (v/p/d)	1.7
Promedio tarifa normal y preferencial (ponderada)	\$ 5.3
Costo familiar para transportarse	\$ 27.03
Salario mínimo 2 personas (\$56.70)	\$ 113.40

Fuente: LOGIT

2.2. Descripción de la situación actual optimizada

Una alternativa de optimización del transporte, sin inversión adicional, esto es considerando solamente la infraestructura instalada, se puede contemplar desde dos ópticas distintas: acciones que se han venido desarrollando y programas para implementarse:

- a) Acciones que se han venido realizado desde el sexenio anterior, como parte de la estrategia de mejoramiento del transporte y programa de modernización.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en el sexenio pasado, con base en un proceso continuo, fomentó la eficiencia en la operación de las rutas existentes, creando empresas de transporte y el uso de tecnología, con la finalidad de dar continuidad a los proyectos de modernización del transporte con el propósito de elevar la calidad para los usuarios, la estrategia considera:

- **Capacitación, profesionalización y vinculación académica.**
Diplomado en Transporte Público y Conformación de Empresas de Transporte. Con la finalidad de continuar la profesionalización para los representantes de rutas y agrupaciones dentro del Sistema de Transporte Público, se inició la capacitación en su 2ª y 3ª generación del Diplomado en Transporte Público Urbano y Conformación de Empresas de Transporte. En total se capacitó a un grupo de 47 delegados de rutas de transporte, que representan a un promedio de 2,150 concesionarios del transporte público. La vinculación académica de este diplomado impartido por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) permitió la continuidad del programa de capacitación, el cual contribuye a la comprensión de los elementos operacionales tendientes a la asociación de los concesionarios en empresas.

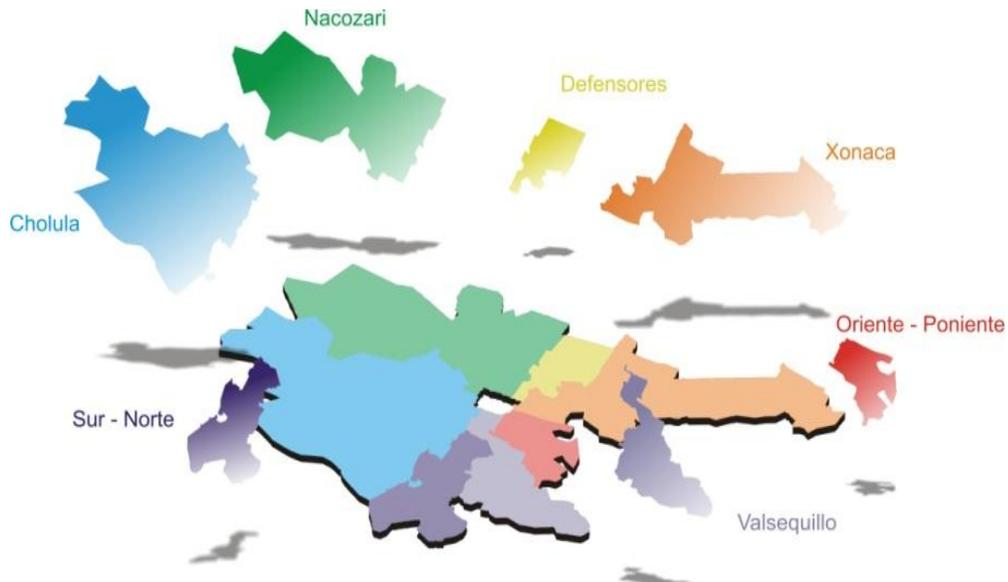
- **Desarrollo Tecnológico y Nuevos Modelos de Movilidad.**

Sistema de Transporte Bicentenario: Como parte de la modernización del Sistema de Transporte Público se implementaron las líneas A y B del “Sistema de Transporte Bicentenario” para la Ciudad de Puebla y zona metropolitana, las cuales cuentan con unidades modernas de alta capacidad y sistema de localización GPS y GPRS, tendientes a satisfacer nuevas necesidades de movilidad de los usuarios, en forma económica, continua y segura. Estos concesionarios se constituyeron en empresas que hoy integran este sistema, como producto del Diplomado en Transporte Público promovido por esta dependencia e impartido por la BUAP. Este servicio incorpora importantes destinos por rutas nuevas sin necesidad de transbordos, permitiendo un ahorro de hasta 40 minutos.

- **Sistema de regiones y cuencas de transporte público.**

Programa de Supervisión, Actualización, Certificación y Canje Físico de Placas: para mejor control, gestión y supervisión del sistema de transporte, el registro del parque vehicular está dividido de acuerdo a su zona y/o región de servicio. Para el caso específico de Puebla y su Zona Metropolitana, el sistema de transporte se encuentra dividido en 7 cuencas de servicio, que resultan ser las cuencas de mayor demanda (Estudio de transporte elaborado en 1994). Las rutas están agrupadas según su cobertura en siete cuencas, que se mencionan a continuación, junto con su número de agrupaciones que la conforman y el total de rutas que derivan de ellas:

Figura 2.19: Cuencas de demanda de la zona metropolitana de la ciudad de Puebla



Fuente: Secretaría de Transportes del Estado de Puebla

▪ Cuenca Xonaca:	30 agrupaciones	48 rutas
▪ Cuenca 11 Oriente-Poniente:	11 agrupaciones	13 rutas
▪ Cuenca 11 Sur:	23 agrupaciones	46 rutas
▪ Cuenca Cholula:	33 agrupaciones	73 rutas
▪ Cuenca Defensores:	15 agrupaciones	27 rutas
▪ Cuenca Nacoziari:	22 agrupaciones	35 rutas
▪ Cuenca Valsequillo:	19 agrupaciones	32 rutas

Figura 2.20: Emplacamiento por cuenca de demanda de la zona metropolitana de la ciudad de Puebla



Una de las finalidades de la sectorización por cuencas fue la de contar con un sistema de identificación específico para la región, tipo y modalidad del servicio que se presta, el concepto no permite los cambios de modalidad y zona de las concesiones donde se presta el servicio, identifica el tipo de servicio, facilita la supervisión por parte de la Secretaría de Transportes y la identificación entre concesionarios que integran cada ruta de transporte.

- Adecuación institucional:** Otra vertiente tiene que ver con las acciones al marco institucional, específicamente con la adecuación de la anterior Secretaría de Comunicaciones y Transportes hacia la nueva estructura de la Secretaría de Transportes, la cual cumple con atender exclusivamente la problemática de transporte excluyendo la parte de comunicaciones como era tradicionalmente. La actual Secretaría de Transportes pretende llevar a cabo acciones de mejoramiento, cambios en los ordenamientos actuales y del modelo de concesión.

Los programas y acciones descritos conforman diferentes acciones que en caso de no llevarse a cabo el corredor planteado posteriormente, permitirán hacer más productiva la prestación mediante la capacitación, profesionalización, eficiencia en la operación, control, seguimiento en la gestión y supervisión del servicio.

- Acciones programadas para implementarse por la Secretaría de Transportes – ST referidas a la optimización de la operación de las rutas que integran el sistema de transporte.

La estrategia se fundamenta en racionalizar la operación actual con la optimización de los servicios, dimensionamiento real, frecuencias más estructuradas, ubicación de paradas físicas para la realización de ascenso y descenso en puntos específicos de la red actual de transporte y estructuración de las rutas que actualmente prestan el servicio. Estas acciones tienen dos direcciones:

- Conformación de unidades operacionales factibles.**

Agregación, Fusión, y Diametralización de rutas: La agregación constituye una opción para los concesionarios de conformar unidades operacionales mayores mediante la incorporación de rutas que conforman orígenes y destinos compatibles entre dos o más rutas; en tanto la “fusión” consiste en la agregación de dos rutas con el mismo origen y destino, con un recorrido paralelo pero con bifurcaciones en la periferia; mientras que la diametralización es la unión de dos o más rutas para convertirse en un recorrido más largo que obedece a los deseos de viaje de los usuarios. Existen casos en que se pueden dar los dos elementos (diametralización y fusión). Estas opciones han sido retomadas en el “Programa

de Movilidad del área Metropolitana de la Ciudad de Puebla”, como un elemento que debe continuar con tendencia a la conformación de los demás corredores.

- **Mejoramiento de las condiciones de velocidad operacional y eficiencia en los costos de operación.** *Dimensionamiento de rutas, planeación operacional y ubicación específica de paraderos.*

Mejoramiento de las condiciones de velocidad operacional

El incremento del número de vehículos en circulación sin el correspondiente aumento en la capacidad vial del Área Metropolitana de la ciudad de Puebla, ha deteriorado las velocidades de operación e incremento en los tiempos de recorrido, en detrimento de la operación de los servicios de transporte. Para mejorar las velocidades de operación del transporte público se proponen las siguientes medidas:

- Sincronización de semáforos.
- Definición de puntos de ascenso y descenso.
- Adecuación en las frecuencias operacionales.
- y Sistema de cobro a bordo.

Estas medidas involucran tanto la acción de la autoridad gubernamental competente como a todos los concesionarios del transporte público. Considerando éstas medidas de optimización, se puede mejorar la velocidad de operación del transporte público de 18 km/h a 19 km, pues el nivel de congestionamiento, sobre todo en las horas pico, ha reducido considerablemente la velocidad de operación vehicular.

Tomando en cuenta esta mejora en la velocidad de operación, el tiempo de viaje de los usuarios del transporte público de la Zona en estudio puede reducirse hasta en 5 minutos promedio al día, dicho ahorro en tiempo de viaje resulta de comparar el tiempo de viaje expresado en minutos de la situación sin proyecto y la situación sin proyecto optimizado, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 2.3: Costo del tiempo anual monetizado para la situación sin proyecto

RUTAS	SITUACIÓN SIN PROYECTO			
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA	HRS TOTALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	33	43,638	24,001	\$170,855,559 ^{1/}
ALIMENTADORAS	24	50,110	20,044	\$142,686,922
TRANSVERSALES	33	14,010	7,706	\$54,856,587
TOTAL	29*	107,758	51,751	\$368,399,068

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla

*Promedio ponderado por demanda expresado en minutos

1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 2.4: Ahorro en tiempo anual monetizado (situación actual vs situación optimizada)

RUTAS	SITUACIÓN OPTIMIZADA			
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA	HRS TOTALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	23	43,638	16,728	\$119,081,363 ^{1/}
ALIMENTADORA	23	50,110	19,209	\$136,742,820
TRANSVERSALES	32	14,010	7,472	\$53,190,814
TOTAL	24*	107,758	43,409	\$309,014,997
			AHORRO	\$59,384,071

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla

*Promedio ponderado por demanda expresado en minutos

1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Ello es resultado de que la optimización que puede lograrse en las velocidades de operación del sistema de transporte público actual es mínima; pues aun cuando se reduzca la flota vehicular del sistema actual de transporte público, se establezcan paradas fijas y se ejecuten las acciones antes mencionadas, el transporte público seguirá conviviendo con los otros modos de transporte motorizados, cuya tendencia en el tiempo es a la alza, lo que aumentará el congestionamiento y reducirá aún más la velocidad de operación del transporte público; y por ende, aumentará el tiempo de viaje, conforme pase el tiempo.

Tabla 2.5: Ahorro en tiempo anual monetizado, comparativa entre los costos del tiempo anual monetizado (situación sin proyecto y sin proyecto optimizado)

AÑO	SITUACIÓN ACTUAL			SITUACIÓN OPTIMIZADA		AHORRO ACTUAL vs. OPTIMIZADA
	DEMANDA ANUAL	TIEMPO RECORRIDO (HORAS)	COSTO TIEMPO ANUAL	TIEMPO RECORRIDO (HORAS)	COSTO TIEMPO ANUAL	
0	107,758	51,751	\$368,399,068	43,409	\$309,014,997	\$59,384,071
1	109,320	52,174	\$371,411,912	44,675	\$318,030,197	\$53,381,715
2	110,895	52,926	\$376,760,244	45,319	\$322,609,832	\$54,150,412
3	112,480	53,682	\$382,147,916	45,967	\$327,223,152	\$54,924,763
4	114,078	54,445	\$387,574,416	46,620	\$331,869,721	\$55,704,695
5	115,686	55,212	\$393,039,215	47,277	\$336,549,084	\$56,490,131
6	117,306	55,985	\$398,541,764	47,939	\$341,260,771	\$57,280,993
7	118,936	56,764	\$404,081,495	48,605	\$346,004,296	\$58,077,199
8	120,578	57,547	\$409,657,819	49,276	\$350,779,155	\$58,878,664
9	122,229	58,335	\$415,270,131	49,951	\$355,584,830	\$59,685,302
10	123,892	59,129	\$420,917,805	50,630	\$360,420,784	\$60,497,022
11	125,564	59,927	\$426,600,196	51,314	\$365,286,464	\$61,313,731
12	127,247	60,730	\$432,316,638	52,001	\$370,181,303	\$62,135,335
13	128,939	61,538	\$438,066,450	52,693	\$375,104,714	\$62,961,735
14	130,641	62,350	\$443,848,927	53,389	\$380,056,096	\$63,792,830
15	132,353	63,167	\$449,663,348	54,088	\$385,034,831	\$64,628,516
16	134,073	63,988	\$455,508,971	54,791	\$390,040,284	\$65,468,687
17	135,803	64,813	\$461,385,037	55,498	\$395,071,804	\$66,313,233
18	137,541	65,643	\$467,290,765	56,208	\$400,128,723	\$67,162,043
19	139,288	66,477	\$473,225,358	56,922	\$405,210,357	\$68,015,001
20	141,043	67,314	\$479,187,998	57,639	\$410,316,008	\$68,871,990
21	142,806	68,156	\$485,177,848	58,360	\$415,444,958	\$69,732,889
22	144,577	69,001	\$491,194,053	59,083	\$420,596,476	\$70,597,577
23	146,355	69,849	\$497,235,740	59,810	\$425,769,812	\$71,465,927
24	148,141	70,702	\$503,302,016	60,540	\$430,964,204	\$72,337,812
25	149,933	71,557	\$509,391,970	61,272	\$436,178,871	\$73,213,099
26	151,732	72,416	\$515,504,674	62,008	\$441,413,017	\$74,091,656
27	153,538	73,277	\$521,639,179	62,746	\$446,665,832	\$74,973,347
28	155,350	74,142	\$527,794,522	63,486	\$451,936,489	\$75,858,033
29	157,167	75,010	\$533,969,718	64,229	\$457,224,146	\$76,745,572
30	158,990	75,880	\$540,163,766	64,974	\$462,527,946	\$77,635,820

Fuente: LOGIT

Otra de las razones es que la longitud que recorren las flotas en el sistema actual y en el optimizado es relativamente largo, lo que provoca una mayor distancia de recorrido de los usuarios para llegar a su lugar de destino, generando un consumo mayor de tiempo de viaje.

En el horizonte de evaluación el ahorro en tiempo de viaje monetizado tiende a incrementarse, aunque marginalmente, por el aumento en la demanda por viajes, segunda columna de la tabla anterior (demanda anual).

Eficiencia en los Costos de Operación

La acción es con base a la forma tradicional de prestación del servicio, tomando en cuenta que actualmente los concesionarios trabajan con un 10% menos de los vehículos concesionados (así lo manifiestan los estudios de campo con observación directa de los vehículos en operación), para esto, será necesaria la regulación de los mismos, aunado a las formas de optimización de los costos de operación. El propósito real es optimizar los costos por kilómetro a través de medidas específicas en la operación diaria, minimizando los costos variables, reduciendo directamente el kilometraje de operación, al disminuir las frecuencias en horas valle, dando mantenimiento preventivo, controlando las paradas, aceleración y frenado, haciendo que el consumo en combustible, balatas y discos sean menores. Con estas medidas de eficiencia se pueden reducir costos de operación entre un 5 y 10%. Se estima que los costos de operación actuales (ponderados) oscilan alrededor de

\$15.25 por kilómetro, con el mejoramiento de las condiciones de operación en una situación optimizada estarían alrededor de los \$ 14.13⁵, como se muestra en las siguiente tablas.

Tabla 2.6: Costo anual total por operación vehicular para la situación sin proyecto

SIN PROYECTO			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
37,485	\$15.25	\$571,646	\$185,213,304

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 2.7: Ahorro en costos de operación vehicular (situación sin proyecto vs. situación optimizada)

SITUACIÓN OPTIMIZADA			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
36,543	\$14.13	\$516,352	\$167,298,239
AHORRO			\$17,915,065

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

El ahorro en términos monetarios derivado de la mejora en la operación del sistema de transporte actual es resultado de la diferencia entre el costo de operación anual del sistema sin proyecto y el costo de operación del sistema actual optimizado.

Tabla 2.8: Ahorro en costos de operación durante el horizonte de evaluación

AÑO	SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN OPTIMIZADA				AHORRO ACTUAL vs. OPTIMIZADA
	No. DE AUTOBUSES	KM ANUALES RECORRIDO	COSTO POR KM	COSTO OPERATIVO ANUAL	No. DE AUTOBUSES	KM ANUALES RECORRIDOS	COSTO POR KM	COSTO OPERATIVO ANUAL	
0	746	12,145,027	\$15.25	\$ 185,215,352	746	11,839,811	\$14.13	\$ 167,254,623	17,960,729
1	757	12,321,130	\$15.25	\$ 187,900,975	749	12,011,488	\$14.13	\$ 169,679,815	18,221,160
2	768	12,498,554	\$15.25	\$ 190,606,749	760	12,184,454	\$14.13	\$ 172,123,204	18,483,544
3	779	12,677,283	\$15.25	\$ 193,332,425	771	12,358,692	\$14.13	\$ 174,584,566	18,747,859
4	790	12,857,301	\$15.25	\$ 196,077,746	782	12,534,185	\$14.13	\$ 177,063,667	19,014,079
5	801	13,038,589	\$15.25	\$ 198,842,442	793	12,710,917	\$14.13	\$ 179,560,265	19,282,177
6	812	13,221,129	\$15.25	\$ 201,626,236	804	12,888,870	\$14.13	\$ 182,074,108	19,552,128
7	823	13,404,903	\$15.25	\$ 204,428,841	815	13,068,025	\$14.13	\$ 184,604,939	19,823,902
8	835	13,589,890	\$15.25	\$ 207,249,959	826	13,248,364	\$14.13	\$ 187,152,487	20,097,472
9	846	13,776,072	\$15.25	\$ 210,089,283	838	13,429,866	\$14.13	\$ 189,716,476	20,372,807
10	858	13,963,426	\$15.25	\$ 212,946,498	849	13,612,513	\$14.13	\$ 192,296,620	20,649,878
11	869	14,151,933	\$15.25	\$ 215,821,275	861	13,796,281	\$14.13	\$ 194,892,624	20,928,651
12	881	14,341,569	\$15.25	\$ 218,713,280	872	13,981,152	\$14.13	\$ 197,504,185	21,209,095
13	893	14,532,311	\$15.25	\$ 221,622,167	884	14,167,101	\$14.13	\$ 200,130,991	21,491,176
14	904	14,724,138	\$15.25	\$ 224,547,580	895	14,354,107	\$14.13	\$ 202,772,720	21,774,859
15	916	14,917,024	\$15.25	\$ 227,489,153	907	14,542,146	\$14.13	\$ 205,429,043	22,060,110
16	928	15,110,945	\$15.25	\$ 230,446,512	919	14,731,193	\$14.13	\$ 208,099,620	22,346,892
17	940	15,305,877	\$15.25	\$ 233,419,272	931	14,921,226	\$14.13	\$ 210,784,105	22,635,166
18	952	15,501,792	\$15.25	\$ 236,407,039	943	15,112,217	\$14.13	\$ 213,482,142	22,924,897
19	964	15,698,665	\$15.25	\$ 239,409,408	955	15,304,143	\$14.13	\$ 216,193,365	23,216,043
20	976	15,896,468	\$15.25	\$ 242,425,966	967	15,496,975	\$14.13	\$ 218,917,402	23,508,565
21	989	16,095,174	\$15.25	\$ 245,456,291	979	15,690,687	\$14.13	\$ 221,653,869	23,802,422
22	1,001	16,294,754	\$15.25	\$ 248,499,949	991	15,885,252	\$14.13	\$ 224,402,377	24,097,572
23	1,013	16,495,179	\$15.25	\$ 251,556,498	1,003	16,080,640	\$14.13	\$ 227,162,526	24,393,972
24	1,026	16,696,420	\$15.25	\$ 254,625,488	1,015	16,276,824	\$14.13	\$ 229,933,909	24,691,579

⁵ En esta parte del documento solo se mencionan las medidas de optimización de forma enunciativa y desde un punto de vista de todo el sistema. Las medidas de optimización del proyecto propuesto se mencionan adelante desde el punto de vista de la cobertura operacional y espacial del proyecto referido al corredor elegido.

25	1,038	16,898,447	\$15.25	\$ 257,706,456	1,028	16,473,774	\$14.13	\$ 232,716,109	24,990,347
26	1,050	17,101,228	\$15.25	\$ 260,798,934	1,040	16,671,459	\$14.13	\$ 235,508,703	25,290,231
27	1,063	17,304,733	\$15.25	\$ 263,902,441	1,052	16,869,849	\$14.13	\$ 238,311,256	25,591,185
28	1,075	17,508,929	\$15.25	\$ 267,016,490	1,065	17,068,913	\$14.13	\$ 241,123,329	25,893,161
29	1,088	17,713,783	\$15.25	\$ 270,140,583	1,077	17,268,620	\$14.13	\$ 243,944,472	26,196,111
30	1,101	17,919,263	\$15.25	\$ 273,274,213	1,090	17,468,936	\$14.13	\$ 246,774,228	26,499,985
TOTAL				\$ 7,071,595,499				\$ 6,385,847,748	685747751.6

Fuente: LOGIT

Como puede observarse en el gráfico anterior, el costo operativo anual en ambos casos (situación sin proyecto y optimizada) aumenta con el tiempo, debido al crecimiento de la flota vehicular, que en última instancia responde al incremento en la demanda por viajes (ver columna de número de autobuses de la tabla anterior).

La estrategia de optimización, se fundamenta en racionalizar la operación actual de los servicios, con base en el dimensionamiento real, frecuencias más estructuradas, ubicación de paradas físicas para los ascensos y descensos en puntos específicos de la red actual de transporte y estructuración de las rutas que actualmente prestan el servicio, estas consideraciones fueron integradas en su totalidad en la situación Optimizada.

Sin embargo existen acciones que comprenden ámbitos diferentes de aplicación, a nivel macro o a nivel de cobertura del corredor, estas dos direcciones son:

- **Conformación de unidades operacionales factibles.** *Agregación, Fusión, y Diametralización de rutas:* La *agregación* constituye una opción para los concesionarios de conformar unidades operacionales organizadas, mediante la incorporación de rutas que conforman orígenes y destinos compatibles entre dos o más organizaciones; en tanto la *“fusión”* consiste en la agregación de dos rutas con el mismo origen y destino, con un recorrido paralelo pero con bifurcaciones en la periferia; mientras que la *diametralización* es la unión de dos o más rutas para convertirse en un recorrido más largo que obedece a los deseos de viaje de los usuarios. Existen casos que se han dado en dos elementos (*diametralización* y *fusión*). Estas opciones han sido retomadas en el “Programa de Movilidad del área Metropolitana de la Ciudad de Puebla”, como un elemento que debe continuar con tendencia a la conformación de los demás corredores.

Sin embargo este es un concepto que no puede ser integrado de forma parcial sobre el proyecto del primer corredor para ser cuantificado, ya que implica un proceso de reestructuración total, por tanto se concibe como un macro proyecto operacionalmente más complejo y de largo plazo. La respuesta por parte de los concesionarios ha sido lenta sin embargo se ha logrado la agrupación de grupos operacionales que tienden a formar empresas.

En el “Programa de Movilidad del área Metropolitana de la Ciudad de Puebla”, así como el “Estudio de factibilidad técnica económica y financiera del primer corredor del área metropolitana de la ciudad de Puebla” 2011, contemplan este modelo como un concepto inicial que paulatinamente conformará un sistema Integral Tronco Alimentador, se propone la integración del sistema convencional actual, en 6 Corredores Principales y 8 ejes troncales complementarios a los corredores principales, conjuntamente con la existencia de la red alimentadora.

Se estima que la demanda movida en las cuencas de estos 6 corredores es de 1,125,984 viajes diarios en transporte público, conjuntamente con los 8 ejes de complementarios se moverá una demanda de 497,260 viajes diarios, para sumar alrededor de 1,623,244 viajes/diarios, de un total general en el área metropolitana de 1,887,751 viajes/diarios. Con esta propuesta se pretende minimizar las transferencias para los usuarios del sistema. Paralelamente en el estudio de movilidad actual, se propone un proceso de reestructuración de 284 rutas de las que actualmente se observaron, se plantea una reestructuración a 210 rutas que implica una reducción considerable de unidades.

Por su parte la situación optimizada desde en un punto de vista normativo se fundamenta en las acciones que la secretaria ha venido realizando para lograr el adecuado funcionamiento de los diversos modos de transporte e implementar nuevas modalidades.

Algunas de las acciones propuestas y en realización son:

- Junto con las Autoridades Municipales, el Gobierno del Estado participa en la implementación del Reglamento Único de Tránsito para la Zona Metropolitana de Puebla el cual homogeniza el tabulador de infracciones y sanciones, dando certeza a la ciudadanía y reforzando el cumplimiento de la ley. Este Reglamento Único, establece las disposiciones jurídicas administrativas para el carril exclusivo para el transporte público y la respectiva sanción en caso de incumplimiento de los particulares.
- En Junio de 2011 se declara la conclusión del Programa de Supervisión y Actualización Administrativa de Documentos y Revista Vehicular 2006-2008 (SUCA), esto es el Programa de Reemplacamiento iniciado en 2006. Este programa consistió en la revisión de la documentación de los concesionarios, la revisión física de las unidades y la elaboración de un padrón de concesionarios, el cual es público. A pesar de los logros alcanzados, el cierre del Programa SUCA 2006-2008 permitirá realizar un nuevo Programa de Reemplacamiento, que adopte mayores candados de seguridad a los documentos emitidos por la Secretaría de Transportes y la actualización del padrón concesionarios.
- A fin de introducir e impulsar un nuevo sistema de transporte, la actual Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado faculta al Titular de la Secretaría de Transportes a implementar nuevas modalidades. Esto se ha instrumentado a través de la emisión en abril de 2011, de los Acuerdos que establecen: "El Sistema de Transporte Público Masivo, denominado Corredor de Transportes Público de Pasajeros de la Zona Metropolitana de Puebla" y "El Establecimiento del Primer Corredor Troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla".
- Aunado a lo anterior se están realizando las mesas de trabajo con los transportistas a efecto de llevar a cabo las reformas legales necesarias a la Ley del Transporte y su Reglamento para una óptima prestación del servicio. Una vez logrados los acuerdos, se presentará ante el H. Congreso del Estado.

SIN PROYECTO				
	KM AUTOBÚS	IPK	PAX POR AUTOBÚS	VEHICULOS
TRONCAL	211	1.7	365	238
ALIMENTADORA	206	1.4	294	508
TRANSVERSAL	165	1.7	285	780
PROMEDIO	194	1.63	315	1526

OPTIMIZADA				
	KM AUTOBÚS	IPK	PAX POR AUTOBÚS	VEHICULOS
TRONCAL	200	365.3	365	238
ALIMENTADORA	206	1.4	294	508
TRANSVERSAL	172	1.7	285	780
PROMEDIO	193	122.80	315	1526

CON PROYECTO				
	KM AUTOBÚS	IPK	PAX POR AUTOBÚS	VEHICULOS
TRONCAL	286	7.5	2,155	50
ALIMENTADORA	92			407
TRANSVERSAL	163	1.0	367	780
PROMEDIO	180	4.26	1261	1237

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

2.3.1. Análisis de la Oferta

De acuerdo al inventario de rutas que se realizó, el sistema actual de transporte público colectivo de la ciudad de Puebla está conformado por 163 rutas, de las cuales algunas de ellas cuentan con dos o más ramales, por lo tanto se registraron un total de 284 recorridos distintos que conforman el sistema de la ciudad.

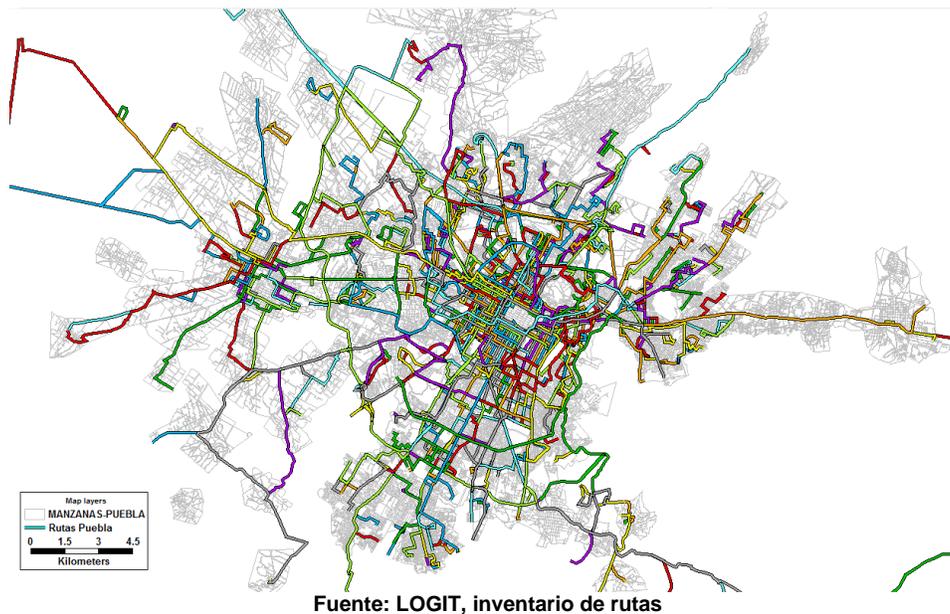
Las rutas que cuentan con dos o más ramales se están convirtiendo en agrupaciones y con esto sus ramales pasan a operar como si fueran rutas independientes, otras continúan en ese proceso y siguen operando como una sola ruta compartiendo hasta su flota, pero dando servicio en distintas colonias. Debido a que cada caso detectado durante el levantamiento de información es distinto, para fines prácticos del levantamiento de información y del estudio, cada recorrido detectado se consideró como ruta independiente.

El sistema tiene cobertura en toda la ciudad incluyendo además los municipios colindantes, como San Pedro Cholula, San Andrés Cholula y Cuautlancingo. También este sistema permite la comunicación de los habitantes del municipio de Puebla con los municipios de Amozoc, Atlixco, Tecali, Huejotzingo, Coronango y San Andrés Calpan.

En cuanto a su cobertura se observó que de las 284 rutas (incluyendo ramales) que resultaron del inventario, 192 son rutas de tipo radial, de las cuales 170 tienen su origen en las 7 distintas cuencas y su destino en el centro de la ciudad; 77 son diametrales, de las cuales 49 pasan por el centro urbano; también existen 15 rutas que hacen un circuito o semicircuito y que de ellas 10 pasan por el centro de la ciudad. En total tenemos que de las 284 rutas existentes, el 81% pasan por el centro de la ciudad, lo que indica que actualmente la zona centro de Puebla sigue siendo uno de los destinos más solicitados para la mayoría de habitantes.

En la siguiente figura se muestra que la cobertura de las rutas que pasan o llegan a la zona centro de la ciudad, que es muy similar a la cobertura del total del sistema, por lo que se entiende como una sobre cobertura del sistema en el centro de la ciudad.

Figura 2.21: Cobertura del sistema de transporte público colectivo de la ciudad de Puebla



El sistema actual cubre los orígenes y destinos más solicitados por los usuarios sin la necesidad de caminar (23%), y de los que caminan menos de 500 metros (45%), por consecuencia se observa que los usuarios no tienen la necesidad de realizar ningún transbordo (73%).

También se observa que la zona centro de la ciudad sigue atrayendo rutas (229), atracción que genera traslapes de rutas y con ello congestionamientos continuos afectando la velocidad del tránsito en general y de las rutas que en promedio operan a una velocidad de 17.54 km/h, incrementando el tiempo de viaje de los usuarios, con un periodo que va de los 30 a 59 minutos (45%) y más de 60 minutos (16%).

Los elementos más importantes del comportamiento del sistema son los siguientes:

- **Horarios de servicio**

Los horarios de operación varían para todas las rutas, tanto por zona como por el sentido de operación. La mayoría de las rutas tienen horarios que van de las 06:00 a las 22:00 horas, sin embargo algunas rutas operan desde antes de las 06:00 horas y otras terminan de operar después de las 22:30 horas.

- **Frecuencias e intervalos**

El servicio ofrecido por cada ruta es distinto y depende de diversos factores como son: su demanda, la longitud de su recorrido y la flota con la que cuentan. Resultado del estudio de frecuencia de paso y ocupación de cada una de las 270 rutas en las que se realizó el estudio se obtuvo como promedio ponderado una frecuencia de 7 vehículos/hora y por consiguiente un intervalo de 8 minutos.

Tabla 2.9: Promedio ponderado de frecuencias por cuenca

CUENCA	FRECUENCIA (vehículos por hora)
Xonaca	7.96
11 Oriente-Poniente	8.83
11 Sur	7.76
Cholula	4.86
Defensores	8.54
Nacozari	7.47
Valsequillo	6.83

Fuente: LOGIT, estudio de frecuencia de paso y ocupación

- **Red de transporte público**

Con relación a este elemento y como producto de la verificación y trazo de las rutas que integran el sistema, se observa que en la actualidad se encuentran avenidas por donde pasa un gran número de rutas haciendo que exista una sobre posición y continuos congestionamientos viales por el ascenso y descenso de usuarios. Esto se observa principalmente en el centro de la ciudad, en específico sobre la avenida 10 poniente-oriente, 11 sur-norte, 9 sur-norte, 11 poniente-oriente y el boulevard Héroes del 5 de mayo. También se observa una sobre posición de rutas en prolongación Reforma y el boulevard Norte. En la siguiente figura se muestran estas vialidades de color rojo donde se tiene el paso de 40 o más rutas.

Figura 2.22: Cobertura de las rutas transporte público colectivo que ofrece servicio en el centro de la ciudad



En conclusión tenemos una estructura radial, dirigida de los extremos de la ciudad hacia el centro de la misma, con altas concentraciones en centros generadores excediendo el servicio que no obedece en su mayoría a los patrones de comportamiento de los usuarios. La alta concentración del servicio vuelve caótico el sistema y produce conflictos operacionales con los otros modos de transporte sobre todo en los horarios pico.

2.3.2. Análisis de la Demanda de transporte público

La demanda es el resultado de la realización de todos y cada uno de los estudios, permitiendo conocer la demanda en toda la ZMP, así como la distribución de los desplazamientos en otras modalidades.

La encuesta Origen-Destino del 2010-2011 registra un total de 3'561,312 v/p/d durante el día

- De los cuales 2'290,953 v/p/d son motorizados
- El 72% de estos son en transporte público, representando 1'658,278 viajes, directos diarios.
- La distribución de los otros desplazamientos se incluyen en la siguiente tabla:

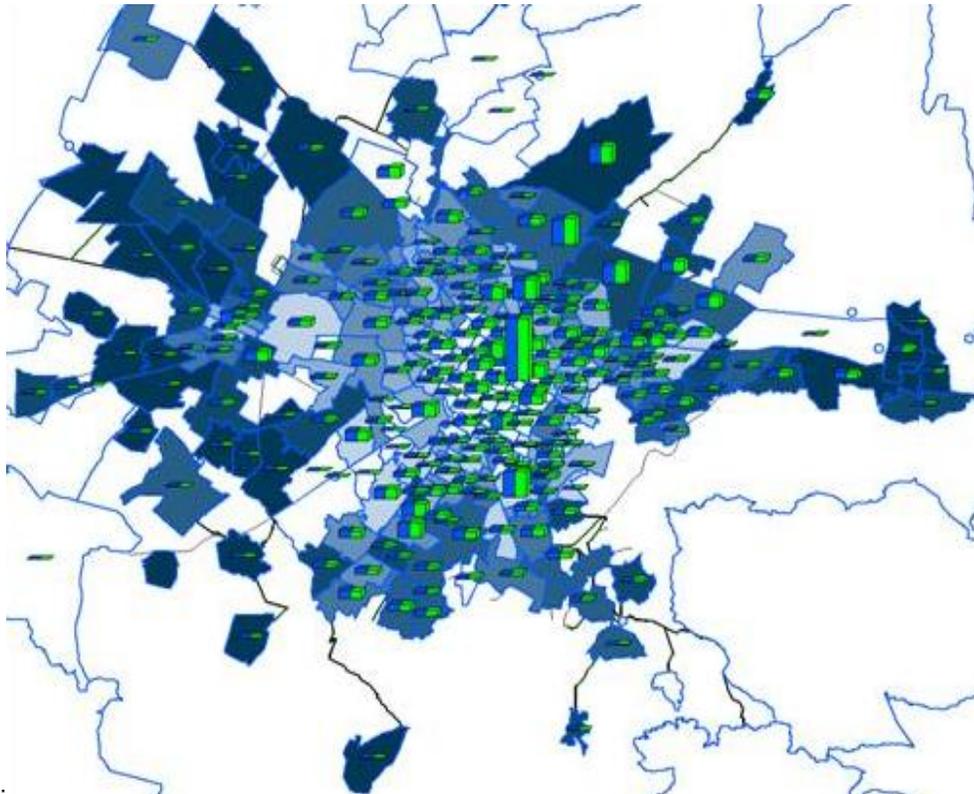
Modo de Transporte	1994	2010	2011
Otro	9,011	12,718	13,361
A pie	594,983	1,212,378	978,078
Bicicleta	34,076	67,088	69,161
Motocicleta	2,742	11,314	11,308
Vehículos particulares	538,419	561,582	581,936
Taxi	28,880	37,956	37,611
Subtotal transporte público	1,041,964	1,658,278	1,887,751
Van	561,257	165,831	191,450
Microbús	389,142	766,674	854,939
Autobús	91,565	725,773	841,362
Total	2,250,075	3,561,314	3,579,206

La obtención de los datos relacionados a la demanda del transporte público se sustentan en el diagnóstico del “Programa de Movilidad Metropolitana de la Ciudad de Puebla”, en el cual se demuestra que:

- La zona centro del área metropolitana, delimitada por la 18 poniente, 5 Norte, 4 Norte y 5 poniente, sigue siendo una de las principales zonas de generación y atracción de viajes con un 15% del desplazamiento de transporte público,
- seguido con un 6% por la zona de la Central de Abastos, al igual que Ciudad Universitaria.

- Un 5% representado por el Mercado Hidalgo al igual que la zona Industrial Puebla 2000.
- Con un 4% cada una de estas zonas: la zona Centro de Barrio de San Pablo, la Zona del cuadrante de 11 Norte y 5 Norte entre 18 Poniente y 5 Oriente, al igual que Plaza Dorada.
- La zona habitacional de Agua Santa y la zona de la CAPU con atracciones inferiores del 3%.
- Otras zonas con atracciones inferiores del 3% se encuentran en la zona de Xonacatepec, Angelópolis, Paseo de San Francisco, Infonavit San Bartolo, Centro de San Pedro Cholula y otros.

Figura 2.23: Generación y atracción de viajes Modalidad: Transporte público (Periodo: Todo el día)

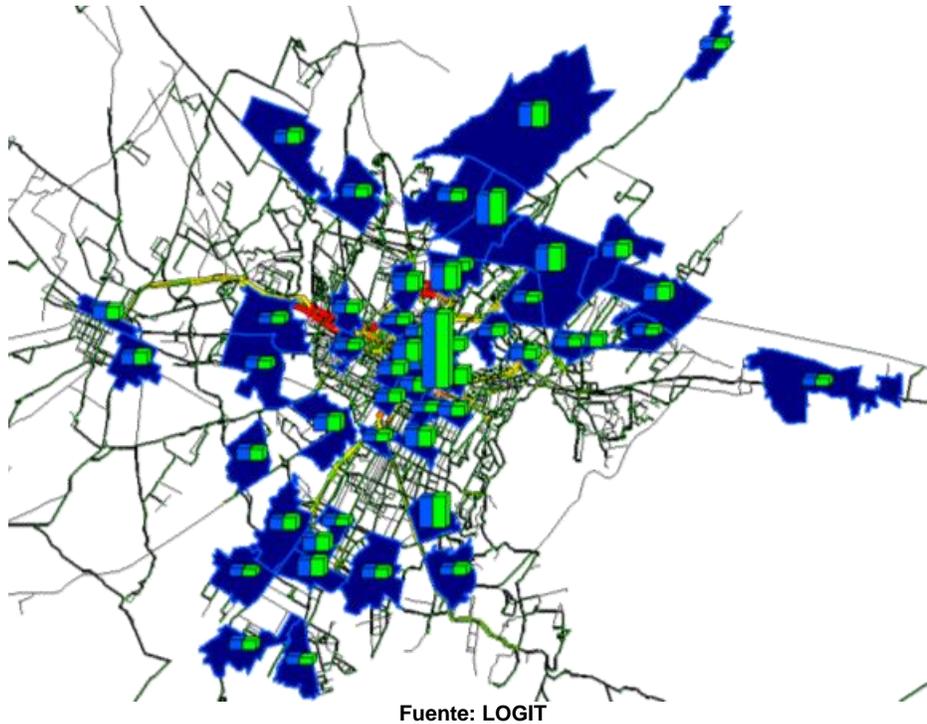


Los estudios arrojan datos que determinan la demanda puntual y variación horaria de la oferta y demanda, registrándose una demanda puntual de 818,592 viajes al día en un total de 270 rutas estudiadas⁶, no se realizó el estudio de 14 rutas, incluyendo éstas se considera una demanda puntual de 974,071 considerando los altos índices de rotación, superiores al 1.9 como promedio, y compatibilizando la información que se obtuvo mediante la aplicación de la encuesta origen destino domiciliaria se considera una **demanda en transporte público de 1,658,278 viajes diarios**.

La zona de estudio presenta una relación de principales zonas generadoras y atractivas de viajes que solo están representando el 18% de la generación de viajes del universo representado por un total de 641,109 desplazamientos diarios de un total de 3, 579,206 viajes diarios en todas las modalidades estudiadas, (expansión 2011).

⁶ A partir de los resultados obtenidos del estudio de frecuencias de paso y carga que fue realizado en 87 puntos distribuidos en sitios estratégicos de la red, se obtuvo la variación horaria, tanto para la carga de usuarios en transporte público como para la frecuencia de paso de las unidades en la zona de estudio.

Figura 2.24: Principales zonas generadoras y atractivas de viajes, Modalidad: Transporte público (Periodo: Todo el día).



Para las rutas que están operando actualmente y que cubren la red de transporte público, el Gobierno del Estado, en el Periódico Oficial de fecha 29 de Diciembre de 2010, autorizó la actualización de la tarifa del servicio Público de transporte urbano de la Ciudad de Puebla, quedando de la siguiente forma y fija para los años 2011 y 2012:

- **\$6.00 para vehículos destinados al Servicio Público de Transporte en la modalidad de Autobús o minibús o su equivalente.**
- **\$5.50 para la modalidad de van.**
- **\$4.00 para adultos mayores.**
- **Se exenta del pago de tarifa a todas aquellas personas que padezcan alguna discapacidad.**

Asimismo, la Ley del Transporte del Estado de Puebla establece que se realizará el estudio técnico correspondiente para actualizar las tarifas a solicitud expresa de los transportistas.

2.4. Alternativas de solución

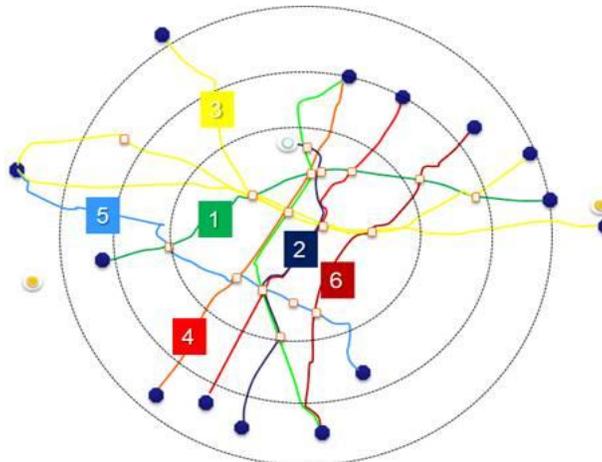
Las alternativas de solución tienen su fundamento en los resultados derivados del “Programa Sectorial de Movilidad Metropolitana de la Ciudad de Puebla” (documento en proceso de registro). En el capítulo concerniente a la descripción del “Sistema Integrado de Transporte del Área Metropolitana -SITAM” se determina la futura red de transporte colectivo, con base en la asignación de una red vial existente sin ningún tipo de infraestructura y el comportamiento de la demanda distribuida en 6 corredores troncales principales y 8 ejes complementarios, sustentado en el análisis relacionado con la demanda-oferta y la población atendida, para así determinar la primera alternativa a ser implantada.

El modelo contempla un sistema integrado compuesto por 6 corredores troncales y 8 ejes complementarios, que interactúan entre sí, tratando de satisfacer con este modelo al 77% de la demanda de transporte público, el 33% restante se distribuiría en rutas auxiliares o remanentes.

Corredores Troncales:

1. DIAGONAL DEFENSORES DE LA REPÚBLICA - BLVD. ATlixco: Demanda 245,796 viajes diarios en la cuenca⁷
2. AV. 16 DE SEPTIEMBRE - BLVD. 5 DE MAYO - BLVD. NORTE: Demanda 246,250 viajes diarios en la cuenca.
3. AV. 14 ORIENTE - 10 ORIENTE PONIENTE - BLVD. HERMANOS SERDÁN: Demanda 222,467 viajes diarios en la cuenca.
4. BOULEVARD 11 NORTE – SUR: Demanda 261,682 viajes diarios en la cuenca.
5. CAMINO REAL A CHOLULA: Demanda 73,169 viajes diarios en la cuenca.
6. 24 SUR – NORTE: Demanda 119,612 viajes diarios en la cuenca.

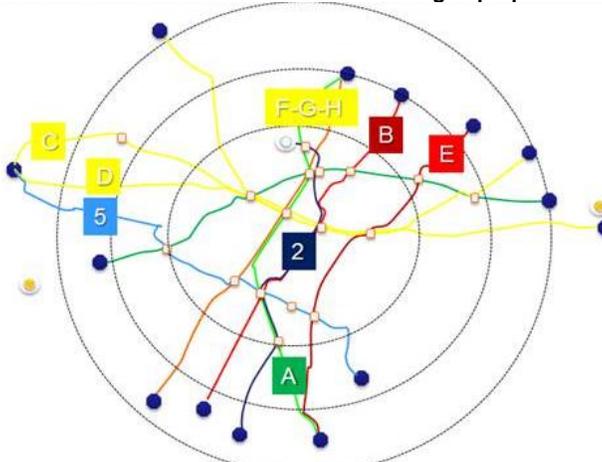
Figura 2.25: Corredores troncales del sistema integral propuesto



Fuente: Programa de Movilidad Metropolitana de la Ciudad de Puebla

Los 8 ejes complementarios permitirán la interrelación de los corredores troncales base con otros posibles destinos. Los ejes son articulaciones de menor demanda que pueden integrarse o adosarse a otros corredores o ser independientes y estar provistos de infraestructura menor, mismos que se integran de la siguiente forma:

Figura 2.26: Ejes complementarios a los corredores troncales del sistema integral propuesto



Fuente: Programa de Movilidad Metropolitana de la Ciudad de Puebla

Ejes Complementarios

- A. BLVD. VALSEQUILLO Demanda 88,639 viajes diarios en la cuenca - mediano plazo
- B. CALZ. IGNACIO ZARAGOZA: Demanda 36,485 viajes diarios en la cuenca - mediano plazo

⁷ Demanda en la cuenca que incluye el corredor y la alimentación de los corredores.

- C. AV. FORJADORES: 85,074 viajes diarios en la cuenca - mediano plazo
- D. RECTA CHOLULA: 67,409 viajes diarios en la cuenca - mediano plazo
- E. RESURRECCIÓN: 44,421 viajes diarios en la cuenca - mediano plazo
- F. CARMEN SERDÁN: 42,369 viajes diarios en la cuenca - mediano plazo
- G. HÉROE DE NACÓZARI: 81,411 viajes diarios en la cuenca - mediano plazo
- H. PROL. VÍA CORTA: 51,452 viajes diarios en la cuenca - corto plazo

La demanda atendida en las cuencas de los 6 corredores troncales es de 1'125,984 v/p/d diarios en transporte público, en tanto los 8 ejes complementarios satisfacen una demanda de 497,260 v/p/d diarios, lo que da un total de 1'623,244. Con la integración de 6 corredores troncales y 8 ejes complementarios se pretende minimizar las transferencias para los usuarios del sistema.

La estimación de la demanda de los corredores y ejes que conforman el sistema integrado de transporte público se sustentó en la actualización de la información a través del levantamiento de una encuesta de origen y destino en el área metropolitana, junto con todos los estudios colaterales metodológicamente requeridos para determinar, estimar, calibrar y expandir la demanda, para posteriormente asignarla y determinar el comportamiento de los patrones y líneas de deseo de los usuarios, estimando las necesidades de cada corredor y eje complementario. Con base en estas premisas, el “Programa de Movilidad Metropolitana” recomienda la implementación con base en la siguiente programación:

Tabla 2.10: Proyecto de corredores, etapa de implementación y demanda por cuenca⁸

Etapa de ejecución	Corredor	Ejes complementarios								Demanda
		A	B	C	D	E	F	G	H	
		Blvd. Valsequillo	Calz. Ignacio Zaragoza	Av. Forjadores	Recta Cholula	Resurrección	Carmen Serdán	Héroe de Nacozari	Prol. Vía Corta	
	Demanda	88,639	36,485	85,074	67,409	44,421	42,369	81,411	51,452	497,260
Corto Plazo	1.- DIAGONAL DEFENSORES DE LA REPUBLICA - BLVD. ATLIXCO Demanda 245,796			Mediano plazo	Mediano plazo	Mediano plazo				
Corto Plazo	2.- AV. 16 DE SEPTIEMBRE - BLVD. 5 DE MAYO - BLVD. NORTE Demanda 246,250		Mediano Plazo							
Corto Plazo	3.- AV. 14 OTE - 10 OTE - PTE - BLVD. HERMANOS SERDÁN Demanda 222,467			Mediano plazo	Mediano plazo					
Corto Plazo	4.- BOULEVARD 11 NORTE - SUR Demanda 218,690 261,682	Mediano Plazo					Mediano plazo	Mediano plazo	Corto plazo	
Largo Plazo	5.- CAMINO REAL A CHOLULA Demanda 73,169									Largo Plazo
Largo Plazo	6.- 24 SUR-NORTE Demanda 119,612									Largo Plazo
	1,125,984	88,639	36,485	85,074	67,409	44,421	42,369	81,411	51,452	1,623,244

Fuente: Programa de Movilidad Metropolitana de la Ciudad de Puebla

El sistema integral de transporte es definido junto con la creación de espacios de interrelación y/o de integración con otros modos de transporte o con otros modos operacionales. Para el proceso de integración e implantación de cada corredor será necesaria la dotación de la infraestructura que permita la adecuada operación del sistema en su totalidad.

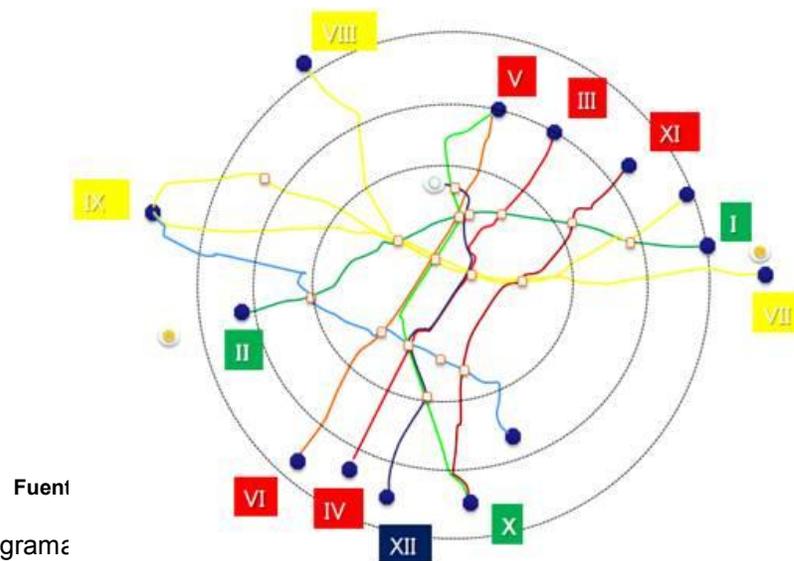
⁸ Demanda de la cuenca, es la demanda de corredor troncal y de las rutas alimentadoras. Los viajes son diarios ambos sentidos.

Así, el modelo integral contempla la inclusión de la infraestructura con base en la siguiente caracterización:

- **“Terminales Multimodales”**, permitiría la interacción de todas las modalidades existentes, incluso la participación de la bicicleta si ésta se requiere como elemento complementario.
- **“Terminales Foráneas”** (2).- Se pretende la creación de dos terminales foráneas de forma complementaria a la terminal CAPU, con la finalidad de eliminar las terminales pequeñas existentes en la vía pública, ocasionando congestionamientos y accidentes, entre otros. La localización de una de éstas será en la parte nororiente y la segunda en la parte sur poniente de la ciudad.
- **“Terminales Alimentadoras”** (14), Estas serán creadas conforme los corredores se implanten.
- **“Terminales de Transferencia”** (16), Estas serán creadas conforme los corredores se implanten, con la principal finalidad de transferencia entre los corredores troncales. Esta pueden ser de tipo A o B dependiendo de los modos que se encuentran, así como el tipo de integración que puede constar de una gran infraestructura o ser resuelta por condiciones tecnológicas para su operación.
- **“Paraderos”**, la solución del número necesario de paraderos está condicionado a los principales polos generadores de viajes, principales ascensos y descensos registrados en los estudios, configuración de la infraestructura, así como los elementos operacionales que definirían el número de bahías.

El modelo conceptual se determina junto con la infraestructura de soporte.

Figura 2.27: Modelo conceptual del Sistema Tronco - Alimentador (corredores y terminales)



Los resultados del “Programa acciones a implementar, la definición del sistema integrado con base en un concepto operacional tronco-alimentador marca las pautas a seguir. Independientemente de las consideraciones de programación de la implantación de los corredores, se evaluó la elección de la alternativa óptima con base en los datos de demanda, cobertura y trazo, así como la dotación de infraestructura prevista en caso de integración con otros modos operacionales.

2.4.1. Alternativas, tecnológicas de trazo y operacionales

Para la evaluación de alternativas se tomaron varios elementos de factibilidad, entre los cuales los de mayor importancia fueron:

a) Alternativas tecnológicas

Las diferentes alternativas tecnológicas que se refieren a la oferta vehicular estriban en la implementación de un modelo de transporte **Tronco-Alimentador**, donde la estructura es más eficiente en el diseño de rutas. En contexto, la tecnología vehicular se determinó tomando en cuenta las condiciones físicas, operacionales y de demanda, considerando el siguiente orden.

- **Sistema de transporte estilo metro (subway):** Este sistema ferroviario de transporte masivo de pasajeros es característico de grandes ciudades, con alta capacidad y frecuencias. El servicio es prestado por varios vagones eléctricos que circulan en una formación sobre rieles. El metro es un sistema de transporte más rápido y con mayor capacidad que el tranvía o el tren ligero. Las longitudes varían desde los tres a más de diez vagones. La electricidad para las motorizaciones eléctricas es provista por un tercer riel o catenaria o incluso en algunos casos es el motor lineal. La mayoría circula en vías férreas de acero convencionales, aunque algunos utilizan neumáticos de goma, como el metro de Montreal. Los neumáticos de goma posibilitan circular por pendientes empinadas y permiten un viaje más suave, pero tienen mayores costos de mantenimiento y son menos eficientes energéticamente. También pierden la fricción cuando las condiciones climáticas son húmedas o heladas. Sin embargo, no todas las ciudades del mundo pueden contar con este tipo de transporte, ya que en ciudades con suelo débil (falta de consistencia) y situadas en zonas sísmicas su costo se elevaría casi un 300% de lo que costaría en otra ciudad. Aunque existen ferrocarriles urbanos cuyo trayecto transcurre en su totalidad en la superficie, la mayoría fue adoptándolo progresivamente a un sistema subterráneo, debido a varios motivos, entre los que pueden estar la calidad estética y ambiental del trazado subterráneo, así como la falta de terreno disponible o la carencia del suelo en grandes ciudades. La capacidad de transporte de pasajeros oscila entre los 40,000 a 100,000 pasajeros hora sentido. Debido a sus altas velocidades operacionales que llegan a ser hasta de 60 kilómetros por hora, la frecuencia mínima registrada llega a ser de 50 unidades por hora. El costo es variable pero bajo los rangos mundiales varían entre los USD 60 millones hasta USD 350 millones por kilómetro lineal de infraestructura. En promedio se estima un valor USD 5.6 millones por carrocería.

Ventajas:

- La principal ventaja radica en función de las altas velocidades de operación.
- Aumento considerable de la frecuencia.
- Disminución de los tiempos tanto de espera como de trayecto en viaje.
- Escalable a lo largo de la vida útil del proyecto con la añadidura de más vagones.
- La estética urbana no sufre modificaciones al implementarse un sistema subterráneo.
- Así como la reducción en la contaminación auditiva a los vecinos aledaños del corredor troncal.

Desventajas:

- Altos costos de inversión en infraestructura.
 - Altos costos de inversión en la adquisición de los vehículos (vagones).
 - Considera una alta captación de pasajeros, situación que en la ciudad de Puebla no se tiene contemplada; alta demanda de transporte público que sobrepasa las dimensiones estimadas en los estudios realizados.
 - El aprovechamiento de la velocidad operacional de este sistema no se vería potencializado en su totalidad debido a las constantes paradas que haría, tomando en cuenta que los estudios estipulan estaciones a 400 metros en promedio, en los puntos de máxima demanda.
- **Tren ligero o Tranvía:** El tren ligero es un sistema de transporte que utiliza el mismo material rodante que el tranvía, pero que incluye segmentos segregados del tránsito vehicular, con carriles de rebase, vías apartadas y en algunos casos por túneles en el centro de la ciudad construidos para las normas de tránsito rápido. Tiene una capacidad de transporte a escala regional y metropolitana, por lo general menor que el tren y el metro. El tren ligero permite la conexión entre zonas peatonales en núcleos urbanos y zonas rurales, creando además nuevos potenciales de desarrollo urbano. Estos sistemas se aproximan a la capacidad de pasajeros de los sistemas de metro convencional, con una capacidad hora sentido de 7,000 a 20,000 pasajeros. Las velocidades pueden llegar a los 35 kilómetros por hora. Los costos son relativamente menores que los del metro y van desde los USD 18 a los USD 50 millones.

Ventajas:

- Los sistemas de trenes ligeros son generalmente más económicos de construir que el de trenes pesados, dado que la infraestructura es relativamente menos robusta, las unidades más baratas, y por lo general no se requieren los túneles usados en la mayoría de los sistemas del metro.
- Permite recorrer curvas cerradas y pendientes escarpadas, lo que además reduce el trabajo de construcción.
- Comparado con los autobuses, los sistemas de trenes ligeros tienen una capacidad más alta, contaminan menos, son silenciosos, cómodos, y en muchos casos más rápidos.
- Comparados con el metro ahorran energía, puesto que no necesitan de iluminación de estaciones (andenes y pasillos) durante el día y mueven menos masa.
- Se pueden aprovechar viejas redes de ferrocarril.
- Generalmente son más silenciosos que los ferrocarriles o los metros, y la mitigación del ruido es más fácil de diseñar.
- Armonizan con el entorno urbano.

Desventajas:

- Al compartir en parte la superficie con el tráfico mixto son más propensos a accidentes que otros tipos de ferrocarril.
 - Algunos trenes tienen una relación carga útil/carga transportada peor que los trenes pesados o los monorraíles, debido a que deben ser diseñados para soportar colisiones con automóviles.
 - La inversión necesaria para la instauración de este tipo de tecnología se sale de un posible presupuesto para el gobierno.
 - La demanda estimada en este corredor no es suficiente para aprovechar los potenciales que pueden ser transportados por la tecnología en mención.
- **Autobús de Tránsito Rápido (BRT):** Es una alternativa de transporte basada en autobuses confinados que les permite alcanzar una alta capacidad de pasajeros y un servicio de alta calidad con respecto al servicio tradicional de bus urbano. Es necesario dotar de señales preferenciales para los autobuses que circulan en la arteria principal o troncal, para una mayor efectividad del sistema, particularmente en las intersecciones, posiblemente extender la duración del semáforo en verde o activación del semáforo en verde cuando detecte al bus. El abordaje en este sistema es más rápido, ya que se implementa un sistema de piso bajo y el prepago de las tarifas. En términos tanto de inversión inicial como operación y mantenimiento durante la vida útil este tipo de sistemas son sustancialmente menores con otras alternativas como el metro, el tranvía o el tren ligero, con precios que en promedio varían alrededor de los 5 millones de USD por kilómetro de infraestructura. El mercado en cuestión está muy bien dotado, variando según la capacidad del vehículo, la tecnología usada, el tipo de combustión, entre otros tópicos. Para las capacidades de demanda hora sentido puede alcanzar hasta los 40,000 pasajeros, siempre y cuando se dote de ciertas características físicas para poder alcanzar estos niveles; tales como, carriles de rebase, terminales y paraderos con plataformas amplias, autobuses biarticulados, entre otras.

Alternativas de autobuses

En el caso particular de este estudio se estimó una demanda espacial de 9,120 en ambos sentidos, para las dimensiones de esta cantidad de pasajeros es necesaria una capacidad media de 160 pasajeros por unidad, para ello se tomaron en cuenta varias alternativas que están en el mercado. Por razones de calidad, confort, seguridad, costo de operación, facilidad en la obtención de refacciones, menores emisiones de contaminantes y estimación de la demanda, se eligió un autobús de gas natural con motor Euro IV, con un valor de 450 mil USD.

Tabla 2.11: Alternativas de autobuses

107,758	Bus Mercedes Benz, Volvo, etc	Bus Volvo Híbrido	Bus Hyundai GNC	Bus Mercedes Benz, Volvo, etc	Bus Volvo, etc	Bus Mercedes Benz, Volvo, etc	Translorh Trolley	Vehículo sobre neumáticos Phileas (guiado)	Vehículo sobre neumáticos Bexco (guiado)	Bombardier Tren/rail	Metro/rail
Capacidad (Pasajero)	90	90	90	160	160	200	221	188	188	221	335
Tipo de piso del Vehículo (Acceso)	Entrada Baja	Piso Bajo	Piso Bajo	Piso Alto	Piso Bajo	Piso Alto	Piso Bajo	Piso Bajo	Piso Bajo	-	-
Longitud de vehículo (m)	12	12	12	18	18	22	32	24.4	24	-	-
Número de vehículos por sentido	23.1	23.1	23.1	12.2	12.2	9.8	8.8	10.4	10.4	8.8	5.8
Frecuencia (Minutos)	1.6	1.6	1.6	3.0	3.0	3.8	4.2	3.6	3.6	4.2	6.34198853
Numero de vueltas por vehículo	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2
Precio / Vehículo (Millon US\$)	0.225	0.45	0.2	0.375	0.45	0.57	2	1.6125	1.4	2.5	5
Inversion inicial en vehículos (Millon US\$)	10.4	20.8	9.2	9.2	11.0	11.1	35.4	33.5	29.1	44.2	58.3
Vida útil (años)	10	10	10	10	10	10	15	20	20	20	20
Inversiones (carril nuevo) (Millon US\$/Km)	5.125	5.125	5.125	5.125	5.125	5.125	7	5.375	5.375	12.375	93.75
Costo de operación (Costo / km/ vehículo) (US\$/Km)	1.142	1.142	1.142	2.45	2.45	2.45	2.506	3.276	2.6824	3.584	4.746
Mantenimiento vehículo (US\$/Km)	0.2	0.2	0.2	0.336	0.336	0.55	0.7	0.91	0.63	1.12	1.4
Kilometros por día en el corredor	12460	12460	12460	6596	6596	5277	4776	5614	5614	4776	3150
Pasajeros por día/vehículo	4670	4670	4670	8822	8822	11027	12185	10365	10365	12185	18470
Capacidad máxima del Vehículo	4991	4991	4991	8874	8874	11092	12257	10426	10426	12257	18579

Fuente: LOGIT

Con la implementación de un sistema BRT para las condiciones propias de la zona de estudio es la mejor opción ante las diferentes alternativas propuestas, aunado, claro está, a un sistema de prepago y eficiente compensación a los diferentes concesionarios que participen dentro del sistema. El esquema anterior, junto con otras medidas tomadas en cuenta en el proyecto, responde a las necesidades y da solución a las problemáticas puntuales de la ciudad, en este sentido el sistema puede ofrecer una mejor factibilidad financiera, más rentabilidad para los concesionarios, costos de inversión y operación más bajos que otras alternativas.

b) Alternativas del trazo

Las diferentes alternativas son retomadas del planteamiento de corredores en la sección estratégica del "Programa Sectorial de Movilidad Metropolitana de la ciudad de Puebla", la elección del primer trazo conocido como Corredor 1 se deriva del siguiente análisis, tomando en cuenta que se trata de un proyecto integral de priorizar 4 corredores troncales y ejes complementarios, que interactúan entre sí, tratando de satisfacer a un 77% de la demanda de transporte público.

A fin de la selección de las alternativas del trazo fue necesario evaluar los siguientes elementos:

- Maximizar el número de beneficiarios;
- Minimizar los impactos negativos;
- Minimizar costos operacionales y de construcción;
- Minimizar los impactos ambientales;
- Evaluar los obstáculos políticos de negociación y;
- Maximizar los beneficios sociales.

Utilizando el modelo de planeación del "Programa Sectorial" se identificaron los posibles corredores de acuerdo a las condiciones anteriormente mencionadas, se retomó el planteamiento conceptual de 6 corredores de Transporte con la demanda perteneciente a su cuenca y los periodos de implementación:

1. DIAGONAL DEFENSORES DE LA REPUBLICA - BLVD. ATLIXCO. Demanda 245,796 viajes diarios en la cuenca⁹ - Corto Plazo.
2. AV. 16 DE SEPTIEMBRE - BLVD. 5 DE MAYO - BLVD. NORTE. Demanda 246,250 viajes diarios en la cuenca - Corto Plazo.
3. AV. 14 OTE - 10 OTE-PTE - BLVD. HERMANOS SERDAN. Demanda 222,467 viajes diarios en la cuenca - Corto Plazo.
4. BOULEVARD 11 NORTE – SUR. Demanda 261,682 viajes diarios en la cuenca - Corto Plazo.
5. CAMINO REAL A CHOLULA. Demanda 73,169 viajes diarios en la cuenta – Largo Plazo.
6. 24 SUR – NORTE. Demanda 119,162 viajes diarios en la cuenta- Largo Plazo.

Adicionalmente de los cuatro posibles corredores se retomaron 8 ejes troncales complementarios a los corredores principales que tienen estrecha interrelación con los corredores base, con la posibilidad de integrar otros posibles destinos.

- a) BLVD. VALSEQUILLO. Demanda 88,639 viajes diarios en la cuenta – Mediano Plazo.
- b) CALZ. IGNACIO ZARAGOZA. Demanda 36,485 viajes diarios en la cuenca – Mediano Plazo.
- c) AV. FORJADORES. Demanda 85,074 viajes diarios en la cuenca – Mediano Plazo.
- d) RECTA CHOLULA. Demanda 67,409 viajes diarios en la cuenca – Mediano Plazo.
- e) RESURRECCIÓN. Demanda 44,421 viajes diarios en la cuenca – Mediano Plazo.
- f) CARMEN SERDAN. Demanda 42,369 viajes diarios en la cuenca – Mediano Plazo.
- g) HEROE DE NACUZARI. Demanda 81,411 viajes diarios en la cuenca – Mediano Plazo.
- h) PROL. VÍA CORTA. Demanda 51,452 viajes diarios en la cuenca – Corto Plazo.

La demanda movida en las cuencas de estos 6 corredores es de 1'125,984 viajes diarios en transporte público, conjuntamente con los 8 ejes de corredores complementarios que mueven una demanda de 497,260 viajes diarios para un total de 1'623,244.

Se propone la interacción de 6 corredores troncales con otros 8 ejes complementarios, con esta propuesta se pretende minimizar las transferencias para los usuarios del sistema. Sin embargo, es necesario evaluar la mejor alternativa a implantar de acuerdo a los mayores beneficios en relación a minimizar costos. Dentro de los 6 ejes troncales principales y 8 ejes complementarios se realizó un análisis relacionado a la demanda-oferta, población atendida para determinar la primera alternativa a ser implantada. De los 6 corredores principales considerando la demanda de la cuenca y la comparativa analítica de las condiciones sociales, económicas y políticas se seleccionaron 4 de los 6 primeros.

⁹ Demanda en la cuenca que incluye el corredor y la alimentación de los corredores.

De acuerdo a las condiciones de demanda-oferta, condicionantes operacionales, condicionantes urbanas, de infraestructura y condiciones de operación del tránsito se presentan ventajas y desventajas en relación al proceso de implantación de cada una de las alternativas propuestas.

Tabla 2.12: Ventajas y desventajas para el proceso de implantación de cada una de las alternativas propuestas

selección de corredor	demanda vpd (viajes-persona-día)	longitud de corredor	ventajas	desventajas
	<p>Corredor 1:</p> <p>Diagonal Defensores de la República – Blvd. Atlixco</p> <p>107,758 vpd</p>	18.5 km	<p>Condicionantes de agrupación operacional: Reducción del recorrido en zona urbana de 8 rutas suburbanas. Negociación para participación de dos rutas urbanas para participación directa en el corredor.</p> <p>Demanda: Demanda media comparativa a los otros corredores con Potencial de crecimiento con políticas de vivienda en la zona sur poniente de la ciudad, al igual que la zona nororiental. Incremento de la demanda progresivamente en la implantación futura de otros corredores.</p> <p>Urbana: Reducción de los recorridos de las rutas suburbanas en la vialidad urbana.</p> <p>Infraestructura: Carriles Centrales.</p> <p>Oferta: La cantidad de rutas en el proceso de negociación es menor comparativamente con otros corredores.</p>	<p>Infraestructura: Carriles Centrales, un tramo tránsito compartido con el tránsito general. Soluciones de alto costo en algunos puntos.</p> <p>Tránsito: Cruce con Intersecciones Semaforizadas no Controladas, es necesario crear un control central para dar fluidez operacional a las vialidades paralelas del corredor para evitar futuros conflictos viales. Dar soluciones operacionales de no estacionamiento en la vía pública sobre el corredor, así como las vialidades paralelas al corredor.</p> <p>Oferta: El proceso de negociación en la entidad es complicada.</p>
	<p>Corredor 2:</p> <p>Av. 16 de septiembre - Blvd. 5 de Mayo – Blvd. Norte –</p> <p>111,234 vpd</p>	26.51 km	<p>Infraestructura: Infraestructura para desarrollar el corredor en más del 90% de la longitud.</p> <p>Demanda: Media con posibilidad de incremento al integrar ramales con posibilidades de Av. Zaragoza y Prolongación hacia Central de Abastos.</p>	<p>Demanda: Baja demanda</p> <p>Condicionantes de agrupación operacional: Negociación con 41 rutas, sin embargo este corredor corre en la parte norte con uno de los tramos de más alta concentración de rutas un total de 161 rutas operando en la zona del mercado Hidalgo – CAPU.</p> <p>Tránsito: Operación en Intersecciones Semaforizadas no Controladas.</p>

Tabla 2.12: (Continuación)

selección de corredor	demanda vpd (viajes persona día)	longitud de corredor	ventajas	desventajas
	<p>Corredor 3:</p> <p>Av. 14 Ote – 10 Oriente poniente – Blvd. Hermanos Serdán</p> <p>93,300 vpd</p>	21.35 km	<p>Infraestructura: Infraestructura para desarrollar el corredor en el eje Blvr. Hermanos Serdán.</p> <p>Demanda: Demanda media con posibilidad de incremento al integrar ramales con posibilidades de destino en los ejes de Forjadores, y Eje de la recta a Cholula.</p> <p>Urbana: Reducción de los recorridos de las rutas urbanas en la zona central de la ciudad y en la av. 14 oriente, vialidades de alta concentración vehicular.</p>	<p>Condicionantes de agrupación operacional Negociación con 60 rutas, adicionalmente con otro conjunto de rutas con orígenes y destinos diferentes que la solución operacional del corredor.</p> <p>Infraestructura: Dificultad operacional en relación a la infraestructura en la zona central: necesario confinamiento de una vialidad exclusiva en la zona central. Necesidad de infraestructura de alto costo mínimo en dos puntos del corredor.</p>
	<p>Corredor 4:</p> <p>Blvd. 11 Norte- Sur</p> <p>84,112 vpd</p>	31.35 km	<p>Demanda: Demanda sobre la cuenca que será beneficiada si se logra una buena negociación con el universo de rutas actualmente operando sobre el corredor. Potencialidad de integración de ramales.</p> <p>Urbana: Reducción de la alta concentración de unidades del transporte sobre el corredor.</p> <p>Infraestructura: Infraestructura Carriles Centrales, casi preparada en un 50% de su totalidad, será necesario complementar.</p>	<p>Demanda: Demanda alta en la cuenca operacional sin embargo en el proceso de negociación y en condiciones iniciales no es tan alta ya que presenta altos problemas de negociación de la oferta u operación.</p> <p>Procesos de Negociación: Es uno el corredor de más alta concentración de oferta en su recorrido central con un total de 193 rutas y un total de 4918 unidades casi el 100% de su totalidad en operación de la zona conurbada.</p> <p>Infraestructura: Soluciones de alto costo en algunos puntos.</p> <p>Tránsito: Cruce con Intersecciones Semaforizadas no Controladas, es necesario crear un control central para dar fluidez operacional a las vialidades paralelas del corredor para evitar futuros conflictos viales. Dar soluciones operacionales de no estacionamiento en la vía pública sobre el corredor, así como las vialidades paralelas al corredor.</p> <p>Oferta: El proceso de negociación en la entidad es complicada</p>

Fuente: LOGIT

De hecho, la selección del trazo de los corredores elegidos proviene del “Programa Sectorial de Movilidad metropolitana de la Ciudad de Puebla”, sin embargo se agregan los elementos físico –operacionales de los cuatro corredores con posibilidades de implementación, con el propósito de evaluarlos con mayor detalle y con la intervención de otros componentes colaterales.

2.4.2. Evaluación de alternativas

Se consideran los siguientes criterios cuantitativos para la evaluación de los cuatro corredores propuestos:

- (i) *Demográfico y social:* toma en cuenta el mayor número de población beneficiada, acceso a viviendas de tipo popular y la población de bajos ingresos.
- (ii) *Oferta y demanda:* determina el menor número de rutas de transporte público, los enlaces entre áreas de alta generación de viajes, incremento en la demanda potencial, mayor demanda atendida actualmente y la sobreoferta de vehículos existentes.
- (iii) *Aspectos operacionales:* Se considera sobre todo, el mayor índice de pasajeros transportados por kilómetro (mayor IPK ponderado), mejor frecuencia en el servicio y la velocidad comercial.
- (iv) *Infraestructura:* evalúa el aprovechamiento de la infraestructura existente, su capacidad vial, la convivencia con el transporte privado en función de la contribución a la velocidad operacional, el valor del tiempo por desvíos, asimismo la menor inversión requerida para adecuación.
- (v) *Impacto al medio ambiente:* se determinó la reducción de emisiones contaminantes por la afluencia vehicular.

El cuadro siguiente muestra un ejemplo de los resultados considerando los indicadores básicos del análisis.

	Es mejor si el valor:	Chachapa - Tlaxcalancingo	14 Ote-10 Pte-Hnos Serdán	16 de Septiembre - Blvd. 5 de Mayo	11 Sur - Norte	A/B	A/C	A/D
Población Beneficiada	↑	562,041	529,936	279,292	461,615	0.06	1.01	0.22
Acceso a población de bajos ingresos (\$2,000 a \$5,000 mensuales)	↑	297,882	270,267	131,267	235,424	0.10	1.27	0.27
Demanda atendida (actual)	↑	107,758	93,300	111,234	84,112	0.15	0.03	0.28
Demanda potencial de la cuenca del transporte	↑	245,796	246,250	222,467	261,862	-	0.10	0.06
Número de rutas afectadas	↓	71	161	120	196	0.56	0.41	0.64
Rutas para negociación	↓	34	41	60	63	0.17	0.43	0.46
Número de vehículos de transporte actualmente transitando	↓	1,562	1,041	2,758	4,918	-	0.50	0.43
Mayor IPK- promedio ponderado actual	↑	0.97	0.41	0.44	0.29	1.37	1.20	2.34
Mayor IPK- promedio ponderado futuro	↑	4.32	3.77	3.95	2.93	0.15	0.09	0.47
Longitud de corredor	↓	18.5	21.35	26.51	31.35	0.13	0.30	0.41
% Aprovechamiento de la infraestructura existente	↑	0.95	0.7	0.65	0.95	0.36	0.46	-
% Afectaciones	↓	0.05	0.3	0.35	0.05	0.83	0.86	-
Longitud de recorrido por flota sobre el corredor	↓	24,933	40,386	28,163	90,159	0.38	0.11	0.72
Reducción de emisiones contaminantes por la afluencia vehicular (kgs)	↑	25,875.00	38,442.45	32,332.54	57,583.29	-	0.33	0.20
VECES QUE ES MEJOR EL CORREDOR A RESPECTO A EL RESTO DE LOS CORREDORES						3.44	6.46	5.89

El corredor fue seleccionado a fin de maximizar los beneficios que se pudiesen obtener.

- Es el corredor que beneficia al mayor número de habitantes, por lo menos un 6% más que la siguiente mejor opción.
- Es el corredor que beneficia a un mayor número de personas de bajos recursos (ingresos mensuales entre \$2000 y \$5000). Por lo menos se beneficia a un 10% más de personas con bajos ingresos que las otras opciones, lo que lo hace una acción redistributiva.
- Si bien la demanda actual no es la más alta, ésta sólo es 3% menor que la del Corredor con mayor número de viajes.
- En cuanto a la demanda futura, el corredor es que tiene la tercer demanda en importancia. Sin embargo, ésta es sólo 6% menor que la del corredor que tendrá mayor demanda, y prácticamente tiene la misma demanda que el segundo corredor.

- Para la implementación de un corredor, es mejor afectar a un menor número de rutas, debido a las posibles oposiciones iniciales al proyecto. El Corredor propuesto es el que menos rutas se afectan, representando el 59% del número de rutas que se afectarían si se escogiera al segundo corredor con menos rutas afectadas.
- De igual forma, es preferible negociar con el menor número posible de rutas para la integración de un BRT. El corredor seleccionado es el que menor rutas con las cuales negociar.
- Como se ha expuesto con anterioridad, un menor IPK significa un menor ingreso para el sistema, por lo que se busca tener una IPK alto. El corredor propuesto es el que presenta el mayor IPK tanto para la situación actual, como para la situación futura.
- El largo del corredor es el menor de los cuatro corredores propuestos, lo que significa una menor inversión inicial en infraestructura.
- El corredor es uno de los que más aprovecha la infraestructura instalada, al utilizar el carril del deprimido Juárez Serdán y avenidas con camellón. Consecuentemente, es uno de los corredores que afecta a la infraestructura en menor proporción.
- Si bien es el corredor que menores emisiones de contaminantes reducirá, actualmente, al ser el corredor con menor longitud de recorrido sobre el corredor es el que en la actualidad emite el menor número de contaminantes en la atmosfera.

De acuerdo a las condiciones de demanda-oferta, condicionantes operacionales, condicionantes urbanas, de infraestructura y condiciones de operación del tránsito se presentan ventajas y desventajas en relación al proceso de implantación de cada una de las alternativas propuestas.

Otros factores para la determinación del Primer Corredor son los siguientes:

- El eje troncal y las terminales implican una superficie de aproximadamente 26.5 has. tomando en consideración que las afectaciones a ser adquiridas como derecho de vía son tan sólo las referentes a la terminal de Chachaca con una extensión de 7.5 hectáreas, se desprende que se tiene el 71.59% de los terrenos disponibles. Esta sin duda alguna es una razón para considerar este eje troncal como uno de los más factibles a desarrollar ante la tenencia de superficies públicas.
- El aprovechamiento de la infraestructura existente es de resaltarse. En la ciudad de Puebla desde hace un par de trienios se realizó una inversión considerable en lo que se conoce como el Distribuidor “Juárez Serdán”, un paso deprimido vehicular con superficie rodante de concreto hidráulico donde se previno la inclusión de un carril segregado. Desde entonces, el carril ha estado sin uso y se prevé ahora su utilización a través de la adecuación de la salida del distribuidor.
- Si se toma en consideración el nivel de pasajeros promedio a transportar, sumando la demanda total entre el número de camiones, se tiene que aritméticamente el corredor Chachapa - Tlaxcalancingo sería el segundo corredor de mayor ocupación superado solo por el corredor 14 Ote-10 Pte Hnos Serdan.
- La implementación exitosa del corredor se sustenta también en la participación activa y propositiva de los actuales concesionarios. De ahí que no se optara por retomar el corredor de la 11 Norte-Sur (donde hubo un caso fallido) y poder entonces generar un efecto demostrativo de éxito en un corredor alternativo (mayor aceptabilidad por parte de la ciudadanía y de los transportistas).
- La dotación de transporte masivo de calidad a zonas habitacionales alejadas de las fuentes de trabajo, estudio y esparcimiento es otro elemento. La zona denominada “Bosques” alberga a un grupo considerable de conjuntos habitacionales que hoy no tienen una alternativa eficiente de transporte. El

proyecto prevé la instalación de paraderos en dicha zona. Lo cual contribuye a la aceptabilidad de la población y a un incremento en el uso del transporte público con la realización del proyecto.

2.4.3. Alternativa elegida (integración de rutas)

Con base en el análisis anterior y los resultados arrojados, se determinó que el corredor Boulevard Atlixco – Diagonal Defensores (Chachapa – Tlaxcalancingo) resultó la alternativa seleccionada en relación a las otras tres expuestas.

Figura 2.31: Trazo del corredor troncal



Fuente: Elaboración Propia

Se incluye la información de las características físicas de las vialidades involucradas en el corredor (nombres, longitudes, anchos y derechos de vía, tipo de pavimento, IRI, semaforización) y sobre el tránsito que circula en las mismas (TDPA y composición).

Para la obtención de los datos de la tabla anterior se realizaron aforos en estaciones maestras a lo largo del corredor en estudio en puntos estratégicos, en donde se pudieron constatar los periodos de máxima demanda u horas pico y periodos de mínima demanda u horas valle y TPDA.

Se realizaron además recorridos para calificar de manera subjetiva la calidad de la superficie de rodamiento mediante el ISA (Índice de Servicio Actual), el cual consiste en calificar el grado de confort y seguridad que el usuario percibe al transitar por un camino a la velocidad de operación. Se realizan varios recorridos para calificar el camino de una manera subjetiva en una escala de 0 a 5, correspondiente a una superficie intransitable y a

una superficie perfecta, respectivamente. El resultado de cada sección de pavimento se reporta por separado, como el promedio del valor asignado por el grupo de recorridos.

Aunado a lo anterior de realizaron los estudios correspondientes para conocer la velocidad promedio de recorrido, llevándose a cabo en promedio tres recorridos en periodos pico y dos en periodos valle para los tres tipos de vehículos (autos, transporte público de pasajeros y vehículos de carga) mediante la técnica de vehículo flotante. Esta técnica permite registrar los puntos donde se generan las demoras más importantes, generalmente debidas a semáforos y elementos de control de velocidad colocados generalmente por vecinos de las vías (como suelen ser los famosos topes).

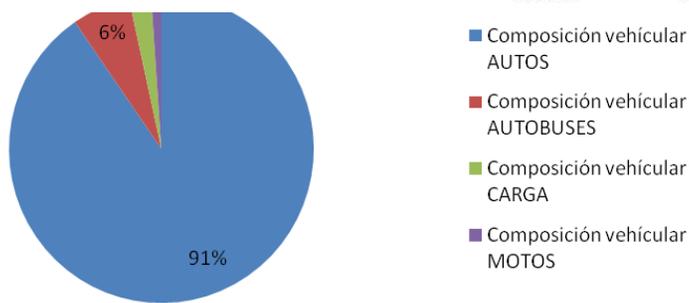
El promedio del comportamiento del corredor es el siguiente el 91% son vehículos particulares, el 6% autobuses y menos del 3% carga y motos. La siguiente tabla describe las características físicas de las vialidades involucradas en el corredor, con ancho promedio de 3.50 mts. por carril y el derecho de vía de todas las vialidades es público.

No.	TRAMO	CARRILES DE CIRCULACION (AMBOS SENTIDOS)	CARRIL DE ESTACIONAMIENTO	LONGITUD DE TRAMO (KM)	TIPO DE PAVIMENTO	ISA - Índice de Servicio Actual	TIEMPO DE RECORRIDO EN PRIVADO (MIN)	OCUPACIÓN PROMEDIO DEL VEHÍCULO PRIVADO	OCUPACIÓN PROMEDIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO
1	Periférico Ecológico (D8) a Blvd. 18 de Noviembre	2	NO	3.31	ASFALTO	2.5	6.94	1.60	21.78
2	Blvd. 18 de Noviembre a Camino a Manzanilla (cruce de la PEPSI)	3	NO	1.89	ASFALTO	3.0	4.39	1.60	21.78
3	Camino a Manzanilla a Calzada Ignacio Zaragoza	3	NO	2.70	ASFALTO	3.0	7.83	1.60	12.54
4	Calzada Ignacio Zaragoza a Blvd. 5 de Mayo (China Poblana)	2	SI	1.20	ASFALTO	3.0	5.15	1.55	15.36
5	Blvd. 5 de Mayo (China Poblana) a Avenida 18 Poniente	2	SI	2.05	ASFALTO	3.0	5.68	1.55	15.36
6	Avenida 18 Poniente a Gran Avenida	2	SI	0.35	ASFALTO	3.0	1.11	1.44	18.60
7	Gran Avenida a Avenida 10 Poniente	2	SI	0.40	ASFALTO	3.0	1.23	1.44	10.81
8	Avenida 10 Poniente a Blvd. Norte	2	SI	0.40	ASFALTO	2.5	1.16	1.46	10.81
9	Blvd. Norte y 10 Poniente a Avenida Juárez	2	NO	0.78	CONCRETO HIDRÁULICO (DEPRIMIDO)	3.5	2.72	1.46	17.46
10	Avenida Juárez a Avenida 31 Poniente	3	NO	1.48	ASFALTO (HIDRÁULICO EN EL TRAMO 4 PONIENTE A 25 PONIENTE)	3.5	4.91	1.40	17.46
11	Avenida 31 Poniente a Blvd. Del Niño Poblano	4	SI	1.59	ASFALTO	2.5	3.74	1.50	14.87
12	Blvd. Del Niño Poblano a Periférico Ecológico (D4)	3	NO	2.89	ASFALTO	3.5	4.17	1.50	19.55

La siguiente tabla incluye información sobre el tránsito que circula en las vialidades involucradas

No.	TRAMO	VELOCIDAD PROMEDIO DE TRANSPORTE PÚBLICO	VELOCIDAD PROMEDIO PRIVADO	TIEMPO DE RECORRIDO EN TRANSPORTE PÚBLICO (MIN)	TIEMPO DE RECORRIDO EN PRIVADO (MIN)	Volumen vehicular HMD (Público) (sentido PTE-OTE)	Volumen vehicular HMD (Público) (sentido OTE-PTE)	Volumen vehicular HMD (Privado) (sentido PTE-OTE)	Volumen vehicular HMD (Privado) (sentido OTE-PTE)	OCUPACIÓN PROMEDIO DEL VEHÍCULO PRIVADO	OCUPACIÓN PROMEDIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO	Volumen vehicular TPDA (sentido PTE-OTE)	Volumen vehicular TPDA (sentido OTE-PTE)
1	Periférico Ecológico (D8) a Blvd. 18 de Noviembre	18	29	10.84	6.94	119	137	3,009	3,209	1.60	21.78	26,067	27,883
2	Blvd. 18 de Noviembre a Camino a Manzanilla (cruce de la PEPSI)	21	26	5.30	4.39	95	110	2,407	2,567	1.60	21.78	20,850	22,308
3	Camino a Manzanilla a Calzada Ignacio Zaragoza	26	21	6.26	7.83	194	195	1,927	2,270	1.60	12.54	17,675	20,542
4	Calzada Ignacio Zaragoza a Blvd. 5 de Mayo (China Poblana)	14	14	5.05	5.15	242	244	1,606	1,892	1.55	15.36	15,400	17,800
5	Blvd. 5 de Mayo (China Poblana) a Avenida 18 Poniente	14	22	8.83	5.68	116	83	1,198	1,709	1.55	15.36	10,950	14,933
6	Avenida 18 Poniente a Gran Avenida	16	19	1.29	1.11	87	75	142	339	1.44	18.60	1,908	3,450
7	Gran Avenida a Avenida 10 Poniente	26	20	0.93	1.23	92	79	149	357	1.44	10.81	2,008	3,633
8	Avenida 10 Poniente a Blvd. Norte	9	21	2.58	1.16	287	249	1,379	1,313	1.46	10.81	13,883	13,017
9	Blvd. Norte y 10 Poniente a Avenida Juárez	7	17	6.82	2.72	273	237	1,517	1,444	1.46	17.46	14,917	14,008
10	Avenida Juárez a Avenida 31 Poniente	20	18	4.51	4.91	122	144	2,833	3,391	1.40	17.46	24,625	29,458
11	Avenida 31 Poniente a Blvd. Del Niño Poblano	25	26	3.82	3.74	128	151	2,975	3,561	1.50	14.87	25,858	30,933
12	Blvd. Del Niño Poblano a Periférico Ecológico (D4)	23	42	7.63	4.17	131	67	2,505	1,860	1.50	19.55	21,967	16,058

No.	TRAMO	Composición vehicular			
		AUTOS	AUTOBUSES	CARGA	MOTOS
1	Periférico Ecológico (D8) a Blvd. 18 de Noviembre	85.17%	7.97%	5.57%	1.29%
2	Blvd. 18 de Noviembre a Camino a Manzanilla (cruce de la PEPSI)	84.73%	8.86%	5.18%	1.23%
3	Camino a Manzanilla a Calzada Ignacio Zaragoza	83.84%	6.67%	7.97%	1.52%
4	Calzada Ignacio Zaragoza a Blvd. 5 de Mayo (China Poblana)	87.50%	8.76%	2.10%	1.64%
5	Blvd. 5 de Mayo (China Poblana) a Avenida 18 Poniente	92.79%	3.45%	2.02%	1.74%
6	Avenida 18 Poniente a Gran Avenida	94.58%	4.72%	0.28%	0.42%
7	Gran Avenida a Avenida 10 Poniente	94.19%	5.01%	0.33%	0.47%
8	Avenida 10 Poniente a Blvd. Norte	92.43%	6.21%	0.48%	0.88%
9	Blvd. Norte y 10 Poniente a Avenida Juárez	89.91%	8.21%	0.88%	1.00%
10	Avenida Juárez a Avenida 31 Poniente	92.86%	5.50%	0.63%	1.01%
11	Avenida 31 Poniente a Blvd. Del Niño Poblano	92.93%	5.46%	0.62%	0.99%
12	Blvd. Del Niño Poblano a Periférico Ecológico (D4)	93.53%	3.49%	2.05%	0.94%
Promedio		90.37%	6.19%	2.34%	1.09%



El sistema de transporte actual contempla un total de 284 rutas, las cuales incluyen tres rutas denominadas Sistema de Transporte Bicentenario, que inician su operación en febrero del 2009. Es importante mencionar que el recorrido de estas rutas son orígenes y destinos que no habían sido atendidos por ninguna ruta, y los concesionarios lograron conformar una empresa.

La Ruta “A”, Ruta “B” y Ruta “C”, de acuerdo a los estudios de campo realizados, registran una demanda de 12,590 viajes diarios con un parque vehicular de 39 unidades en operación, con velocidades menores a los 20 kms/hr.

La diferencia entre las Rutas Bicentenarios y el Corredor Propuesto, radica en una demanda superior en este último, se dotará con paraderos fijos para evitar conflictos de ascenso y descenso y la circulación mixta con el transporte privado,

Las rutas A y B del “Sistema de Transporte Bicentenario” son un sistema que:

- Cuentan con autobuses de alta capacidad (90 personas por vehículo).
- Los concesionarios se constituyeron en empresas.

No se seleccionó esta alternativa en lugar de los autobuses articulados (BRT's) con capacidad para 160 personas, dado que resulta ser una opción más costosa para transportar a cada pasajero, es decir el costo por pasajero resulta ser mayor que el de un BRT.

El costo anual por pasajero, considerando la inversión en vehículos y los costos de operación se calcula como sigue:

Inversión en los vehículos para un año + Costo de operación anual
Número de viajes anuales

El costo anual por pasajero utilizando autobuses articulados (brt) equivale al 32% del costo por pasajero si se utilizan los autobuses de alta capacidad (Sisitema Bicentenario) como resultado de que en un sistema BRT se alcanzan economías de escala que permiten reducir los costos de operación.

Adicionalmente, la velocidad de los autobuses de alta capacidad es de 20 Km/h debido a que no circulan sobre un carril confinado, mientras que con la utilización de autobuses articulados y de un carril exclusivo, la velocidad se incrementa a 25 Km/h, lo cual permite reducir el tiempo de viaje de los usuarios.

Finalmente, los concesionarios que participan en el Proyecto del BRT están siendo preparados para constituirse en una empresa, acción que se inició con la Ruta Bicentenario. Los concesionarios han recibido capacitación por parte del CTS y del ITDP, así como de miembros de empresas operadoras de sistemas de BRT en el país, para comprender las ventajas de pasar de un esquema desagregado como es el de “hombre camión” a establecer una empresa.

Esto se ejemplifica en el cuadro siguiente:

COMPARATIVA DE LOS ESCENARIOS POR MODALIDAD					
AUTOBUSES DE ALTA CAPACIDAD 90 PASAJEROS					
		ARTICULADOS	AHORROS		
		MONTO	MONTO	UNIDAD	
A	CAPACIDAD	90	160		Personas
	UNIDADES	85	49		Vehículos
B	COSTO DE LA UNIDAD	\$180,000	\$450,000		Miles de dólares
C	INVERSIÓN VEHICULAR	\$15,242,418.76	\$21,974,500.30	-\$6,732,081.54	Dólares
D	TIPO DE CAMBIO	\$14.00	\$14.00		Pesos/dólar
E	IPK	3.9	7.5		Pax/km
F	HORAS DE OPERACIÓN	8.75	8.75		Horas
G	KILOMETRAJE OPERADO	27,430	14,282	13,148	Kms/día
H	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	\$15.24	\$16.31		Pesos
I=G*H	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN	\$418,039.33	\$232,891.81	\$185,147.52	Pesos
I	DEMANDA	107,757	107,757		Viajes diarios
J	VELOCIDAD	20	25		Km/h
K=(G/A)*324	KM ANUALES/VEHÍCULOS	104,953	94,761	10,193	Kilómetros
L	KMS EN 10 AÑOS/VEHÍCULOS	947,605	947,605		Kilómetros
M	COSTOS ANUAL POR PASAJERO	\$4.49	\$3.04		Pesos
PORCENTAJE DE AHORRO DEL COSTO DE PASAJERO				32%	

2.4.4. Cobertura y características operacionales de las rutas que integran el corredor

De las rutas que conforman el sistema de transporte público metropolitano, las que influyen de forma directa en el corredor son 34, de las cuales 25 son rutas urbanas pertenecientes en su mayoría a la cuenca Xonaca y Defensores, 5 son suburbanas que provienen del municipio de Atlixco y 4 de ellas provienen de localidades cercanas a la ciudad ya conurbadas, convirtiendo su servicio de suburbano a urbano. Con base en esta descripción, las rutas con cobertura para integrarse en el corredor se pueden clasificar de la forma siguiente:

- a) **Características de las rutas que influyen de forma directa en el corredor:** La forma de participación de las rutas involucradas se define inicialmente por el tipo de servicio que ofrecen y los kilómetros en los que circula por el trazo del corredor. Según información recabada, las rutas con más kilómetros recorridos sobre el corredor son las suburbanas TPT y Acapetlahuacan, provenientes del municipio de Atlixco. Estas circulan todo el Blvd. Atlixco en ambos sentidos, también se observa que las rutas urbanas que más kilómetros circulan sobre el corredor son la 36 Mega, 36 Auchan, 32 Bosques, Paseo Bravo y 32 “A” Bosques Zavaleta. Las primeras dos son rutas diametrales que prácticamente cruzan la ciudad de norte a sur y circulan sobre las avenidas Diagonal Defensores de la República y Blvr. Atlixco. Las rutas 32 y 32 “A” circulan por la avenida Diagonal Defensores de la República; por su parte la ruta 52 Bosques - CAPU, aunque solamente cruza sobre el corredor y no circula sobre su trazo, su cobertura es paralela al corredor.

Tabla 2.15: Rutas que influyen de forma directa en el corredor

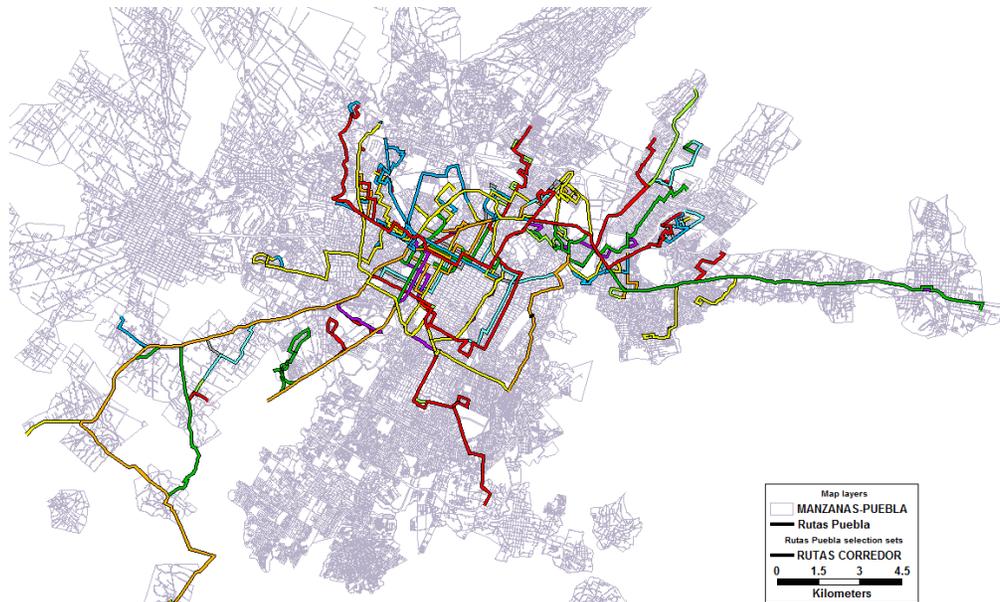
Clave	Nombre de la ruta	Tipo de servicio	km recorridos sobre el corredor
X01	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - RESURECCIÓN 2 DE MARZO	Urbana	2.7
X01.1	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - RESURECCIÓN	Urbana	2.7
X01.2	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - TILOXTOC	Urbana	2.7
X03	RUTA BOSQUES, PUEBLO NUEVO	Urbana	3.6
X05	RUTA JBS - CHAPULTEPEC, CLAVIJERO	Urbana	2.7
X05.1	RUTA JBS - SANTA MAGO	Urbana	2.7
X05.2	RUTA JBS - PARAISO, INFONAVIT BUGAMBILIAS	Urbana	2.7
X16	RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	Urbana	6.1
X17	RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALA	Urbana	6.5
X26	RUTA 52 BOSQUES, CAPU	Urbana	0
X31	RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	Urbana	2.55
X31.1	RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - BARRANCA	Urbana	2.55
X32	RUTA 61 "A" AQUILES SERDAN, CAPU, AMALUCAN	Urbana	0.7
X37	RUTA 8 PLAZAS, AMALUCAN	Urbana	1.3
S40	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - VILLA FRONTERA XILOTZINGO	Urbana	5.6
C21	RUTA 66 MERCADO MADERO, CAPU, CHINA POBLANA	Urbana	2.5
D14	RUTA 28 - GALAXIA	Urbana	2.2
D14.1	RUTA 28 - SANTA ANITA	Urbana	2.2
D16	RUTA 36 - MEGA	Urbana	10.54
D16.1	RUTA 36 - AUCHAN	Urbana	9.90
D18	RUTA 53 SUR MERCADO ZARAGOZA	Urbana	2.54
D19	RUTA 53 NORTE - COL. SAN PEDRO	Urbana	2.05
D19.1	RUTA 53 NORTE - MERCADO ZARAGOZA	Urbana	2.05
D24	RUTA 72 "A" MARAVILLAS, LAS ANIMAS	Urbana	1.75
N03	RUTA PERIMETRAL 3	Urbana	3.5
C5	RUTA LUSAC - SAN ANTONIO POR ADOQUIN	Urbana-Suburbana	11.3
C5.1	RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	Urbana-Suburbana	11.3
C5.2	RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	Urbana-Suburbana	11.3
S/C	RUTA BICENTENARIO - C	Urbana-Suburbana	1.74

Clave	Nombre de la ruta	Tipo de servicio	km recorridos sobre el corredor
C7	RUTA TLAXCALANCINGO, NACOSARI	Suburbana	8.58
S/C	RUTA TPT ATLIXCO	Suburbana	12.74
S/C	RUTA ACAPETLAHUACAN	Suburbana	12.74
S/C	RUTA MALACATEPEC, OCUYUCAN, PUEBLA	Suburbana	11.3
S/C	RUTA OCUYUCAN, PUEBLA	Suburbana	11.3

Fuente: LOGIT, inventario de rutas

El trazo de las rutas involucradas directamente con el corredor proviene de la zona Este de la ciudad hacia el centro, y de la región Sur hacia el centro y norte. La siguiente figura muestra la configuración de las 34 rutas que influyen directamente en el corredor anteriormente mencionadas.

Figura 2.32: Cobertura de las rutas que influyen de forma directa en el corredor



Fuente: Programa de Movilidad Metropolitana de la Ciudad de Puebla

Rutas a conformar el sistema Tronco–Alimentador

- b) **5 Rutas Troncales.** Actualmente existen muchas rutas que operan longitudes superiores a 3 km por sentido sobre el corredor. En función a este criterio se seleccionaron las que actualmente operan con una flota integrada por Vans, Macrovens, Midibuses y Microbuses. Las longitudes por ruta superan los 12 km en ambos sentidos.
- c) **9 Rutas Urbanas.** Se invitará a participar en la operación del corredor y simultáneamente en la operación de unas rutas alimentadoras, que se integran a lo largo del corredor.
- d) **6 Rutas Suburbanas.** Se invitará a participar en la operación del corredor, aunque será necesario que recorten su recorrido de operación actual en el área urbana, una ruta suburbana en la terminal “Chachapa” y 5 rutas en la terminal de “Tlaxcalancingo”.
- e) **Rutas Transversales.-** Son aquellas rutas que recorren en pequeñas longitudes el corredor o solo atraviesan el mismo. La opción es eliminar ese pequeño recorrido y que únicamente atraviesen el corredor. Existe una demanda natural hacia el corredor que desea traspasar, a esta demanda no se aplica ningún tipo de descuento por la integración, a falta de un sistema totalizado en la ciudad.

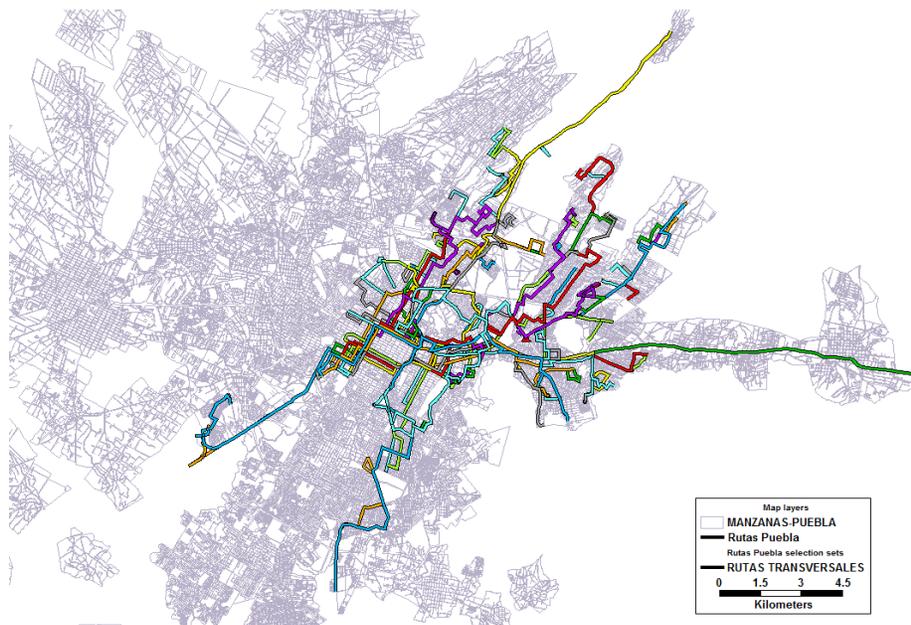
Tabla 2.16: Rutas alimentadoras para el corredor

CLAVE	NOMBRE DE LA RUTA
X08	RUTA 1 AMALUCAN, CENTRO
X09	RUTA 1 "A" AMALUCAN, CENTRO
X11	RUTA 17 VILLA VERDE, CENTRO
X12	RUTA 23 - EL SALVADOR, CENTRO
X13	RUTA 23 - GONZALO BAUTISTA, CENTRO
X15	RUTA 23 "A" CLAVIJERO, CENTRO
X18	RUTA 37 ALAMOS, TOLTEPEC, PASEO BRAVO
X21	RUTA 41 AMALUCAN - MEDICINA X 17 PONIENTE
X23	RUTA 50 MANUEL RIVERA ANAYA - C.U.
X28	RUTA 56 TRANSITO, COLOMBRES
X29.1	RUTA 58 - TILOSTOC, CENTRO, NUEVA
X34	RUTA 68 CENTRO, COLONIA DEL VALLE
X35	RUTA 68 CENTRO, COLONIA GUADALUPE
X36.1	RUTA 68 XONACATEPEC, CENTRO - OCOTAL
X39	RUTA AZTECA - MANUEL RIVERA ANAYA, SAN ANTONIO ABAD
X41	RUTA AZTECA - TOLTEPEC
X42.1	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - CARRETERA
X42.2	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - 2 DE MARZO
X43	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - FLOR DEL BOSQUE
X43.1	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - CARRIL
X44	RUTA 2 MANUEL RIVERA ANAYA, CENTRO
X45	RUTA 2 "A" SAN ANTONIO ABAD, CENTRO
D01	RUTA PUEBLA, CANOA
D03	RUTA "T" TLALTEPANGO, CENTRO
D06	RUTA 19 PINO SUÁREZ
D07	RUTA 27 VILLA FRONTERA - CAPU, ACEITERA
D11	RUTA 27 VILLA FRONTERA - NACIONES UNIDAS
D12	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, ACEITERA
D12.1	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, SAN SALVADOR
D13	RUTA 27 "A" SOLIDARIDAD , PASEO BRAVO
D20	RUTA 6
D21	RUTA 6 "A" SANTIAGO, ZONA INDUSTRIAL
D22	RUTA 70 XONACA - CHINA POBLANA, CENTRO
D23	RUTA 72 CU, SAN ISIDRO
D25	RUTA M21 SAN APARICIO - JOSEFINA
D27	RUTA M21 SAN APARICIO - 3 DE MAYO, INDIOS VERDES
D28	RUTA M21 SAN APARICIO - 6 DE JUNIO

Fuente: LOGIT, inventario de rutas

De acuerdo a las características de su recorrido, estas rutas circulan de forma paralela o cruzan al corredor en uno o más sitios, por lo que parte de la demanda de ellas será alimentación para el corredor.

Figura 2.33: Cobertura de las rutas que influyen de forma indirecta en el corredor



Fuente: LOGIT, inventario de rutas

Elementos operacionales de las rutas en situación actual: Los elementos operacionales de la situación actual de las rutas involucradas se pueden sintetizar con la caracterización de la flota; frecuencias e intervalos y Características del recorrido.

- **Caracterización de la flota:** Las características de la flota observada (resultado del estudio de frecuencia de paso), de las 71 rutas con influencia en el corredor es de 1633 vehículos, de los cuales 587 son autobuses con capacidad de 38 a 41 asientos, 35 minibuses con capacidad de 31 a 33 asientos, 461 microbuses que tienen una capacidad que va de los 23 a 25 asientos, 21 Macrofans con capacidad de 21 a 23 asientos y 529 Vans, con una capacidad de 13 a 16 asientos dependiendo del modelo del vehículo y la configuración interna de sus asientos.

Los tipos de vehículos utilizados varía según la composición de la ruta, algunas utilizan solo un tipo y otras dos o hasta cinco tipos distintos, algunas rutas comparten su flota; por lo que un mismo vehículo puede realizar distintos recorridos a lo largo del día, otras rutas también comparten su flota por día. En el caso de las rutas con clave X01, X01.1 y X01.2 comparten su flota, por lo que un mismo vehículo puede hacer tres recorridos distintos en el día. Otro ejemplo de la forma de operación de las rutas son las de clave D25, D27 y D28 que comparten flota por día, en la siguiente tabla se muestra la flota por ruta de forma separada.

- **Frecuencias e intervalos:** El servicio ofrecido es distinto por cada ruta y depende de distintos factores como la demanda, la longitud de su recorrido y la flota con la que cuentan. De las 71 rutas que influyen en el corredor el promedio ponderado de estas es de 8.6 vehículos por hora y su intervalo de 9 minutos. En la siguiente figura se muestran la frecuencia e intervalos de cada de las 71 rutas; en función a lo observado, comúnmente las rutas que tienen mayor frecuencia son las que están compuestas por una flota de vehículos tipo van (como ejemplo la ruta 1 Amalucan-Centro tiene una flota de 31 vehículos tipo van y de todo el grupo de rutas tiene la mayor frecuencia registrada, con un promedio de 17 vehículos por hora). Sin embargo, el concepto operacional no siempre varía, el caso de la ruta 32 Bosques-Paseo Bravo tiene una flota compuesta por autobuses y microbuses, con un total de 35 vehículos, y cuenta con una frecuencia de 15 vehículos por hora. En el caso contrario, las rutas que menor frecuencia presentaron son la X01, X01.2, X05.2 y D12.1 con el paso de sólo dos vehículos cada hora en su periodo de operación.

- **Características del recorrido (longitud, velocidad y tiempo):** En cuanto a la longitud del mismo grupo de 71 rutas, se dividen en dos, rutas urbanas con longitudes de viaje redondo que van desde los 15 hasta los 50 kilómetros, rutas suburbanas con longitudes mayores que van desde los 29 hasta los 70 kilómetros en dos sentidos de circulación. De las velocidades para las 71 rutas suburbanas en el recorrido sobre el corredor se obtiene un promedio ponderado de 17.54 km/h; expresado de otra forma, el 15% de estas rutas tienen velocidades menores a los 15 km/h, el 73% tienen velocidades de los 15 a 20 km/h y el 12% velocidades mayores a los 20 km/h.

2.4.5. Estimación de la demanda del corredor

La metodología para la obtención de los datos de la demanda de pasajeros diarios se obtuvo de forma puntual para cada una de las rutas y se determinó el índice de rotación. La demanda puntual se define como aquella que se observa durante el periodo de todo el día de servicio en un punto, mediante la aplicación del estudio de ocupación visual. Así mismo, se realizaron los estudios de ascenso y descenso; también para todo el periodo de operación determinando para cada uno de los viajes realizados el índice de rotación. El índice de rotación es el número de ascensos realizados en un viaje entre el cargamento máximo realizado en el mismo viaje, con los datos obtenidos se define la participación por ruta y tipo de demanda.

Demanda puntual

Producto del estudio de frecuencia de paso realizado en 270 rutas de las 284 que conforman el sistema, se obtuvieron sus demandas puntuales. En la tabla 2.17 se muestra la demanda puntual de las 71 rutas con influencia en el corredor, de lo que obtenemos un resultado por ambos sentidos de circulación de cada ruta de 262, 665 viajes diarios. También observamos que en las rutas 32 Bosques, Paseo Bravo y 32 “A” Bosques, Zavaleta tuvieron la mayor demanda con 12,688 y 9,424 pasajeros respectivamente. En el caso contrario la ruta JBS-Paraíso, Infonavit Bugambilias se registró una de demanda de 348 pasajeros al día.

Tabla 2.17: Demanda puntual de las 71 rutas con influencia en el corredor

CLAVE	DATOS DE LA RUTA NOMBRE DE LA RUTA	N° DE PASAJEROS	
		IDA	REGRESO
X01	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - RESURECCIÓN 2 DE MARZO	278	123
X01.1	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - RESURECCIÓN	1255	1059
X01.2	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - TILOXTOC	343	187
X03	RUTA BOSQUES, PUEBLO NUEVO	664	489
X05	RUTA JBS - CHAPULTEPEC, CLAVIJERO	2074	3004
X05.1	RUTA JBS - SANTA MAGO	1664	989
X05.2	RUTA JBS - PARAISO, INFONAVIT BUGAMBILIAS	219	129
X08	RUTA 1 AMALUCAN, CENTRO	2389	3482
X09	RUTA 1 "A" AMALUCAN, CENTRO	1557	1422
X11	RUTA 17 VILLA VERDE, CENTRO	674	933
X12	RUTA 23 - EL SALVADOR, CENTRO	2173	2270
X13	RUTA 23 - GONZALO BAUTISTA, CENTRO	1964	1468
X15	RUTA 23 "A" CLAVIJERO, CENTRO	2749	2226
X16	RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	5946	6742
X17	RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALETA	5008	4416
X18	RUTA 37 ALAMOS, TOLTEPEC, PASEO BRAVO	812	1128
X21	RUTA 41 AMALUCAN - MEDICINA X 17 PONIENTE	1312	1051
X23	RUTA 50 MANUEL RIVERA ANAYA - C.U.	2827	3916
X26	RUTA 52 BOSQUES, CAPU	4633	4029

CLAVE	DATOS DE LA RUTA NOMBRE DE LA RUTA	N° DE PASAJEROS	
		IDA	REGRESO
X28	RUTA 56 TRANSITO, COLOMBRES	918	1809
X29.1	RUTA 58 - TILOSTOC, CENTRO, NUEVA	1023	1094
X31	RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	2042	1897
X31.1	RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - BARRANCA	1417	1697
X32	RUTA 61 "A" AQUILES SERDAN, CAPU, AMALUCAN	1914	1592
X34	RUTA 68 CENTRO, COLONIA DEL VALLE	2562	2810
X35	RUTA 68 CENTRO, COLONIA GUADALUPE	3410	3376
X36.1	RUTA 68 XONACATEPEC, CENTRO - OCOTAL	3971	3942
X37	RUTA 8 PLAZAS, AMALUCAN	526	512
X39	RUTA AZTECA - MANUEL RIVERA ANAYA, SAN ANTONIO ABAD	3779	4994
X41	RUTA AZTECA - TOLTEPEC	2439	1813
X42.1	RUTA M17 RESURRECCON, CENTRO - CARRETERA	2367	2817
X42.2	RUTA M17 RESURRECCON, CENTRO - 2 DE MARZO	2010	1685
X43	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - FLOR DEL BOSQUE	1545	1336
X43.1	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - CARRIL	1631	1823
X44	RUTA 2 MANUEL RIVERA ANAYA, CENTRO	1137	1175
X45	RUTA 2 "A" SAN ANTONIO ABAD, CENTRO	2969	3192
S40	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - VILLA FRONTERA XILOTZINGO	3460	3642
C5	RUTA LUSAC - SAN ANTONIO POR ADOQUIN	1773	1756
C5.1	RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	1655	1879
C5.2	RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	1795	1919
C7	RUTA TLAXCALANCINGO, NACOZARI	1985	1818
C21	RUTA 66 MERCADO MADERO, CAPU, CHINA POBLANA	841	370
D01	RUTA PUEBLA, CANOA	2266	2672
D03	RUTA "T" TLALTEPANGO, CENTRO	1500	1522
D06	RUTA 19 PINO SUÁREZ	2135	2208
D07	RUTA 27 VILLA FRONTERA - CAPU, ACEITERA	1201	1307
D11	RUTA 27 VILLA FRONTERA - NACIONES UNIDAS	735	598
D12	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, ACEITERA	1060	939
D12.1	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, SAN SALVADOR	433	268
D13	RUTA 27 "A" SOLIDARIDAD, PASEO BRAVO	2731	2613
D14	RUTA 28 - GALAXIA	1377	1109
D14.1	RUTA 28 - SANTA ANITA	707	843
D16	RUTA 36 - MEGA	2558	1691
D16.1	RUTA 36 - AUCHAN	2740	1301
D18	RUTA 53 SUR MERCADO ZARAGOZA	1146	1652
D19	RUTA 53 NORTE - COL. SAN PEDRO	1813	1145
D19.1	RUTA 53 NORTE - MERCADO ZARAGOZA		
D20	RUTA 6	1226	1679
D21	RUTA 6 "A" SANTIAGO, ZONA INDUSTRIAL	839	747
D22	RUTA 70 XONACA - CHINA POBLANA, CENTRO	828	697
D23	RUTA 72 CU, SAN ISIDRO	4647	3988
D24	RUTA 72 "A" MARAVILLAS, LAS ANIMAS	2913	3700
D25	RUTA M21 SAN APARICIO - JOSEFINA	2434	2068
D27	RUTA M21 SAN APARICIO - 3 DE MAYO, INDIOS VERDES	1137	1300
D28	RUTA M21 SAN APARICIO - 6 DE JUNIO	1578	1539
N03	RUTA PERIMETRAL 3		1588
S/C	RUTA TPT ATLIXCO	1374	1347
S/C	RUTA BICENTENARIO - C	441	419
S/C	RUTA ACAPETLAHUACAN	2213	2129

CLAVE	DATOS DE LA RUTA NOMBRE DE LA RUTA	N° DE PASAJEROS	
		IDA	REGRESO
S/C	RUTA MALACATEPEC, OCUYUCAN, PUEBLA	1974	2050
S/C	RUTA OCUYUCAN, PUEBLA	850	969

Fuente: LOGIT, estudio de frecuencia de paso y ocupación

Índice de rotación

Del estudio de ascenso y descenso de usuarios que se aplicó en las 71 rutas con influencia en el corredor, realizando un total de 853 viajes redondos en periodos pico de la mañana, del medio día y de la tarde, así como en los periodos valle de la mañana y de la tarde, en promedio se sacó una muestra de 12 viajes por ruta. Se obtuvo el índice de renovación, el cual es un indicador que nos permite conocer en promedio por vuelta el número de veces que una unidad de transporte público renueva la totalidad de su pasaje. Así pues, un indicador alrededor de 2.0 indica que hay un excelente índice de rotación, mientras que una tasa de 1.0, representa un nivel muy deficiente. En la siguiente tabla 2.18, se muestran los índices de rotación para cada una de las 71 rutas estudiadas.

Tabla 2.18: Índice de rotación las 71 rutas con influencia en el corredor

CLAVE	NOMBRE DE LA RUTA	ÍNDICE DE ROTACIÓN
X01	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - RESURECCIÓN 2 DE MARZO	1.93
X01.1	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - RESURECCIÓN	1.63
X01.2	RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - TILOXTOC	1.69
X03	RUTA BOSQUES, PUEBLO NUEVO	2.75
X05	RUTA JBS - CHAPULTEPEC, CLAVIJERO	1.87
X05.1	RUTA JBS - SANTA MAGO	1.98
X05.2	RUTA JBS - PARAISO, INFONAVIT BUGAMBILIAS	1.84
X08	RUTA 1 AMALUCAN, CENTRO	1.41
X09	RUTA 1 "A" AMALUCAN, CENTRO	1.56
X11	RUTA 17 VILLA VERDE, CENTRO	1.55
X12	RUTA 23 - EL SALVADOR, CENTRO	1.34
X13	RUTA 23 - GONZALO BAUTISTA, CENTRO	1.28
X15	RUTA 23 "A" CLAVIJERO, CENTRO	1.22
X16	RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	1.44
X17	RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALETA	1.71
X18	RUTA 37 ALAMOS, TOLTEPEC, PASEO BRAVO	1.2
X21	RUTA 41 AMALUCAN - MEDICINA X 17 PONIENTE	1.55
X23	RUTA 50 MANUEL RIVERA ANAYA - C.U.	1.81
X26	RUTA 52 BOSQUES, CAPU	1.4
X28	RUTA 56 TRANSITO, COLOMBRES	1.73
X29.1	RUTA 58 - TILOSTOC, CENTRO, NUEVA	1.28
X31	RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	1.87
X31.1	RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - BARRANCA	2.13
X32	RUTA 61 "A" AQUILES SERDAN, CAPU, AMALUCAN	2.52
X34	RUTA 68 CENTRO, COLONIA DEL VALLE	1.5
X35	RUTA 68 CENTRO, COLONIA GUADALUPE	1.36
X36.1	RUTA 68 XONACATEPEC, CENTRO - OCOTAL	1.69
X37	RUTA 8 PLAZAS, AMALUCAN	2.42
X39	RUTA AZTECA - MANUEL RIVERA ANAYA, SAN ANTONIO ABAD	1.97
X41	RUTA AZTECA - TOLTEPEC	1.64
X42.1	RUTA M17 RESURRECCON, CENTRO - CARRETERA	1.47
X42.2	RUTA M17 RESURRECCON, CENTRO - 2 DE MARZO	1.26
X43	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - FLOR DEL BOSQUE	1.66
X43.1	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - CARRIL	1.58
X44	RUTA 2 MANUEL RIVERA ANAYA, CENTRO	2.02

X45	RUTA 2 "A" SAN ANTONIO ABAD, CENTRO	1.59
S40	RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - VILLA FRONTERA XILOTZINGO	2.29
C5	RUTA LUSAC - SAN ANTONIO POR ADOQUIN	1.38
C5.1	RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	1.49
C5.2	RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	1.44
C7	RUTA TLAXCALANCINGO, NACUZARI	1.87
C21	RUTA 66 MERCADO MADERO, CAPU, CHINA POBLANA	2.82
D01	RUTA PUEBLA, CANOA	1.06
D03	RUTA "T" TLALTEPANGO, CENTRO	1.71
D06	RUTA 19 PINO SUÁREZ	1.63
D07	RUTA 27 VILLA FRONTERA - CAPU, ACEITERA	1.33
D11	RUTA 27 VILLA FRONTERA - NACIONES UNIDAS	1.28
D12	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, ACEITERA	1.23
D12.1	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, SAN SALVADOR	1.38
D13	RUTA 27 "A" SOLIDARIDAD, PASEO BRAVO	1.29
D14	RUTA 28 - GALAXIA	1.41
D14.1	RUTA 28 - SANTA ANITA	1.41
D16	RUTA 36 - MEGA	2.91
D16.1	RUTA 36 - AUCHAN	3.29
D18	RUTA 53 SUR MERCADO ZARAGOZA	2.84
D19	RUTA 53 NORTE - COL. SAN PEDRO	2.61
D19.1	RUTA 53 NORTE - MERCADO ZARAGOZA	2.84
D20	RUTA 6	1.27
D21	RUTA 6 "A" SANTIAGO, ZONA INDUSTRIAL	1.42
D22	RUTA 70 XONACA - CHINA POBLANA, CENTRO	2.14
D23	RUTA 72 CU, SAN ISIDRO	1.98
D24	RUTA 72 "A" MARAVILLAS, LAS ANIMAS	1.85
D25	RUTA M21 SAN APARICIO - JOSEFINA	1.44
D27	RUTA M21 SAN APARICIO - 3 DE MAYO, INDIOS VERDES	1.23
D28	RUTA M21 SAN APARICIO - 6 DE JUNIO	1.42
N03	RUTA PERIMETRAL 3	2.94
S/C	RUTA TPT ATLIXCO	1.22
S/C	RUTA BICENTENARIO - C	1.28
S/C	RUTA ACAPETLAHUACAN	1.2
S/C	RUTA MALACATEPEC, OCUYUCAN, PUEBLA	1.69
S/C	RUTA OCUYUCAN, PUEBLA	1.86

Fuente: LOGIT, estudio de ascenso y descenso de usuarios

La demanda diaria para las rutas que participarán en el proceso de implantación del corredor es de **107,758** pasajeros diarios, la distribución del comportamiento de la demanda actual es como sigue:

- Demanda convertida a Troncal con **71,704** pasajeros diarios, esta demanda era distribuida por las rutas canceladas y reducidas en la longitud de su recorrido, convirtiéndose en demanda exclusiva en el corredor;
- Demanda compartida de **36,054**, proveniente de las rutas alimentadoras derivadas de los mismos concesionarios que integran la troncal, más las rutas reestructuradas de otros concesionarios y rutas transversales que alimentan indirectamente al corredor.

En este contexto las demandas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- a) **Demanda exclusiva troncal:** Generada a pie de corredor con una cobertura de 300 a 500 metros a cada lado del trazo.
- b) **Demanda de alimentación compartida:** La que se transfiere al corredor, generada por la alimentación de los mismos concesionarios del corredor.

- c) **Demanda exclusiva de alimentación:** La que nunca toca el corredor, generada por las rutas de alimentación de los mismos concesionarios del corredor.
- d) **Demanda de alimentación compartida:** Generada por rutas con recorridos reestructurados sobre el corredor, no es generada por los concesionarios involucrados en el corredor.
- e) **Demanda de rutas transversales:** Generada por las rutas transversales a lo largo del corredor, no es generada por los concesionarios del corredor.

Los estudios realizados demuestran que la integración de la demanda depende de varios supuestos dentro de los que destacan: La forma de asociación de los concesionarios directa e indirectamente involucrados; la consideración de la demanda derivada de varios grupos asociados por su comportamiento operacional; la definición de la demanda considerada para el costo beneficio (beneficiados directos del sistema o corredor); las posibilidades de integración tarifaria o al modelo de participación de los concesionarios. Con base en estas consideraciones se analizaron cuatro supuestos:

Caso 1: Considerar únicamente la demanda directa de la troncal, sin incluir la demanda generada por la alimentación y demanda exclusiva de alimentación

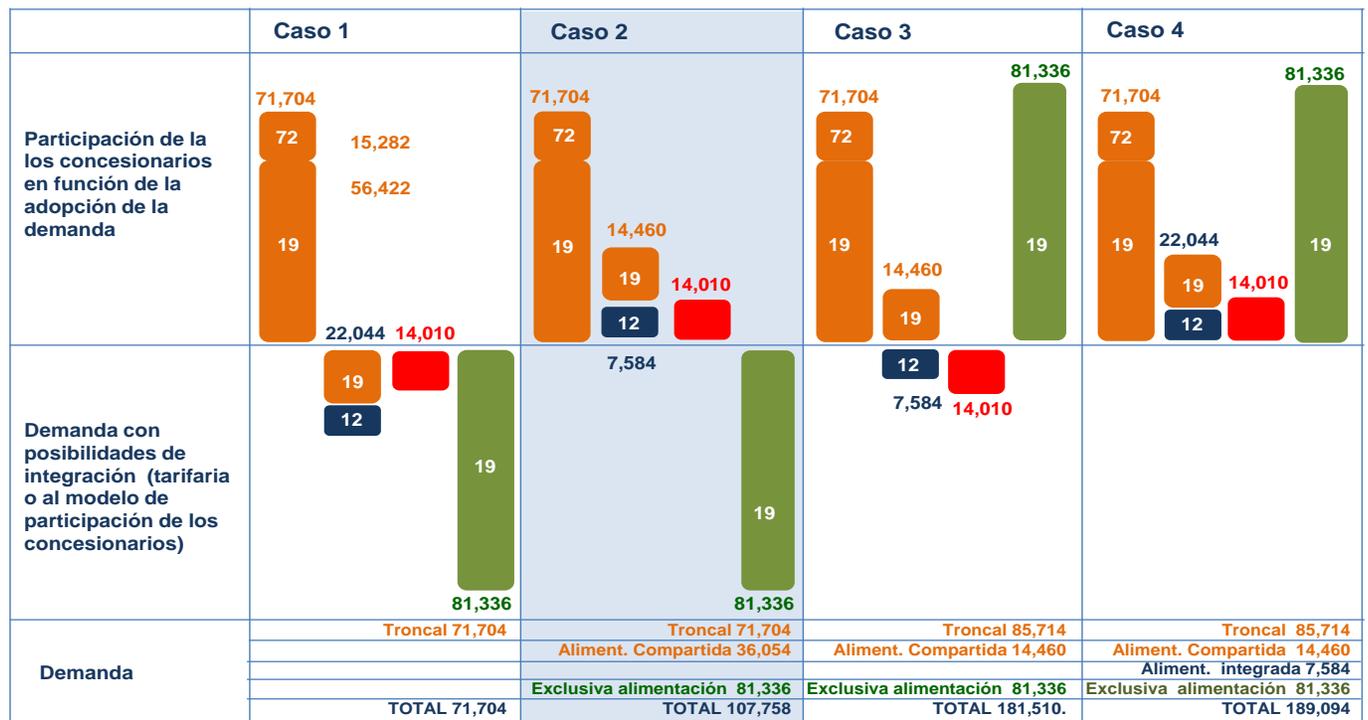
Caso 2: Considerar la demanda directa de la troncal más las demandas derivadas de la alimentación, sin considerar la exclusiva de alimentación.

Caso 3: Considerar la demanda generada por las rutas involucradas en el corredor, esto incluye parte de la alimentación más la demanda exclusiva de alimentación

Caso 4: Considerar todas las posibilidades de generación de la demanda sin tomar en cuenta las formas de asociación.

Sin embargo para la realización del análisis COSTO BENEFICIO, es necesario considerar únicamente la demanda de los beneficiados directos, lo que excluye la demanda que no toca el corredor (exclusiva de alimentación), por lo que se seleccionó el CASO 2, para realizar los estudios correspondientes.

Figura 2.34: Distribución y opciones de integración de la demanda del corredor



Fuente: LOGIT, con base en los datos de demanda y formas de asociación de los concesionarios

El gráfico siguiente ilustra la forma de integración de la demanda, la exclusiva de troncal (71,704 vpd); de alimentación compartida (14,460 y 7,584 vpd) y demanda de rutas transversales (14,010) con un total de 107,758 vpd para evaluar los beneficios en ahorros de tiempo y costos operacionales sin incluir la demanda exclusiva de alimentación.

Figura 2.35: Demanda seleccionada para el análisis Costo Beneficio

a) Demanda Exclusiva Troncal:	71,704 vpd	56,422 (19 rutas)	15,282 (72 rutas)
b) Demanda de alimentación compartida:	14,460 vpd	(19 rutas)	
c) Demanda de alimentación compartida:	7,584 vpd	(12 rutas)	
d) Demanda de rutas transversales:	14,010 vpd	(60 rutas)	

TOTAL	107,758 VPD	DEMANDA CONSIDERADA PARA EL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO
Demanda exclusiva de alimentación:	81,336 vpd	DEMANDA NO CONSIDERADA PARA EL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO



Fuente: Elaboración con base modelo conceptual de demandas

3.- Descripción del Proyecto

a. Objetivo general

Los objetivos del proyecto se apegan a la estrategia vertida en la Planeación Nacional, Estatal y las directrices y estrategia local. Los ordenamientos retomados en su parte sectorial correspondiente son el Plan Nacional de Desarrollo, el Programa Nacional de Infraestructura y los programas locales, sectoriales y regionales; que proporcionan los elementos que fundamentan los mecanismos de planeación del proyecto del Área Metropolitana de la ciudad de Puebla.

Objetivo Específico

- El objetivo específico se centra en crear el proyecto de modernización para transporte público urbano a nivel Metropolitano, permitiendo construir y operar un Sistema de Corredor de Transporte, para el mejoramiento de la movilidad urbana y el desarrollo socioeconómico de la población establecida en el área de estudio.

Objetivos Particulares

i) Plan Nacional de Desarrollo

El proyecto colabora con las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo mediante la implementación del Corredor de Transporte, implementando un “sistema de transporte económico, competitivo, eficiente, y seguro”, como se marca en las iniciativas sectoriales del Plan.

ii) Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012

El esquema establecido en el Programa Sectorial define “promover el desarrollo de un modelo de planeación, programación, presupuestario, seguimiento y evaluación de proyectos de infraestructura, que permita maximizar el beneficio económico y social del mismo, de manera que se optimicen las inversiones en la materia, al mismo tiempo marca lo siguiente:

- Coadyuvar al desarrollo de Corredores Multimodales, mediante la implementación de infraestructura urbana, para potenciar la prestación de servicios multimodales.
- Integrar proyectos sociales y amigables con el medio ambiente, mediante la reestructuración del transporte público urbano y suburbano, para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero.
- Modificar el marco legal que regula el transporte público, mediante su revisión en el proceso de modernización del sistema, para contar con un marco jurídico acorde con la dinámica del transporte multimodal.

iii) Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla 2007

Por su parte el programa Municipal define el impulso a la densificación y/o re densificación selectiva del suelo urbano en proyectos de Corredores de Transporte, para acercar los servicios en desarrollos potenciales que induzcan al desarrollo de la Movilidad Urbana, entre otras cosas define lo siguiente:

- Reducir el parque vehicular del transporte público, mediante el dimensionamiento de la flota actual establecida a partir de la demanda actual del proyecto del Corredor, para coadyuvar a la reducción de gases efecto invernadero y contaminantes criterio.
- Facilitar el acceso al transporte público urbano y suburbano principalmente para las personas con discapacidad y de la tercera edad, a través del diseño de accesos a las terminales y paraderos del corredor integrados en el contexto urbano, para garantizar el servicio a los grupos más vulnerables.
- Integrar el sistema vial primario del área del Corredor mediante la implementación de la infraestructura funcional para el transporte público y el tránsito, para el mejoramiento de la Movilidad Urbana a nivel metropolitana.
- Ordenar el tránsito vehicular y peatonal, mediante la implementación de sistemas de control electrónico y señalamiento vertical y horizontal que permitan optimizar los niveles de servicio de la red vial.
- Incrementar la plusvalía de los predios e inmuebles del área del Corredor mediante la implementación de un sistema óptimo de transporte público y el mejoramiento vial.
- Proporcionar el ideal modo de transporte el cual se adapte a las características de la red vial actual, mediante el diseño e incorporación del Concepto de Corredor Progresivo de Transporte para que de manera paulatina se incorporen los distintos modos de transporte conforme a la demanda real de la población.
- Establecer los beneficios sociales y económicos mediante los indicadores de ahorro de tiempo y ahorro en los costos operacionales, establecidos a partir del proyecto del Corredor, para mejorar la calidad de vida de la población.
- Mejorar la Imagen Urbana del área del Corredor mediante el diseño de áreas abiertas y el uso de elementos arbóreos y artificiales que impriman una imagen con identidad, legibilidad, significado, orientación y diversidad.

En términos generales los objetivos específicos contenidos en los distintos ordenamientos, consideran de manera puntual, un incremento sustancial en la cobertura y calidad de la infraestructura, la intervención de

recursos públicos y privados, y los parámetros de financiamiento de la inversión en infraestructura con recursos provenientes del Programa Nacional de Infraestructura.

En el ámbito local, el desarrollo de los estudios y planes elaborados de manera consecutiva en los últimos años, fijan las bases técnicas y legales para dar sustento al proyecto del Corredor de Transporte, como una respuesta a las necesidades de la población del área metropolitana de la ciudad de Puebla en materia de Movilidad Urbana.

b. Propósitos

Los propósitos del proyecto se fundamentan en la cobertura de todos los elementos que intervienen para su desarrollo, considerando los siguientes:

- **Restringir el uso del vehículo privado** amortiguando el incremento de las tasas de motorización y privilegiando el uso del transporte público.
- **Construir infraestructura especializada** para privilegiar el transporte colectivo de pasajeros con carriles preferenciales, terminales de alimentación y paraderos de transferencia, implantando un sistema tronco-alimentador, con el propósito de disminuir los costos operacionales para los concesionarios.
- **Privilegiar al usuario** del transporte colectivo con penalizaciones mínimas en las transferencias, con el propósito de mejorar el tiempo de traslado de los usuarios y el ahorro de costos en la tarifa.
- **Crear un organismo** de gestión, operación y supervisión del servicio con tecnología de punta para corregir, ordenar y coordinar un nuevo sistema de transporte integrado.
- **Diseñar corredores de transporte** y nuevas rutas que por su trazo y cobertura obedezcan a los patrones de comportamiento de los usuarios con el propósito de disminuir los transbordos e impulsar los ahorros en tiempo de traslado.
- **Impulsar la organización de concesionarios** pasando del esquema hombre camión a unidades empresariales, con un enfoque de rentabilidad, incentivando su asociación y desarrollo interno.
- **Promover la participación privada** con esquemas innovadores que incentiven la inversión en infraestructura y equipamiento para el transporte, promoviendo modelos de pronta recuperación financiera.
- **Proponer tecnologías limpias** e infraestructura sustentable que tienda a disminuir las emisiones de contaminantes y el impacto al medio ambiente.

c. Componentes

El proyecto de infraestructura consiste en la construcción de (a) corredor troncal con vía reservada al transporte público que cruzará la ZMP de nororiente a sur poniente, pasando por los municipios de Amozoc, Puebla y San Andrés Cholula; con una longitud de 18.5 km de terminal a terminal; (b) 38 paraderos distribuidos a lo largo del corredor con una separación promedio de 500m de longitud, 36 normales sin rebase y dos de integración con bahías de rebase; (c) dos centros de transferencia multimodal (CETRAM) o terminales de alimentación ubicadas en las puntas del corredor; (d) encierros y taller ubicado en la terminal de Chachapa con capacidad para 45 autobuses articulados más área de reserva, con stock de salidas en terminal Tlaxcalancingo; (e) centro de control y comunicación – CCC, localizado en terminal Chachapa con ramaleo de su infraestructura y equipamiento a lo largo del corredor.

Localización del corredor, Centros de Transferencia Multimodal (CETRAM) y paraderos de integración

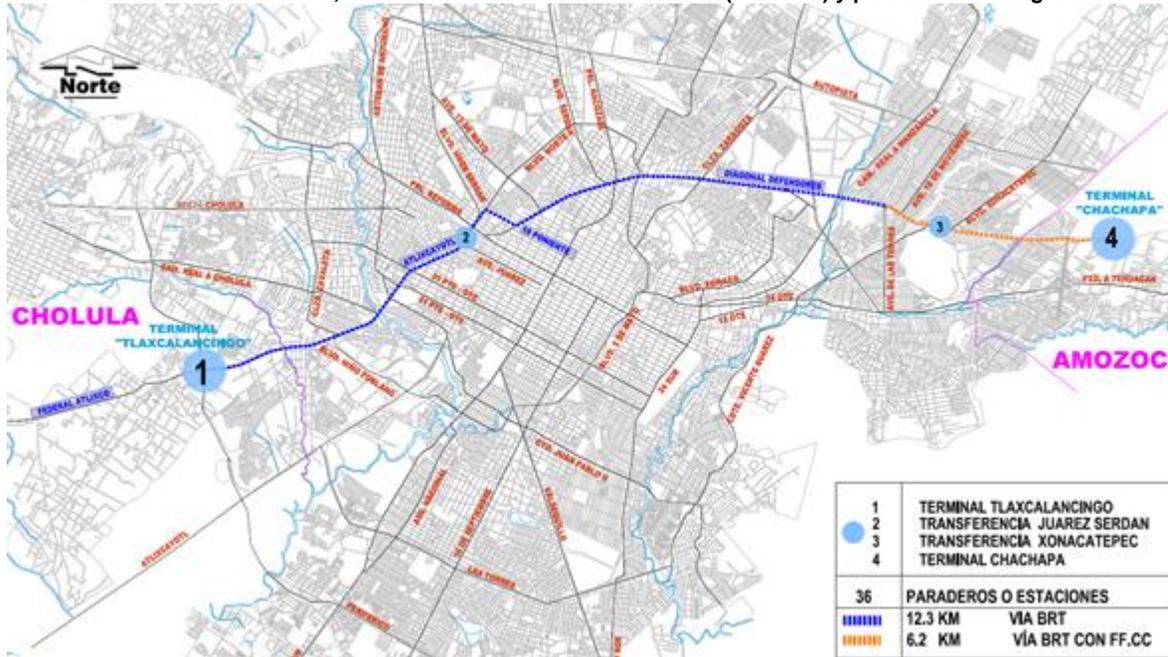


Tabla 3.1: Principales componentes del proyecto propuesto de transporte público Corredor Chachapa - Tlaxcalancingo

Componentes de la infraestructura	CORREDOR
a) Carriles segregados, puentes y pasos a desnivel	18.5 Km de longitud, con carriles segregados ambos sentidos (sin rebase) 6 puentes y 2 ampliaciones
b) Paraderos	36 paraderos normales y 2 paraderos de integración (Bosques de San Sebastián y distribuidor Juárez-Serdán)
c) Centros de Transferencia Multimodal (Terminales de alimentación)	"CETRAM Norte" (Chachapa) "CETRAM Sur" (Tlaxcalancingo)
d) Encierros y talleres	Ubicado en Terminal Norte (Chachapa) con stock de salida en terminal Sur (Tlaxcalancingo)
e) Centro de control y Comunicación CCC	Ubicado en Terminal norte (Chachapa)
f) Tipo y número de vehículos	40 autobuses Articulado piso alto (más 5 de reserva)

a) Carriles segregados, puentes y pasos a desnivel:

Los carriles segregados (18.5 km por sentido), se caracterizan por el confinamiento izquierdo en cada sentidos de circulación y para cada cuerpo de la vialidad, debido a la ubicación de los paraderos en el camellón central, la composición a lo largo del corredor varía en función de la situación física de la infraestructura actual y el comportamiento funcional y operacional, estos elementos definen distintas situaciones que condicionan el diseño del proyecto de carriles segregados por la convivencia en 12.3 km con el tránsito de vehículos y en 6.2 km con el ferrocarril, esta situación define en términos generales cinco secciones de comportamiento.

- (i) Tramo 1 (Blvd. Atlixco): de Terminal Tlaxcalancingo hasta distribuidor Juárez Serdán
- (ii) Tramo 2 (Distribuidor Juárez Serdán) desde calle Matamoros hasta calle 4 Poniente
- (iii) Tramo 3 (10 Poniente): desde calle 4 Poniente hasta Diagonal Defensores de la Republica.
- (iv) Tramo 4 (Diagonal Defensores de la Republica): desde 10 Poniente hasta La Ciénega.
- (v) Tramo 5 (Tramo de FFCC) desde la Ciénega hasta la Terminal Chachapa

(i) Tramo 1 (Blvd. Atlixco): de Terminal Tlaxcalancingo hasta distribuidor Juárez Serdán

- *Característica física actual:* El tramo Boulevard Atlixco tiene una sección homogénea, con excepción de tres puntos donde su capacidad se reduce en dos cruces, en el arroyo “El Zapatero” y “Rio Atoyac” donde la sección se estrecha, conservando sus carriles sin opción de crecimiento y en el puente del “Niño Poblano” donde se reduce la capacidad a dos carriles. En ambos sentidos actualmente existen para circulación de todos los modos tres carriles con dos sentidos de circulación.
- *Características propuestas:* El propósito fue conservar los tres carriles de circulación para el tránsito privado, optimizando los anchos de los carriles existentes y ganando área en camellón central, esto permite aumentar los carriles reservados para el transporte público, los paraderos se localizaron en áreas de mayor aprovechamiento del tramo, en el puente del “Niño Poblano” se comparte la circulación por permitirlo las velocidades de operación.

Corte transversal esquemático de la sección Boulevard Atlixco de Terminal Tlaxcalancingo hasta distribuidor Juárez Serdán



- *Intervenciones:* Ampliación del puente sobre el río “El Zapatero” en ambos cuerpos de la vialidad; ampliación de un carril adicional sobre la margen interna y externa del puente del. “Rio Atoyac”; sin intervención mayor en el puente del “Niño Poblano” y pavimentación del carril reservado con concreto hidráulico con un ancho mínimo de 3.20

(ii) Tramo 2 (Distribuidor Juárez Serdán) desde calle Matamoras hasta calle 4 Poniente

- *Característica física actual:* Con una longitud de 1.22 km de longitud el paso deprimido Juárez Serdán, ya cuenta con infraestructura que permite realizar el confinamiento del sistema troncal, en su acceso de sur a norte tiene una longitud de 750 m. con un ancho de sección de 8 m., posteriormente esta sección se va ampliando hasta alcanzar los 16.5 m. (en una longitud de 380 m). Se reduce en las dos puntas de acceso (Boulevard Atlixco y calle Matamoras y Boulevard Atlixco y calle 4 Poniente) lo que requiere intervenciones para su adecuación.

Corte transversal esquemático de la sección Boulevard Atlixco (longitud de 750 m. con un ancho de sección de 8 m)



- *Características propuestas:* La infraestructura está hecha expresamente para las características requeridas de un sistema de transporte confinado, la sección de 8 m. permite la inclusión de dos carriles de circulación ambos sentidos y cuando la sección se va ampliando hasta alcanzar los 16.5 m. (en una longitud de 380 m. permite realizar el paradero de transferencia con carriles de rebase.
- *Intervenciones:* Adecuación de ambos accesos (Boulevard Atlixco y calle Matamoras y Boulevard Atlixco y calle 4 Poniente) con obras de ampliación para dar viabilidad al carril confinado, actualmente la pavimentación es de concreto hidráulico.

Corte transversal esquemático de la sección Boulevard Atlixco (16.5 m. de ancho en una longitud de 380 m).



(iii) Tramo 3 (10 Poniente): desde calle 4 Poniente hasta Diagonal Defensores de la Republica.

- *Característica física actual:* El tramo de la 10 poniente se define por dos tipos de comportamiento, un tramo de tres carriles por sentido con camellón central y otra definida como una calle tradicional de un sentido de circulación, la longitud de esta segunda es de 0.65 km. En ambos tramos actualmente existen para circulación de todos los modos de transporte.
- *Características propuestas:* El planteamiento del segundo tramo es destinarlo para uso exclusivo del corredor, proporcionando únicamente un carril de cada lado para acceso programado a los comercios adyacentes, de hecho el Programa de Movilidad del Área Metropolitana define la Av. 10 Poniente con estas características. Se limitará la circulación de paso, solo habrá accesos a usuarios locales.
- *Intervenciones:* Pavimentación de concreto hidráulico de los carriles reservados para transporte en el primer tramo y pavimentación total en el segundo tramo.

Corte transversal esquemático del segundo tramo de la 10 Poniente (Exclusividad para transporte con acceso a comercios y vivienda).



(iv) Tramo 4 (Diagonal Defensores de la Republica): desde 10 Poniente hasta La Ciénega.

- *Característica física actual:* El tramo de la Diagonal Defensores de la Republica se integra por una longitud de 5.3 km, tiene una sección homogénea, en ambos sentidos cada cuerpo se integra por tres carriles en cada cuerpo, dos carriles se utilizan para el tránsito privado y uno es ocupado para estacionamiento. En ambos tramos circulan todos los modos de transporte.
- *Características propuestas:* Se conservan los tres carriles de circulación se optimizan dos para el tránsito privado y uno para el transporte público con prohibición del estacionamiento, esto permite aumentar los carriles reservados para el transporte público, los paraderos se localizaron en áreas de mayor aprovechamiento en el camellón central.
- *Intervenciones:* Pavimentación de concreto hidráulico de los carriles reservados para transporte.

Corte transversal esquemático del segundo tramo de la 10 Poniente (Exclusividad para transporte con acceso a comercios y vivienda).



(v) Tramo 5 (Tramo de FFCC) desde Ciénega hasta la Terminal Chachapa

- *Característica física actual:* Con una longitud de 6.2 km y anchos variables, es el tramo que necesita mayor urbanización, actualmente solo se encuentra la infraestructura de la vía del ferrocarril, no cuenta con ningún tipo de servicio público y es la zona de mayor densidad poblacional y producción de viajes. Actualmente, existen 11 cruces a nivel sobre el tramo del corredor autorizados por la SCT, no cuentan con las medidas de seguridad necesarias,
- *Características propuestas:* Retomar parte del derecho de vía de FERROSUR en algunos tramos, confinar e instalar la infraestructura necesaria para crear los carriles reservados (confinados en este caso), para el libre paso del corredor de transporte, considerando los elementos de seguridad (señalética, barreras de protección, pasos peatonales, muros de protección, etc.) para garantizar una adecuada convivencia con el FFCC.

En gran parte se respeta el derecho de vía, existen tramos específicos que se aprovechan demarcando el diseño estructural y funcional acorde con el margen de seguridad, en este tramo transitará exclusivamente el transporte público.

Corte transversal esquemático del segundo tramo de la 10 Poniente (Exclusividad para transporte con acceso a comercios y vivienda).



- *Intervenciones:* Pavimentación de concreto hidráulico de los carriles reservados para transporte público (6.2.km), crear la infraestructura necesaria que proporcione seguridad en los cruces autorizados y considerar los servicios público y los elementos que generen las obras inducidas, (drenaje pluvial, reubicación o sustitución de las líneas de agua potable, gas, eléctricas y/o cualquier otro elemento que se encuentre en este tramo). Para crear los carriles confinados se habilitarán puentes, adecuaciones en la infraestructura existente y pasos a desnivel compuesta por los siguientes elementos:

Puente Barranca Mixatlatl: Cruce a nivel para librar barranca, con un ancho total de calzada de 9.40 m., incluye banquetas y guarniciones, un carril por sentido, con una longitud (claro) de 35 m.

Perspectiva de puente Barranca Mixatlal



Puente Barranca Tlanixahuatl: Paso Inferior Vehicular (PIV) elemento que se considera para realizar el cruce de la margen derecha de la vía de FFCC. a la margen izquierda de la misma, en este entrecruce se libra también la barranca Tlanixahuatl, cuenta con un ancho total de calzada de 8.40 m. incluye banquetas y guarniciones, un carril por sentido, con una longitud (claro) de 315 m.

Puente Barranca Manzanilla: Cruce a nivel para librar barranca, con un ancho total de calzada de 9.40 m., incluye banquetas y guarniciones, un carril por sentido, con una longitud (claro) de 35 m.

Perspectiva de puente Barranca Manzanilla



Viaducto Cruce Vía de FFCC: Paso Inferior Vehicular (PIV) elemento que se considera para realizar el cruce de la margen izquierda de la vía de FFCC. a la margen derecha de la misma, para el acceso a terminal Chachapa, cuenta con un ancho total de calzada de 7.40 m. incluye banquetas y guarniciones, un carril por sentido, con una longitud (claro) de 311 m.

Puente Barranca San Antonio (Rio Alsesecca): Cruce a nivel para librar barranca, con un ancho total de calzada de 9.40 m., incluye banquetas y guarniciones, un carril por sentido, con una longitud (claro) de 35 m.

Perspectiva de puente Barranca San Antonio (Rio Alseseca)



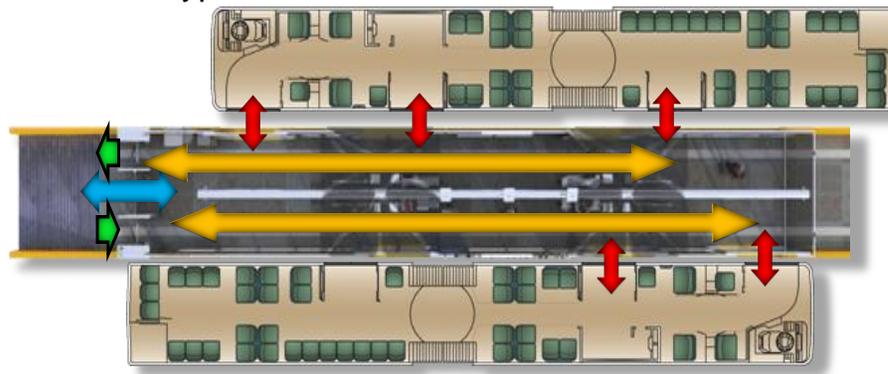
Viaducto AV. 18 de Noviembre: Paso Superior Vehicular (PSV), elemento perpendicular al eje del corredor que permite un libre flujo del corredor y por ende al FFCC, en este punto se tiene un TPDA de 44 mil vehículos; la estructura tiene un ancho total de calzada de 22.34 m. incluye banquetas y guarniciones, tres carriles por sentido, con una longitud (Claro) de 195 m.

b) Paraderos

La infraestructura de albergue de los usuarios en el proyecto del Corredor, se integra por 36 paraderos normales y 2 paraderos de integración (Bosques de San Sebastián y distribuidor Juárez-Serdán), se localizan en función de la concentración de la demanda y por los centros de generación y atracción de viajes resultado del proyecto funcional y operacional del corredor, se respeta en promedio la distancia caminable del usuario (300m), en términos generales los componentes de los paraderos son:

- *Componentes físicos:* Rampa de ascenso con pendiente mínima para alcanzar los 0.90 cm de altura; espacio de recarga de créditos y validación del prepago; control de acceso y salida de los usuarios; sala de espera provista de equipamientos con informaciones; zona de acceso se los usuarios para abordar el vehículo.

Diagrama funcional entre carril confinado y paraderos



- *Componentes de información al usuario:* (Pantalla informática), informativo visual sobre la ubicación el paradero o estación, sistema informativo sobre puntos de atracción turística cultural; con información de cómo llegar por medio del sistema de transporte, marca transbordos si fuera necesario; (publicidad tradicional y holográfica) espacios definidos para publicidad tradicional; publicidad en pantalla holográfica, solo se activa si hay cierto número de usuarios en el paradero; (tablero electrónico), tablero para informar sobre las condiciones operacionales de los vehículos de frecuencias, tiempo de tardanza y otros aspectos operacionales,

Perspectiva del modelo de paradero normal del proyecto



- **Seguridad:** (Portero electrónico): Definición del área de seguridad, abre las puertas del paradero solo cuando el autobús este en paro total y con puertas abiertas; (botón de pánico) botón preventivo para los usuarios en caso de peligro, el centro de control recibe una señal de alerta en correlación con las cámaras de vigilancia, de manera paralela el CERI recibe la señal de alerta, (cámaras de vigilancia) dos dispositivos por paradero para proporcionar seguridad, correlacionada con el botón de pánico, (piso táctil) guía de seguridad para las personas con capacidades diferentes
 - i) **Paraderos normales:** Los paraderos normales son 36 y cumplen con la función de proporcionar abrigo en tiempos cortos a los usuarios del corredor, el concepto funcional entre carril confinado y paraderos contara con puertas controladas (eléctricas y sincronizadas), cada vez que se estacione el autobús articulado, se abrirán automáticamente permitiendo el acceso.
 - ii) **Paraderos de integración:** Los paraderos de integración son dos se ubican en los cruces de otros corredores, cumplen con la función de integrar físicamente a otros corredores del SITAM y zonas de alimentación local, su función básica es proporcionar abrigo en tiempos cortos a los usuarios del corredor, contara con puertas controladas. Se localizarán frente al cerro de Amaluca y la unidad habitacional Bosques de San Sebastián en el boulevard Atlixco, dentro del Distribuidor Juárez Serdán,
- c) Centros de Transferencia Multimodal CETRAM (Terminales de alimentación)**

Los centros de transferencia multimodal (CETRAM) o terminales de alimentación, se definen como espacios que cumplen con la función de albergar y proporcionar confort a los usuarios en los tiempos de transferencia a los distintos modos de transporte, se localizan en las puntas de cada extremo del corredor (CETRAM Norte Chachapa y CETRAM Sur Tlaxcalancingo), además cumplen con la función de terminales de alimentación del corredor de transporte, el concepto multimodal está diseñado para cumplir con las necesidades actuales y futuras de integración con otros corredores, según la estrategia marcada en el Sistema Integrado del Área Metropolitana SITAM.

Composición funcional del CETRAM Sur Tlaxcalancingo



El concepto funcional del CETRAM cumplirá con los siguientes elementos, albergar al conjunto de usuarios de los distintos modos de transporte; espacios para transferencias entre el corredor y el sistema alimentador, suburbano y foráneo; espacios para taxis; espacio estacionamiento y bicicleta; espacios comerciales y de servicios; espacios de integración peatonal; integración con otros corredores futuros.

- i) **CETRAM Sur Tlaxcalancingo:** Se ubicará al Sur-Poniente del corredor en la Carretera Federal a Atlixco y su intersección con el Anillo Periférico, específicamente en el Distribuidor D4, el terreno después de habilitar dispondrá de un área de 6.4 hectáreas.

Zonas que integran la terminal CETRAM Sur Tlaxcalancingo

Zonas y áreas que integran las terminales	CETRAM Sur Tlaxcalancingo (Área)
Transición, Vestíbulo y Servicios	4761.0 m ²
Área Comercial	1418.0 m ²
Autobuses Foráneos	1380.0m ²
Encierro Foráneos	3162.6m ²
Stock mínimo de salida (encierro Troncal)	-
Área de Estacionamiento	2218.4 m ²
Área Verde	13,477.8 m ²
Vialidades internas	7793.5 m ²
Zona destinada a crecimiento	13,000.0 m ²
Vialidades	Área
Vialidad Alimentadora y Foránea	5213.5 m ²
Vialidad Troncal	2580 m ²
Vía de Tránsito Particular	10,067.0 m ²

Esquema conceptual del CETRAM Norte Chachapa



- ii) **CETLAN Norte Chachapa:** Estará al Norte-Oriente del corredor cercana al distribuidor 8 del Periférico Ecológico y la carretera federal a Tehuacán, exactamente en la intersección con las vías del Ferrocarril, el carril de San Cristóbal y el camino a Chachapa, el terreno tiene una superficie de 2.16 hectáreas.

Esquema funcional del CETLAN Norte Chachapa



Zonas que integran la terminal CETLAN Norte

Zonas y áreas que integran las terminales	CETLAN Norte Chachapa
Transición, Vestíbulo y Servicios	2885.0 m ²
Comercial	242.6 m ²
Foráneos	569.2 m ²
Encierro Foráneos	-
Taller	1548.7m ²
Encierro Troncal	10,825.8 m ²
Estacionamiento	6880.1m ²
Área Verde	5149.5m ²
Vialidades internas	6118.1 m ²
Zona destinada a crecimiento uso comercial	3296.5 m ²
Vialidades externas	Área
Vialidad Alimentadora y Foránea	3026.8 m ²
Vialidad Troncal	3091.3m ²
Vía de Tránsito Particular	-

d) Encierros y talleres

Por su funcionalidad, los talleres y encierros de vehículos para la ruta troncal se localizan en el CETLAN Norte Chachapa con un stock en el CETLAN Sur Tlaxcalancingo para el inicio de recorrido que tiene el propósito de cumplir con las frecuencias operacionales. Los talleres como componentes necesarios para el mantenimiento de los vehículos del corredor, su función es dar seguimiento del desgaste, reparaciones y mantenimiento, con intervenciones preventivas y correctivas evaluadas por kilometraje medio recorrido. Las dimensiones de estos elementos están en función de la flota inicial estimada (40 vehículos articulados 5 de reserva y área de crecimiento futuro) las áreas se determinada tomando en cuenta la normatividad del Vehículo Articulado que considera 130m² / vehículo, incluyendo el área de oficinas administrativas, de reparación, de estacionamiento, de lavado y de suministro de combustible.

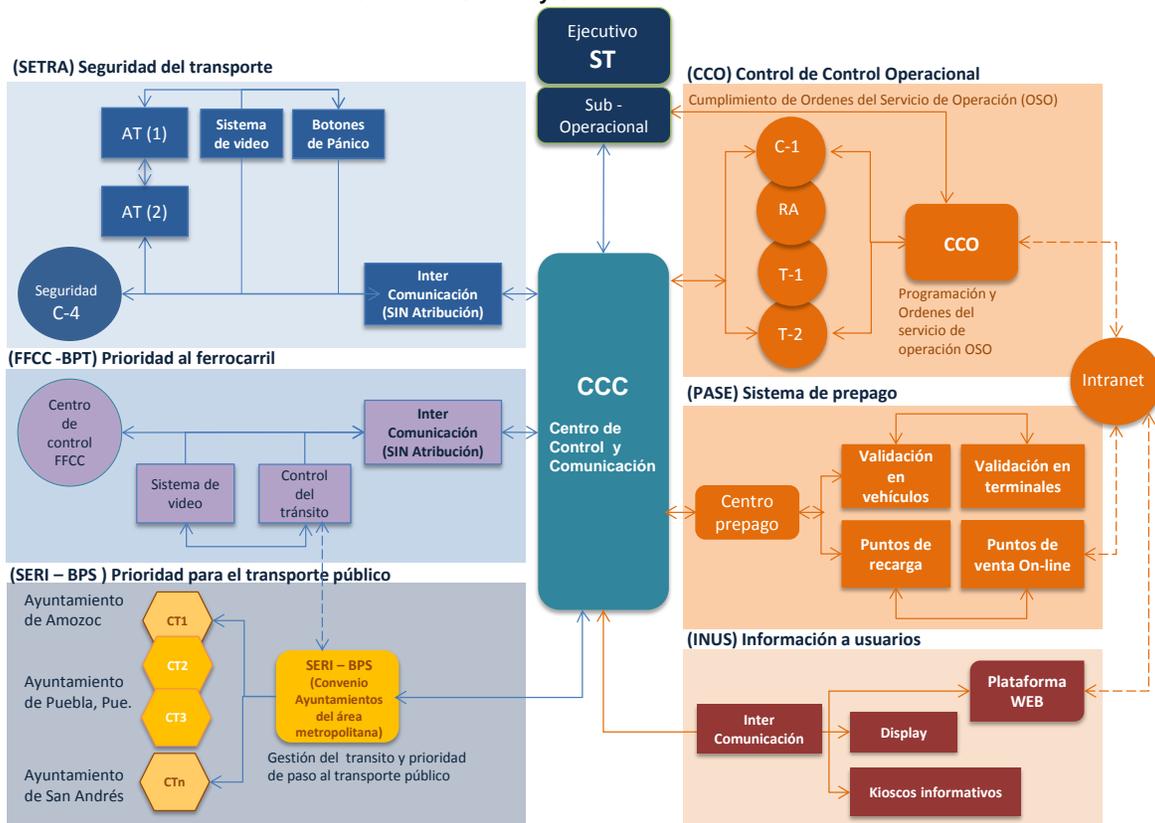
Esquema general del CETRAN Norte Chachapa, talleres y encierros



e) Centro de control y Comunicación CCC

El proyecto del Centro de Control y Comunicación (CCC) está diseñado en función de la organización institucional propuesta, se integrará en seis componentes principales: Gestión de la seguridad del transporte; prioridad al paso del ferrocarril; prioridad al transporte público; control operacional del corredor y alimentadoras; control del sistema de prepago; e información a los usuarios.

Centro de Control y Comunicación del SITAM



- a) Centro de Control y Comunicación (CCC) concentra la red de datos para la intercomunicación del todos los componentes que intervienen, mantiene una relación directa con la Subsecretaria de transporte dependiente de la ST del GEP.
- b) Seguridad del transporte (SETRA) está integrado por equipamientos, localizado en terminales y paraderos, con sistema de video y botones de pánico, conectados directamente con el C4 (Centro de mando - coordinación y comunicación con la Seguridad Pública Estatal), de atribución gubernamental estatal
- c) Prioridad al ferrocarril (FFCC–BPT) en coordinación con el centro de control de FERROSUR, empresa concesionaria del ferrocarril, provista con sistema de video y control del tránsito en cruces que conviven con el transporte privado.
- d) Gestión del tránsito (SERI-BPS) de atribución del gobierno municipal de Puebla en convenio con el Ayuntamiento de Amozoc y de San Andrés Cholula; provisto de un sistema de control en línea para dar prioridad al corredor de transporte en armonía con el tránsito de vehículos privados.
- e) Centro de Control Operacional (CCO); atribución directa del COIN con supervisión de la ST, controlado por el CCC, sistema encargado de la gestión de la operación de flotas, provisto de equipos de vos. video y mensajes, con software específico para operación de flotas.
- f) Sistema de Prepago (PASE); atribución directa del COIN con supervisión de la ST, contempla solo el control estadístico del recaudo y retribución (no aún el manejo de los recursos económicos); el sistema central se localizará en el CCC y distribuye su equipamiento con validadores localizados en paraderos, terminales (vehículos alimentadores si fuera el caso), y centros de recarga en terminales. paraderos y puntos de venta On-Line.
- g) Información a usuarios (INUS), atribución directa del COIN con supervisión de la ST, provisto de intercomunicación con el CCC, una plataforma Web, display y kioscos informativos de información a los usuarios del transporte.

Los tres últimos módulos están interconectados en línea por intranet con base en plataforma Web del INUS; información de tarifas y puntos de venta On-Line de PASE; e información de la programación de los servicios en el CCO, así como otras informaciones.

El Centro de Control y Comunicación CCC será un organismo de soporte, formará parte de la concesión del COIN (Concesionario de infraestructura), sin embargo, las responsabilidades institucionales se gestan en ámbitos gubernamentales distintos y su relación con entidades privadas.

- i) Lo que corresponde a la seguridad del transporte (SETRA), prioridad al Ferrocarril (FFCC-BPT) y la prioridad al transporte público (CERI-BPS) es de atribución del GEP, FERROSUR y el AP (Ayuntamiento de Puebla), estas responsabilidades solo serán de intercomunicación directa con el CCC, como auxiliares que servirán para dar un servicio directo a los usuarios y concesionarios del SITAM
- j) El centro de control operacional (CCO), Sistema de prepago (PASE) y la información a usuarios (INUS), será responsabilidad directa del COIN en concordancia con la ST, quien bajo su supervisión vigilará las actividades del CCC.

En términos de tecnología el uso de la misma es parte integral del sistema propuesto, el sistema de prepago garantiza el 100% de la recaudación de la tarifa evitando con ello la fuga de la misma se empleará para la recaudación y remuneración de los ingresos en el Corredor, la vigilancia y monitoreo de los autobuses del sistema troncal, el sistema de cámaras de vigilancia proporciona mayor seguridad a los usuarios en el área de los paraderos y terminales de transferencia. El monitoreo de la flota de autobuses troncales se realizará con el empleo de un sistema de GPS (Sistema de Posición Global), apoyado con el empleo de radios de comunicación.

f) Tipo y número de vehículos

Se prevé la adquisición de 40 Autobuses nuevos articulados en operación y 4 de reserva) de 160 pasajeros de 18 metros de piso alto, para mayor comodidad del usuario, los cuales estarán operando en las rutas troncales principales con tecnología de control con GPS localizador vía satélite.

d. Calendario de actividades

El siguiente programa de obra muestra los tiempos consumidos por las diferentes etapas que integran los elementos de infraestructura (terminales, paraderos, puentes o adecuaciones viales, carriles exclusivos, etcétera), cuya ejecución total contempla 14 meses.

Tabla 3.7: Calendario de ejecución de obras del proyecto

CONCEPTO	MESES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Preliminares														
Terracerías y pavimentos														
Banquetas y guarniciones														
Drenaje pluvial														
Alumbrado público														
Señalamiento vial														
Obras inducidas														
Muros de contención														
Muros de protección en derecho de vía de FERROSUR														
Construcción de pasos peatonales (túneles vía FFCC)														
Paraderos														
Rehabilitación del pavimento														
Puente barranca mixatlal														
Puente barranca tlaxiahuatl														
Puente barranca manzanilla														
Viaducto cruce vía ffcc														
Puente barranca San Antonio (Río Alseseca)														
Viaducto av. 18 de noviembre														
Ampliación del distribuidor vial Juárez Serdán														
Ampliación puente Río Atoyac														
Ampliación puente Río Zapatero														
Retiro y sustitución de puente peatonal (Villas de Atlixco)														
Puente peatonal las Animas														
Puente peatonal (tipo caracol)														
Supervisión y control de calidad														

Obras inducidas: Es un concepto que define las actividades de reubicación, sustitución y canalización de la infraestructura y equipamiento existente, tal concepto contempla las obras de **(Electrificación)**, reubicación de postes de alta y baja tensión y modificación de las conexiones aéreas afectadas así como las líneas subterráneas; **(Alumbrado público)**, reubicación o sustitución de los postes y líneas de alimentación, aéreas y subterráneas en los casos de afectación por la ampliación de banquetas y camellones centrales; **(Ductos)**, trabajos de protección a los ductos mediante recubrimiento de concreto y tratamientos químicos indicados en las normas de la dependencia; **(Semaforización)**, reubicación o sustituirán de semáforos y cajas de control, así como sus conexiones subterráneas con sus registros para mantenimiento; **(Agua Potable y drenaje sanitario)** reubicación, o sustitución de las líneas de agua potable y las conexiones domiciliarias así como las de drenaje sanitario que resulten dañadas por los trabajos de excavaciones; **(Entubamiento de canales y obras hidráulicas)** canalización de los cuerpos naturales de agua así como las descargas al aire libre de aguas pluviales y sanitarias que se vean afectadas por la construcción de las vialidades y estructuras necesarias.

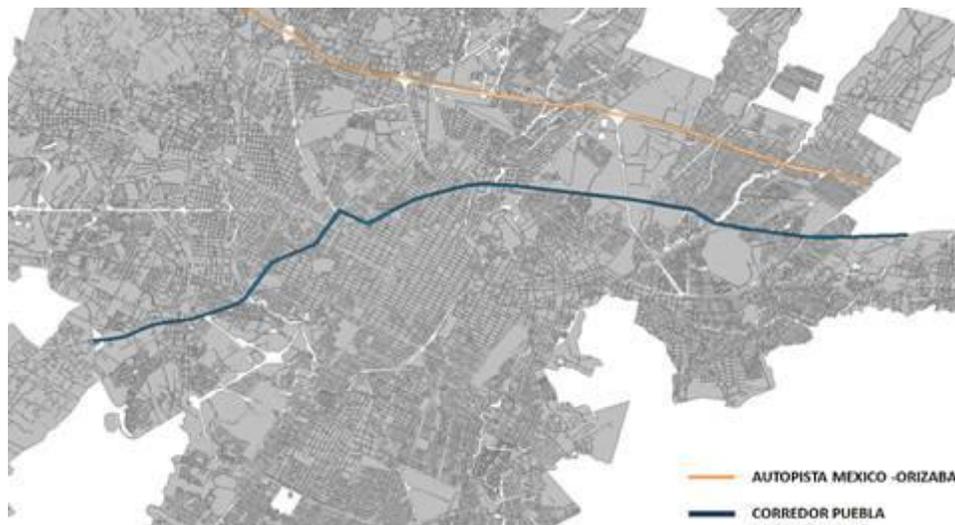
e. Tipo de proyecto o programa

Se trata de un programa ejecutivo de infraestructura física, económica y de reconstrucción para mejoras en el transporte público urbano, el tipo de proyecto se puede ubicar de acuerdo a los **Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo beneficio de los programas y proyectos de inversión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público**, como un Proyecto de **Infraestructura Económica** ya que contempla la construcción, adquisición y ampliación de activos fijos para la producción de servicios en el sector transporte, lo anterior se fundamenta en la Sección II “Tipos de Proyectos y Programas de Inversión”.

f. Localización del Corredor

Después de realizar un análisis de los diferentes corredores alternativos, resultado de los estudios realizados con anterioridad, se determinó como factible la implementación de un Corredor de Transporte Público con una **longitud de 18.5 km**; el cual inicia al Sur-Poniente de la Capital Poblana en la Carretera Federal a Atlixco y su intersección con el Anillo Periférico, específicamente en el Distribuidor D4 frente a la Cementera Apasco; y finaliza al Nororiente de la ciudad paralelo a las vías del Ferrocarril y la calle San Lorenzo o Carril de San Cristóbal, punto el cual se encuentra aproximadamente a 300 m de la proyección del Periférico Ecológico y a unos 600 m, de la autopista México–Veracruz a la altura de la gasolinera con el número 3733 (Se anexa cuadro de zona de influencia en Anexo 8).

Figura 3.6: Ubicación de Corredor



Para la propuesta del Corredor de Transporte Público con vehículo articulado se propone un confinamiento de carriles en donde cada sección por sentido será de 3.2 m, los cuales estarán delimitados por medio de una barrera física llamada Viales, los cuales estarán colocados a todo lo largo del corredor. Únicamente los puntos en los que hay intersecciones o el vehículo tiene que realizar algún cambio de dirección este tipo de infraestructura se sustituirá por líneas delimitadoras pintadas en el asfalto o concreto con una pintura especial reflejante.

Figura 3.7: Barrera delimitadora de Corredor



g. Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación

La vida útil del proyecto es por un periodo de 30 años y el horizonte de evaluación del proyecto es por un periodo de 29 años porque se considera el inicio de operaciones del sistema en el año 1 (Se considera el año 0 como el periodo de construcción de la infraestructura). Aunque la vida útil del proyecto puede prolongarse con un adecuado mantenimiento de la infraestructura.

h. Capacidad instalada

La capacidad instalada se determina en función de la oferta, y ésta a la par de las exigencias de la creciente demanda. Para ello se estudiaron varias alternativas de oferentes. El número de vehículos de la alternativa tecnológica elegida para la estimación del presente estudio se determinó mediante el cálculo de diversos factores operacionales.

Primeramente se evaluó en función de la demanda y la capacidad típica pasajero/hora ambos sentidos. En este caso resulto en 7055 por sentido, solo presentándose el pico de la mañana de sentido periferia–centro, de las 8:15 a las 9:15, y el pico de la tarde, de las 18:59 a las 19:59, centro-periferia, que llega a presentar volúmenes de 9304. Se calculó un factor de tiempo que está compuesto por la razón entre longitud del corredor 18.5 y la velocidad promedio en que circularán las unidades, que es de 25 km/h. La anterior operación se divide entre la capacidad de la alternativa tecnológica en cuestión, que es de 160 pasajeros por un índice de rotación de 1.9 pasajeros por lugar dentro de la unidad.

El anterior cálculo da como resultado 50 vehículos que estarían operando, los cuales incluyen el 10% de reserva. Esto, para estar previstos a dotar el servicio correcto ante una contingencia operativa, mecánica, de simple mantenimiento rutinario, etc. Para el año 10 en el horizonte de evaluación se considera un aumento

paulatino de las unidades según su vida útil y el requerimiento por aumento de demanda. Para el final del horizonte de evaluación es de 74 vehículos sobre la troncal, como se muestra en la tabla 3.8, (Para más detalle sobre el dimensionamiento de la flota vehicular estimada para el proyecto, véase anexo 8: “Dimensionamiento de la flota vehicular”).

Figura 3.8: Comportamiento de la Demanda Temporal y la Oferta Propuesta- Sentido periferia – Centro

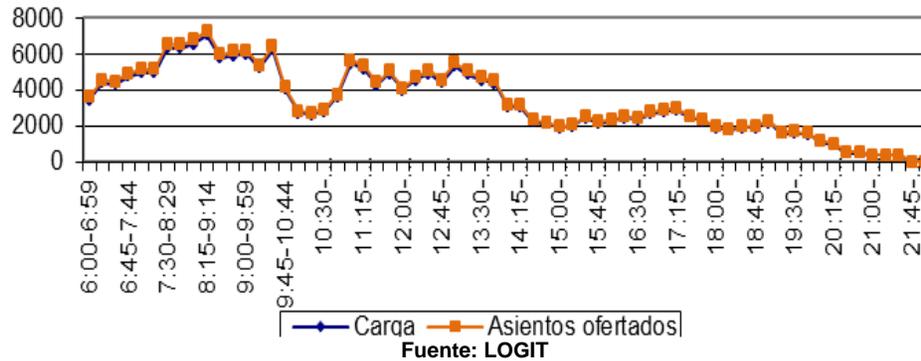
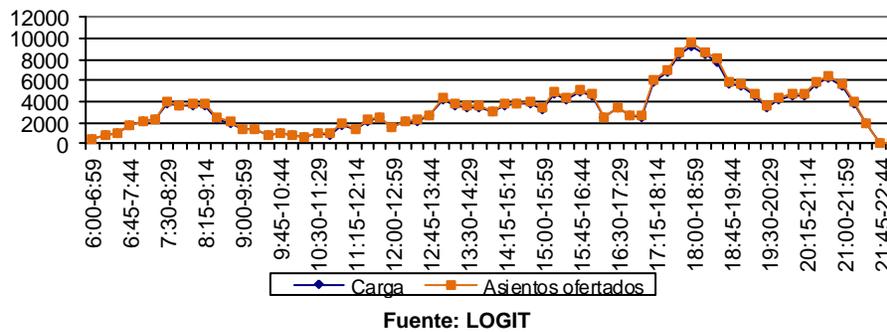


Figura 3.9: Comportamiento de la Demanda Temporal y la Oferta Propuesta Sentido Centro Periferia



El inicio del proyecto está dándose en condiciones límites de confort para el usuario, una condición vehicular con capacidad de 50 pasajeros sentados + 70 de pie + 1 discapacitado, un total de 160 espacios en horas pico, a fin de no impactar económicamente al transportista. De acuerdo a las normas y criterios de capacidad de Corredores BRT, el presente proyecto no supera el flujo por sentido para determinar otro tipo de unidad, como se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla 3.9: Criterios de capacidad de corredores de BRT

CAPACIDAD DE LOS VEHÍCULOS	FACTOR DE OCUPACIÓN	FRECUENCIA MÁXIMA DE VEHÍCULOS POR PARADA	NUMERO DE BAHÍAS POR ESTACIÓN	FLUJO DE CAPACIDAD (PASAJEROS POR SENTIDO)
70	0.85	60	1	3,570
160	0.85	60	1	8,160
270	0.85	60	1	13,770
70	0.85	60	2	7,140
160	0.85	60	2	16,320
270	0.85	60	2	27,540
70	0.85	60	4	28,560
160	0.85	60	4	32,640
270	0.85	60	4	55,080
160	0.85	60	5	40,800
270	0.85	60	5	68,850

Fuente: LOGIT

Tabla 3.10: Dimensionamiento de los vehiculos anualizado (ambos sentidos horarios pico)

AÑO	DEMANDA DIARIA	DEMANDA HORA PICO AMBOS SENTIDOS	CAPACIDAD VEHICULAR OFERTADA HORA PICO AMBOS SENTIDOS	FLOTA TOTAL	DEMANDA HORA PICO UN SENTIDO	PASAJEROS TRANSPORTADOS POR VEHICULOS EN HORA PICO AMBOS SENTIDOS	PASAJEROS TRANSPORTADOS POR VEHICULOS EN HORA PICO AMBOS SENTIDOS	CARGA MÁXIMA POR VEHICULO HORA PICO AMBOS SENTIDOS	PASAJEROS SENTADOS	PASAJEROS PARADOS
2010	107,758	15,086	9,120	50	6,465	15,086	302	129	40	89
2011	109,321	15,305	9,120	51	6,559	15,305	302	129	40	89
2012	110,895	15,525	9,120	51	6,654	15,525	302	129	40	89
2013	112,481	15,747	9,120	52	6,749	15,747	302	129	40	89
2014	114,078	15,971	9,120	53	6,845	15,971	302	129	40	89
2015	115,686	16,196	9,120	54	6,941	16,196	302	129	40	89
2016	117,306	16,423	9,120	54	7,038	16,423	302	129	40	89
2017	118,937	16,651	9,120	55	7,136	16,651	302	129	40	89
2018	120,578	16,881	9,120	56	7,235	16,881	302	129	40	89
2019	122,230	17,112	9,120	57	7,334	17,112	302	129	40	89
2020	123,892	17,345	9,120	57	7,434	17,345	302	129	40	89
2021	125,565	17,579	9,120	58	7,534	17,579	302	129	40	89
2022	127,247	17,815	9,120	59	7,635	17,815	302	129	40	89
2023	128,940	18,052	9,120	60	7,736	18,052	302	129	40	89
2024	130,642	18,290	9,120	61	7,838	18,290	302	129	40	89
2025	132,353	18,529	9,120	61	7,941	18,529	302	129	40	89
2026	134,074	18,770	9,120	62	8,044	18,770	302	129	40	89
2027	135,803	19,012	9,120	63	8,148	19,012	302	129	40	89
2028	137,541	19,256	9,120	64	8,252	19,256	302	129	40	89
2029	139,288	19,500	9,120	65	8,357	19,500	302	129	40	89
2030	141,043	19,746	9,120	65	8,463	19,746	302	129	40	89
2031	142,806	19,993	9,120	66	8,568	19,993	302	129	40	89
2032	144,577	20,241	9,120	67	8,675	20,241	302	129	40	89
2033	146,355	20,490	9,120	68	8,781	20,490	302	129	40	89
2034	148,141	20,740	9,120	69	8,888	20,740	302	129	40	89
2035	149,933	20,991	9,120	70	8,996	20,991	302	129	40	89
2036	151,733	21,243	9,120	70	9,104	21,243	302	129	40	89
2037	153,538	21,495	9,120	71	9,212	21,495	302	129	40	89
2038	155,350	21,749	9,120	72	9,321	21,749	302	129	40	89
2039	157,168	22,003	9,120	73	9,430	22,003	302	129	40	89
2040	158,991	22,259	9,120	74	9,539	22,259	302	129	40	89

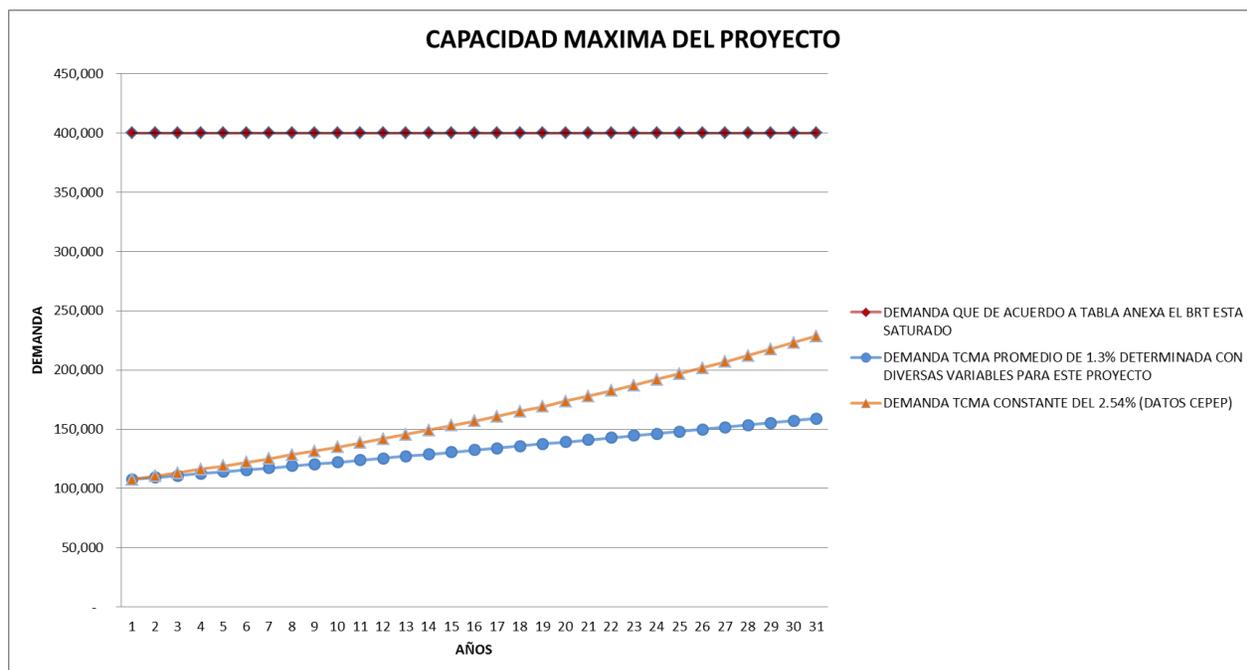
Fuente: LOGIT

A fin de estimar la demanda de transporte público masivo que se presentará durante los próximos 30 años, se formularon dos escenarios, considerando dos tasas de crecimiento medio anual (TCMA) distintas:

- La primera TCMA, de 1.31% anual, permite suponer que la demanda de transporte se incrementará de la mano del crecimiento demográfico registrado en la Zona Metropolitana. Esta tasa es el promedio que resultó de considerar la TCMA demográfico determinada en los programas de desarrollo urbano de los municipios de la Zona Metropolitana de Puebla.
- En tanto, la segunda TCMA, de 2.54%, asume que la demanda de transporte se incrementará conforme aumente el nivel de ingresos de la población. Esta tasa es la media que resultó de considerar el crecimiento económico (del PIB) que el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) espera se presente en la Zona Metropolitana durante los próximos 30 años..

Así, a una demanda inicial de 107,758 viajes diarios se aplicaron las dos TCMA, obteniéndose que la demanda para el año 2030 fluctuara entre 160 y 240 mil pasajeros al día de acuerdo a cada escenario formulado, tal como se muestra en la siguiente Gráfica.

Figura 3.10: Capacidad máxima.



Fuente: LOGIT

Por otra parte, la capacidad instalada de un BRT, operando 10 horas diarias, es de cerca de 400 mil pasajeros diarios¹⁰, bajo ninguno de los dos escenarios anteriores se alcanzara el punto de saturación durante el horizonte de evaluación (30 años). En este sentido, en concordancia con lo establecido por Vuchic, la demanda del corredor podrá ser cubierta satisfactoriamente por un sistema BRT durante todo el horizonte del proyecto.

Tabla 3.11: Dimensionamiento vehículos horario (ambos sentidos hora pico)

HORA	DEMANDA MÁXIMA EN HORA PICO AMBOS SENTIDOS	DEMANDA MÁXIMA EN HORA PICO-SENTIDO 1	DEMANDA MÁXIMA EN HORA PICO-SENTIDO 2	CAPACIDAD OFERTADA AMBOS SENTIDOS	CAPACIDAD OFERTADA POR SENTIDO	CAPACIDAD	ÍNDICE DE RESULTANTE DE ROTACIÓN ¹¹ Y FACTOR DE OCUPACIÓN	Nº DE VEHÍCULOS OPERANDO
6:00-6:59	3,793	3,475	319	3,793	2,106	160	1.5	16
7:00-7:59	7,050	4,979	2,071	7,050	2,984	160	1.5	29
8:00-8:59	10,264	6,568	3,696	10,264	2,633	160	1.5	43
9:00-9:59	7,334	5,996	1,338	7,334	1,931	160	1.5	31
10:00-10:59	3,540	2,712	828	3,540	2,106	160	1.5	15
11:00-11:59	7,229	5,445	1,784	7,229	1,755	160	1.5	30
12:00-12:59	5,513	3,983	1,529	5,513	1,755	160	1.5	23
13:00-13:59	9,481	5,339	4,142	9,481	1,755	160	1.5	40
14:00-14:59	6,088	3,093	2,995	6,088	1,755	160	1.5	25
15:00-15:59	5,199	1,886	3,314	5,199	2,984	160	1.5	22
16:00-16:59	6,897	2,309	4,588	6,897	2,457	160	1.5	29
17:00-17:59	5,367	2,818	2,549	5,367	2,808	160	1.5	22

¹⁰ Vukan R. Vuchic (2005) Urban Transit: Operations, Planning and Economics,

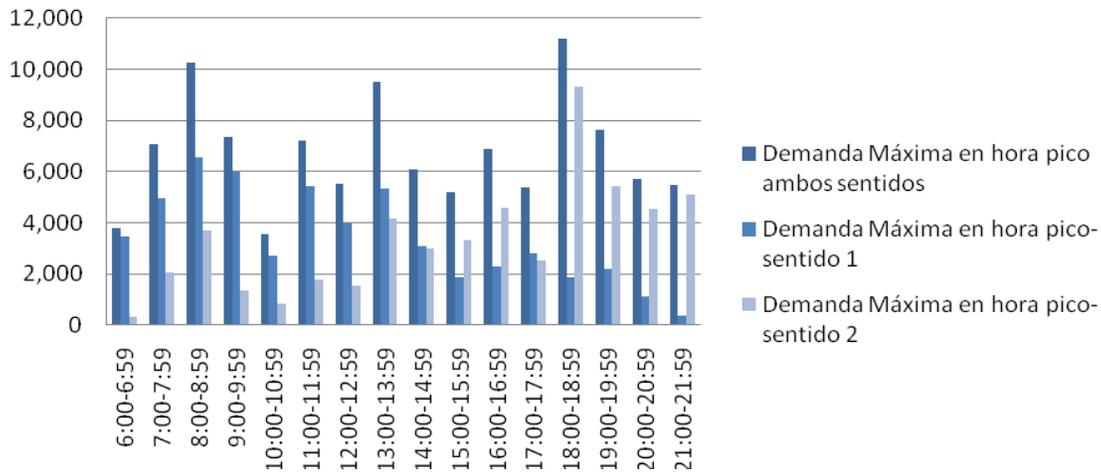
¹¹ Se observaron índices de rotación superiores a 1.9, sin embargo a fines de dimensionamiento se pretende mantenerlos por debajo de los observados.

18:00-18:59	11,189	1,886	9,304	11,189	1,229	160	1.5	47
19:00-19:59	7,652	2,203	5,448	7,652	1,229	160	1.5	32
20:00-20:59	5,700	1,144	4,556	5,700	878	160	1.5	24
21:00-21:59	5,777	360	5,417	5,777	878	160	1.5	24

Fuente: LOGIT

En la siguiente figura se ilustra el comportamiento de la demanda en hora pico, que como puede observarse son las siguientes: de 8:00 a 8:59 de la mañana, pues muchos usuarios del transporte público se trasladan a su lugar de trabajo; de 18:00 a 18:59 horas, ya que muchos usuarios del transporte público terminan su jornada laboral y regresan a casa; finalmente, de 13:00 a 13:59 debido a que muchos estudiantes terminan su jornada estudiantil y regresan a casa.

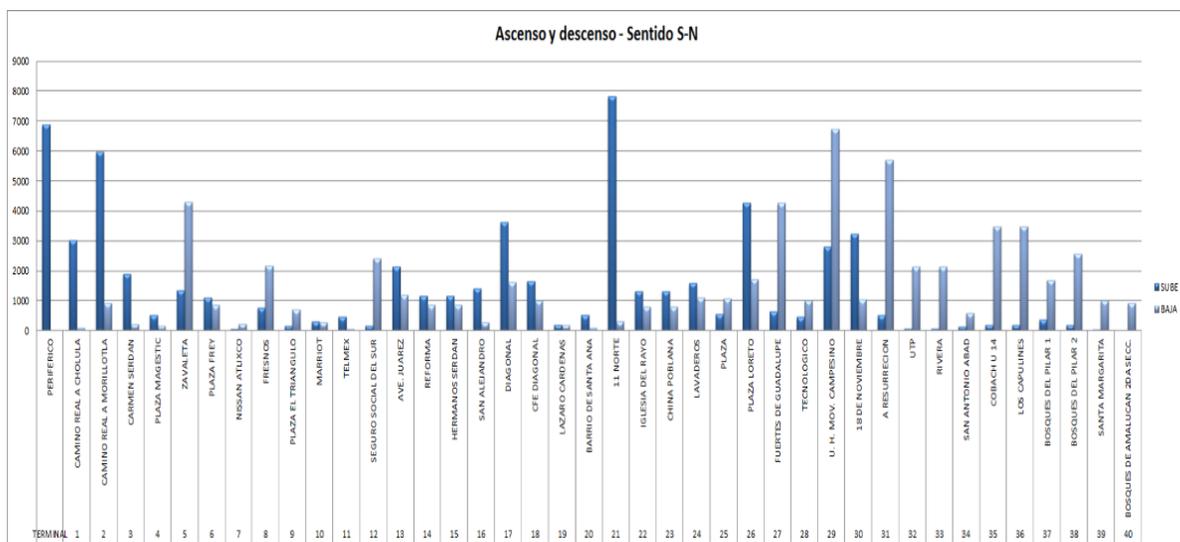
Figura 3.11: Comportamiento de la demanda horaria



Fuente: LOGIT

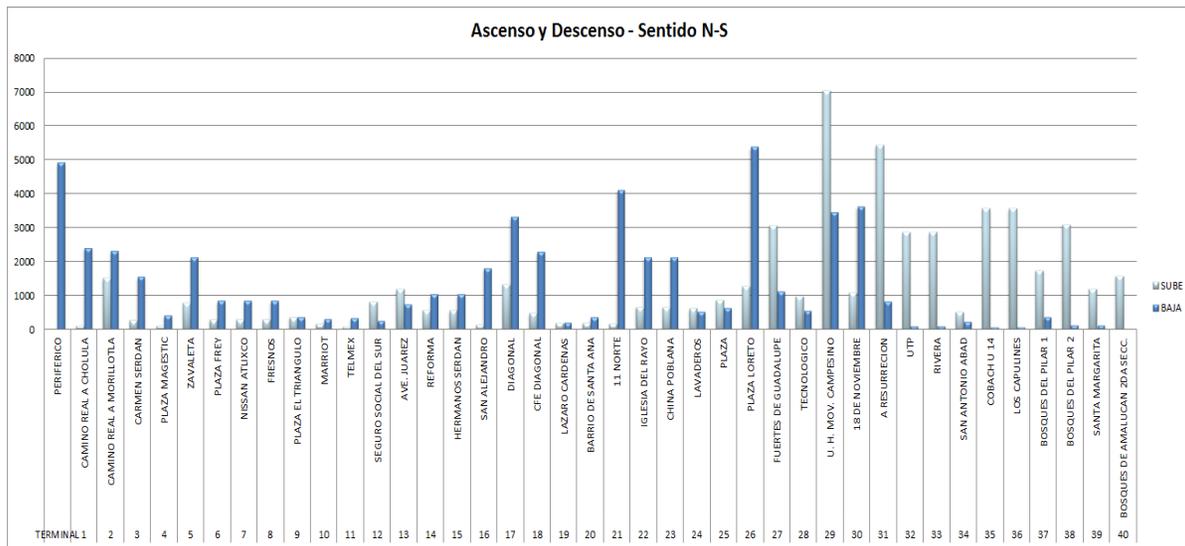
En las siguientes figuras se muestra el comportamiento de ascenso y descenso a lo largo del recorrido de las rutas que son objeto del presente estudio; dicho comportamiento se muestra en las figuras por sentido.

Figura 3.12: Comportamiento del Ascenso-Descenso, sentido Sur-Norte



Fuente: LOGIT

Figura 3.13: Comportamiento del Ascenso-Descenso, sentido Norte-Sur



Fuente: LOGIT

A continuación se presenta el ejercicio para la ejemplificación de la capacidad instalada en las diferentes condiciones de tipo y tamaño de unidad, así como la frecuencia de operación, condicionantes que permiten un cambio en la capacidad de proyecto.

La capacidad instalada de un BRT está dada por factores primordiales de analizar:

- Tipo de unidad.- La unidad ofrece una capacidad nominal por tipo de vehículo en la ciudad de Puebla existen cinco tipos de unidades diferentes.
- Otro factor de influencia sobre la capacidad nominal es el índice de rotación es decir cuanta veces ocupara un mismo asiento en el trayecto. En la Zona metropolitana, de acuerdo al estudio realizado en el 2011, el índice de rotación es 1.9 en promedio. Es decir para el caso de una van que tiene 16 espacios físicos en operación, estos espacios son ocupados 1.9 veces a lo largo de la operación de la unidad resultando el traslado de 30 pasajeros aproximadamente.
- Índice de confort, es el índice de ocupación de la unidad que no superar el 85% de la capacidad vehicular., la longitud operacional del corredor que contempla 18.5 kms., Velocidad operacional, la cual se pretende tener un desempeño de 25 km/hr., Para un tiempo del ciclo de 89 minutos de recorrido adicionalmente se contempla un 18% de tiempos en paradas y terminales, para un tiempo total del ciclo de 100 minutos, Otro elemento para el dimensionamiento es realizar este en la hora de máxima demanda el cual contempla un total de 9,481 pasajeros por sentido¹²

En la siguiente tabla se presenta la capacidad nominal de los tipos de unidades operando en ZMP, así como la capacidad real considerando el índice de rotación y el índice de ocupación.

EJEMPLIFICACION DE CALCULO DE CAPACIDAD MAXIMA.

258 X .85 X 1.90X 60 X16= 400,003

CAPACIDAD NOMINA DEL VEHICULOS¹³ X INDICE DE CONFORT X INDICE DE ROTACION X 16 HORAS DE OPERACIÓN= CAPACIDAD MAXIMA DURANTE EL DÍA 400,003 PASAJEROS DURANTE EL DÍA

¹² Este es el sentido más cargado.

¹³ Capacidad Nominal de Biarticulado

Tipo de Unidad	Capacidad Nominal ¹⁴ Asientos	Capacidad real en base al índice de rotación promedio en la zona de estudio y el factor de ocupación ¹⁵ .
Combi o Van	16	26
Macrovan	21	34
Microbús	27	44
Midibús	33	53
Autobús Convencional	38-40	65

En la siguiente tabla se muestra la capacidad nominal y capacidad real de unidades articuladas y biarticuladas que actualmente no existe ninguna unidad en operación dentro de la ZMP.

Tipo de Unidad	Capacidad Nominal ¹⁶ Asientos	Capacidad real en base al índice de rotación promedio en la zona de estudio y el factor de ocupación
Autobús Articulado	160-180	258
Autobús Biarticulado	260	420

A continuación se presenta el ejercicio que incluye cuatro escenarios relativos a la capacidad máxima a soportar en el corredor con la misma infraestructura, únicamente cambia el número de unidades y frecuencias. El primer escenario que se presenta es el que se incluyó para el presente estudio donde se determinó la utilización de vehículos articulados, condicionantes de datos evaluados para el año 2010.

Escenario 1 – Utilización de Vehículos Articulados, con frecuencia a cada 2 minutos

Elementos Fijos en los Escenarios

- Demanda de 107,758 demanda diaria, Demanda en hora pico en ambos sentidos de 9,698 en hora, Operando con índice de rotación de 1.9 y con un índice de ocupación de 0.85, Demanda Promedio, durante el día 6,465 viajes diarios, Tiempo del ciclo 100 minutos, Velocidad operacional 25 km/hr., 9% de la demanda en hora pico

Elementos Variables

- 50 unidades articuladas, Se tiene un total de capacidad real vehicular máxima de recepción durante la hora pico de 12,967 pasajeros, 193 pasajeros por vehículos en la hora de máxima demanda, 123 pasajeros promedio en el resto del día, 40 pasajeros sentados y 89 parados, Frecuencia mínima 2 minutos en hora de máxima demanda, Capacidad máxima de transportación diaria de 144,081 viajes diarios.

Escenario 2 – Utilización de Vehículos Articulados, con frecuencia a cada minuto. Son los siguientes elementos que determinan la capacidad en relación a la demanda.

- Misma infraestructura, Mayor número de unidades, Misma capacidad por Vehículos

Elementos Variables

- En este caso no se evalúa en relación a la demanda si no la capacita de recepción del proyecto, Se consideran 100 unidades articuladas solo con frecuencias a cada minuto, lo que implica mayor unidades, Se tiene un total de capacidad vehicular máxima de recepción durante la hora pico de 19,325

¹⁴ Número de lugares físicos en la unidad, esta puede variar un poco de acuerdo al propio diseño del vehículo ó a las modificaciones que fueron realizados por los dueños de la unidad en un sistema no formal.

¹⁵ Capacidad real de la combi es igual a (CAPACIDAD NOMINAL X (INDICE DE ROTACION X INDICE DE OCUPACION) = (16X(1.9X0.85)=26

¹⁶ Numero de lugares físicos en la unidad, esta puede variar un poco de acuerdo al propio diseño del vehículo ó a las modificaciones que fueron realizados por los dueños de la unidad en un sistema no formal.

pasajeros en hora pico, 40 pasajeros sentados y 89 parados, Frecuencia mínima 1 minutos en hora de máxima demanda, Capacidad máxima de transportación diaria de 214,730 viajes diarios.

Escenario 3 – Utilización de Vehículos Biarticulados, con frecuencia a cada 2 minutos.

- Misma infraestructura, Mismo número de unidades (50), Misma Frecuencia,. Mayor Capacidad por Vehículos, Son los siguientes elementos que determinan la capacidad en relación a la demanda.

Elementos Variables

- En este caso no se evalúa en relación a la demanda si no la capacidad de recepción del proyecto, Se consideran 50 unidades biarticuladas solo con frecuencias a 2 minutos, Se tiene un total de mayor capacidad vehicular máxima de recepción durante la hora pico de 18,066 pasajeros, 40 pasajeros sentados y 89 parados., Frecuencia mínima 2 minutos en hora de máxima demanda, Capacidad máxima de transportación diaria de 200,732 viajes diarios.

Escenario 4 – Utilización de Vehículos Biarticulados, con frecuencia a cada minuto.

- Misma infraestructura
- Mayor número de unidades (100)
- Mayor Capacidad por Vehículos

Son los siguientes elementos que determinan la capacidad en relación a la demanda.

Elementos Variables

- En este caso no se evalúa en relación a la demanda si no la capacidad de recepción del proyecto, Se consideran 100 unidades biarticuladas solo con frecuencias a cada minuto, Se tiene un total de mayor capacidad vehicular máxima de recepción durante la hora pico de 36,000 pasajeros, Frecuencia mínima 1 minutos en hora de máxima demanda, Capacidad máxima de transportación diaria de 400,000 viajes diarios.

En resumen teniendo la misma infraestructura, puede atender una demanda desde 107,757 hasta 400,000, siempre y cuando cambie en la frecuencia de operación, el número de unidades y la capacidad nominal de la flota.

ESCENARIO BASE	NUMERO DE UNIDADES	INTERVALO DE FRECUENCIA EN HORA PICO	CAPACIDAD REAL MAXIMA HORARIA	% DEMANDA HORARIA	CAPACIDAD DIARIA POR CAMBIO MODAL
Escenario 1	50	2	12,967	0.09	144,081
Escenario 2	100	1	19,325	0.09	214,730
Escenario 3	50	2	18,066	0.09	200,732
Escenario 4	100	1	36,000	0.09	400,000

Escenario 1

	DEMANDA DIARIA	DEMANDA HORA PICO AMBOS SENTIDOS	CAPACIDAD VEHICULAR MAXIMA OFERTADA HORA PICO	FLOTA TOTAL	DEMANDA PROMEDIO DEL DIA	PASAJEROS TRANSPORTADOS POR VEHICULOS EN HORA PICO AMBOS SENTIDOS	PROMEDIO DEL DIA CARGA MAXIMA POR VEHICULO HORA PICO AMBOS	PAX SENTADOS	PAX PARADOS	TIEMPO DEL CICLO	INTERVALO DE FRECUENCIA MINIMA EN HORA PICO	% DEMANDA HORARIA	CAPACIDAD DIARIA POR CAMBIO MODAL
2010	107,758	9,698	12,967	50	6,465	193	129	40	89	100	2	0.09	144,081
2011	109,321	9,839	13,155	51	6,559	193	129	40	89	100	2	0.09	146,170
2012	110,895	9,981	13,345	52	6,654	193	129	40	89	100	2	0.09	148,275
2013	112,481	10,123	13,536	52	6,749	193	129	40	89	100	2	0.09	150,395
2014	114,078	10,267	13,728	53	6,845	193	129	40	89	100	2	0.09	152,531
2015	115,686	10,412	13,921	54	6,941	193	129	40	89	100	2	0.09	154,682
2016	117,306	10,558	14,116	55	7,038	193	129	40	89	100	2	0.09	156,847

2017	118,937	10,704	14,312	55	7,136	193	129	40	89	100	2	0.09	159,027
2018	120,578	10,852	14,510	56	7,235	193	129	40	89	100	2	0.09	161,222
2019	122,230	11,001	14,709	57	7,334	193	129	40	89	100	2	0.09	163,431
2020	123,892	11,150	14,909	58	7,434	193	129	40	89	100	2	0.09	165,653
2021	125,565	11,301	15,110	58	7,534	193	129	40	89	100	2	0.09	167,890
2022	127,247	11,452	15,313	59	7,635	193	129	40	89	100	2	0.09	170,139
2023	128,940	11,605	15,516	60	7,736	193	129	40	89	100	2	0.09	172,402
2024	130,642	11,758	15,721	61	7,838	193	129	40	89	100	2	0.09	174,678
2025	132,353	11,912	15,927	62	7,941	193	129	40	89	100	2	0.09	176,966
2026	134,074	12,067	16,134	62	8,044	193	129	40	89	100	2	0.09	179,267
2027	135,803	12,222	16,342	63	8,148	193	129	40	89	100	2	0.09	181,579
2028	137,541	12,379	16,551	64	8,252	193	129	40	89	100	2	0.09	183,903
2029	139,288	12,536	16,762	65	8,357	193	129	40	89	100	2	0.09	186,239
2030	141,043	12,694	16,973	66	8,463	193	129	40	89	100	2	0.09	188,586
2031	142,806	12,853	17,185	67	8,568	193	129	40	89	100	2	0.09	190,943
2032	144,577	13,012	17,398	67	8,675	193	129	40	89	100	1	0.09	193,311
2033	146,355	13,172	17,612	68	8,781	193	129	40	89	100	1	0.09	195,688
2034	148,141	13,333	17,827	69	8,888	193	129	40	89	100	1	0.09	198,076
2035	149,933	13,494	18,043	70	8,996	193	129	40	89	100	1	0.09	200,472
2036	151,733	13,656	18,259	71	9,104	193	129	40	89	100	1	0.09	202,878
2037	153,538	13,818	18,476	72	9,212	193	129	40	89	100	1	0.09	205,292
2038	155,350	13,981	18,694	72	9,321	193	129	40	89	100	1	0.09	207,715
2039	157,168	14,145	18,913	73	9,430	193	129	40	89	100	1	0.09	210,145
2040	158,991	14,309	19,132	74	9,539	193	129	40	89	100	1	0.09	212,583

ESCENARIO 2

	DEMANDA DIARIA	NUMERO UNIDADES	DE	INTERVALO FRECUENCIA HORA PICO	DE EN	CAPACIDAD MAXIMA HORARIA REAL	% HORARIA	DEMANDA	CAPACIDAD POR CAMBIO MODAL	DIARIA
2010	107,758		100		1	19,325		0.09		214,730
2011	109,321		100		1	19,325		0.09		214,730
2012	110,895		100		1	19,325		0.09		214,730
2013	112,481		100		1	19,325		0.09		214,730
2014	114,078		100		1	19,325		0.09		214,730
2015	115,686		100		1	19,325		0.09		214,730
2016	117,306		100		1	19,325		0.09		214,730
2017	118,937		100		1	19,325		0.09		214,730
2018	120,578		100		1	19,325		0.09		214,730
2019	122,230		100		1	19,325		0.09		214,730
2020	123,892		100		1	19,325		0.09		214,730
2021	125,565		100		1	19,325		0.09		214,730
2022	127,247		100		1	19,325		0.09		214,730
2023	128,940		100		1	19,325		0.09		214,730
2024	130,642		100		1	19,325		0.09		214,730
2025	132,353		100		1	19,325		0.09		214,730
2026	134,074		100		1	19,325		0.09		214,730
2027	135,803		100		1	19,325		0.09		214,730
2028	137,541		100		1	19,325		0.09		214,730
2029	139,288		100		1	19,325		0.09		214,730
2030	141,043		100		1	19,325		0.09		214,730
2031	142,806		100		1	19,325		0.09		214,730
2032	144,577		100		1	19,325		0.09		214,730
2033	146,355		100		1	19,325		0.09		214,730
2034	148,141		100		1	19,325		0.09		214,730
2035	149,933		100		1	19,325		0.09		214,730
2036	151,733		100		1	19,325		0.09		214,730
2037	153,538		100		1	19,325		0.09		214,730
2038	155,350		100		1	19,325		0.09		214,730
2039	157,168		100		1	19,325		0.09		214,730
2040	158,991		100		1	19,325		0.09		214,730

ESCENARIO 3

	Demanda diaria	UNIDADES REQUERIDAS	INTERVALO FRECUENCIA MINIMA EN HORA PICO	DE	CAPACIDAD UNIDAD MODALIDAD BIARTICULADOS	POR CAMBIO DE A	DEMANDA DIARIA	CAPACIDAD POR MODAL	DIARIA CAMBIO
2010	107,758	50		2	18,066		0.09		200,732
2011	109,321	51		2	18,328		0.09		203,642
2012	110,895	52		2	18,592		0.09		206,575
2013	112,481	52		2	18,858		0.09		209,529
2014	114,078	53		2	19,125		0.09		212,504
2015	115,686	54		2	19,395		0.09		215,501
2016	117,306	55		2	19,667		0.09		218,518
2017	118,937	55		2	19,940		0.09		221,555
2018	120,578	56		2	20,215		0.09		224,612
2019	122,230	57		2	20,492		0.09		227,690
2020	123,892	58		2	20,771		0.09		230,786
2021	125,565	58		2	21,051		0.09		233,902

2022	127,247	59		2	21,333	0.09	237,036
2023	128,940	60		2	21,617	0.09	240,189
2024	130,642	61		2	21,902	0.09	243,359
2025	132,353	62		2	22,189	0.09	246,547
2026	134,074	62		2	22,478	0.09	249,752
2027	135,803	63		2	22,768	0.09	252,974
2028	137,541	64		2	23,059	0.09	256,212
2029	139,288	65		2	23,352	0.09	259,466
2030	141,043	66		2	23,646	0.09	262,735
2031	142,806	67		2	23,942	0.09	266,020
2032	144,577	67		1	24,239	0.09	269,318
2033	146,355	68		1	24,537	0.09	272,631
2034	148,141	69		1	24,836	0.09	275,957
2035	149,933	70		1	25,137	0.09	279,296
2036	151,733	71		1	25,438	0.09	282,647
2037	153,538	72		1	25,741	0.09	286,011
2038	155,350	72		1	26,045	0.09	289,386
2039	157,168	73		1	26,349	0.09	292,772
2040	158,991	74		1	26,655	0.09	296,168

	ESCENARIO 4					
	DEMANDA DIARIA	NUMERO DE UNIDADES	INTERVALO DE FRECUENCIA EN HORA PICO	CAPACIDAD POR CAMBIO DE LA FRECUENCIA CON VEHICULOS ARTICULADOS	DEMANDA DIARIA	CAPACIDAD DIARIA POR CAMBIO MODAL
2010	107,758	100	1	36,000	0.09	400,000
2011	109,321	100	1	36,000	0.09	400,000
2012	110,895	100	1	36,000	0.09	400,000
2013	112,481	100	1	36,000	0.09	400,000
2014	114,078	100	1	36,000	0.09	400,000
2015	115,686	100	1	36,000	0.09	400,000
2016	117,306	100	1	36,000	0.09	400,000
2017	118,937	100	1	36,000	0.09	400,000
2018	120,578	100	1	36,000	0.09	400,000
2019	122,230	100	1	36,000	0.09	400,000
2020	123,892	100	1	36,000	0.09	400,000
2021	125,565	100	1	36,000	0.09	400,000
2022	127,247	100	1	36,000	0.09	400,000
2023	128,940	100	1	36,000	0.09	400,000
2024	130,642	100	1	36,000	0.09	400,000
2025	132,353	100	1	36,000	0.09	400,000
2026	134,074	100	1	36,000	0.09	400,000
2027	135,803	100	1	36,000	0.09	400,000
2028	137,541	100	1	36,000	0.09	400,000
2029	139,288	100	1	36,000	0.09	400,000
2030	141,043	100	1	36,000	0.09	400,000
2031	142,806	100	1	36,000	0.09	400,000
2032	144,577	100	1	36,000	0.09	400,000
2033	146,355	100	1	36,000	0.09	400,000
2034	148,141	100	1	36,000	0.09	400,000
2035	149,933	100	1	36,000	0.09	400,000
2036	151,733	100	1	36,000	0.09	400,000
2037	153,538	100	1	36,000	0.09	400,000
2038	155,350	100	1	36,000	0.09	400,000
2039	157,168	100	1	36,000	0.09	400,000
2040	158,991	100	1	36,000	0.09	400,000

i. Metas Anuales

Se pueden desagregar un sin número de metas asociadas al proyecto, metas y objetivos a forma de cronograma relacionadas en grandes rubros que van desde el estudio mismo, la construcción, la licitación y adjudicación de la concesión en sus diferentes componentes de obra, del sistema de prepago y del material rodante. Asimismo se contemplan metas en función de la operación, negociación con los concesionarios y concientización y difusión del sistema.

- a) En primera instancia se evalúa a lo largo del tiempo las tareas a cumplir en el estudio del proyecto y lo correspondiente a sus tres grandes incisos: documento A: diagnóstico del problema de transporte urbano, documento B: Plan integral de movilidad urbana y documento C: Factibilidad del proyecto de

- infraestructura de transporte. De la mano viene el proyecto ejecutivo con sus respectivos estudios de campo.
- b) La disponibilidad de espacios físicos que comprometen al corredor a su largo y ancho es de vital importancia, ya que se debe de hacer una probable programación de tiempos para la obtención de derechos de vía correspondientes. Como se ha visto en varios apartados del presente documento hay dos tramos donde intervienen espacios ya sea entes federales o empresas ferroviarias, y así como se hace una valoración de los tiempos de adquisición de igual manera presupuestar.
- c) Para evaluar la parte ambiental y obtener sus metas respectivas, una vez realizados los estudios de campo, se elabora la elocución de la información del sitio de estudio, se sigue con el proceso de evaluación de la manifestación de impacto ambiental por parte de la dependencia en materia ambiental responsable, esta emitirá, debidamente fundamentado el Resolutivo del Impacto Ambiental.
- d) Otro factor evaluado en las metas anuales es la adecuación de un marco legal, donde se tiene que conformar la ley y reglamento del transporte para que opere el nuevo sistema, además de su modelo de contrato de concesión, la ley de participación pública y privada, el reglamento de vialidad municipal con su respectiva normatividad. Por la misma línea de acción se ataca la creación de figuras jurídicas institucionales, entre ellas la creación de fideicomisos de administración y pago junto con los acuerdos de aceptación de concesiones y comodatos.
- e) Un punto muy importante a tomar en consideración en cuanto a tiempo y relevancia se refiere es el proceso de negociación con los concesionarios, la exposición del proyecto, el modelo de negocio, para las rutas troncales y alimentadoras, el modelo de participación y finalmente el modelo de recaudación y remuneración. Tema que se debe llevar de la mano con talleres y cursos de capacitación con los permisionarios involucrados en el proyecto.

(i) Metas en el primer año del horizonte de evaluación:

- *Meta 1: Desembolsos* tanto de anticipos como de obra ejecutada alcancen hasta el 65.78% del monto total de inversión en infraestructura. Este porcentaje es equivalente a \$737.1 millones de pesos. El monto desembolsado para la infraestructura del primer año se dividirá a razón de 50% por parte del FONADIN y 50 % por parte del gobierno del Estado de Puebla, el porcentaje restante del proveedor privado al cual se le asigne el contrato PPS o concesión mediante licitación.
- *Meta 2: Programa de socialización.* El primer año de la construcción debe finalizarse la etapa de concientización a la sociedad sobre el proyecto.
- *Meta 3: Programa de mitigación de externalidades por obra.* El primer año debe concluirse el programa de implementación de rutas alternas para mitigar las afectaciones de la construcción de los carriles confinados.
- *Meta 4: Adquisición de predios para terminales.*
- *Meta 5: Reuniones de trabajo con grupos de transportistas involucrados en el proyecto del Primer Corredor a cambio de cancelación de permisos y/o modificación de rutas.*

(ii) Metas en el Año Uno.

- *Meta 1. Construcción.* Para el segundo años de construcción, la obra debe quedar completamente terminada de acuerdo a las especificaciones. La meta de construcción incluye la finalización de las terminales, paraderos, talleres y patios de resguardos.
- *Meta 2. Licitación y adjudicación de la concesión del material rodante.* Esta meta incluye la cancelación de los permisos de las unidades de transporte convencional que actualmente circulan por el trazo del primer Corredor de la Zona Metropolitana de Puebla, la intención es que los concesionarios pasen a formar parte de la empresa que prestará el servicio en dicho corredor.
- *Meta 3. Licitación y adjudicación del servicio de recaudo.* La empresa concesionaria deberá instalar la infraestructura de cobro y recaudo en 36 estaciones y 2 terminales.

- **Meta 4. Entrega de 50 unidades articuladas.** La empresa concesionaria deberá recibir las unidades con características de piso alto, puerta izquierda.

(iii) Metas Año Tres del Proyecto de Operación (Primer año de Operación):

- **Meta 1:** Movilizar 34.9 millones de pasajeros anuales, lo cual resulta de multiplicar la demanda promedio diario de 107,758 pasajeros por los 324 días promedio diarios anuales de operación.
- **Meta 2:** Incrementar el índice de pasajeros por kilómetro IPK a un nivel superior de 7 en el Corredor.
- **Meta 3:** Reducir el nivel de emisiones de gases efecto invernadero 25,875 Toneladas anuales.
- **Meta 4:** Incrementar la seguridad del usuario al menos en un 75% del índice de siniestralidad promedio que registra la troncal.
- **Meta 5:** Incrementar el nivel de calidad de servicio al usuario a través de indicadores de satisfacción definidos en: (i) Puntualidad, (ii) Regularidad, (iii) Limpieza.

(vi) Metas globales en la vida del proyecto (30 Años)

- **Meta 1.** Movilizar un volumen superior a 50 millones de pasajeros anuales, con un promedio de pasajeros diarios en el año 30 de 158,990, lo cual constituye un incremento del 47.54% de la demanda en el horizonte del proyecto, partiendo de una demanda de 107,758 pasajeros diarios en el primer año de operación.
- **Meta 2.** Reducir en 30 años el equivalente a 750,000 Toneladas de evitadas de CO₂.

j. Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación

Los beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación del proyecto están en función del ahorro en tiempo de viaje de los usuarios, en términos monetarios, y de los ahorros en costos de operación vehicular, mismos que se calcularon con la diferencia entre las situaciones con proyecto y sin proyecto optimizado.

El proyecto propuesto, en comparación con el sistema actual de transporte público, tiene beneficios sociales y económicos que pueden atribuirse al primer corredor de transporte público, entre los que destacan el ahorro en tiempo de viaje de los usuarios y el ahorro en costos de operación vehicular.

Ahorro en tiempo de viaje de los usuarios del transporte público

Los tiempos de recorrido que los usuarios destinan para trasladarse de un lugar a otro dependen, entre otros factores, de la velocidad a la que viajan los vehículos de transporte público, la cual, a su vez, depende de la infraestructura vial.

Siguiendo esta lógica, una mejora en la infraestructura vial con carriles exclusivos para la circulación de los vehículos de transporte público (situación con proyecto) generará, en términos de ahorro de tiempo, un beneficio social y económico.

Tabla 3.12: Costo del tiempo anual monetizado en la situación sin proyecto optimizado

RUTAS	SITUACIÓN OPTIMIZADA			
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA	HRS TOTALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	23	43,638	16,728	\$119,081,363 ^{1/}
ALIMENTADORA	23	50,110	19,209	\$136,742,820
TRANSVERSALES	32	14,010	7,472	\$53,190,814
TOTAL	24*	107,758	43,409	\$309,014,997

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla

*Promedio ponderado del tiempo de viaje expresado en minutos

1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 3.13: Ahorro en tiempo anual monetizado (situación actual optimizada vs situación con proyecto)

RUTAS	SITUACIÓN CON PROYECTO			
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA	HRS TOTALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	17	43,638	12,364	\$88,015,421 ^{1/}
ALIMENTADORA	10	50,110	8,352	\$59,455,257
TRANSVERSALES	14	14,010	3,269	\$23,270,981
TOTAL	13*	107,758	23,985	\$170,741,659
			AHORRO	\$138,273,338

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla

*Promedio ponderado del tiempo de viaje expresado en minutos

^{1/} Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Para monetizar el ahorro en tiempo de viaje para los potenciales beneficiados de la realización del Primer Corredor Troncal de Transporte de la Zona Metropolitana de Puebla se tomaron en cuenta los siguientes datos:

Tabla 3.14: Determinación del costo del tiempo por hora

SALARIO MÍNIMO EN LA REGIÓN	\$56.70
COEFICIENTE VALOR DEL TIEMPO	3.10
HORAS LABORADAS	8.00
COSTO DEL TIEMPO POR HORA	\$21.97125

El Salario Mínimo vigente para el año 2011 en el Estado de Puebla, según la categoría geográfica "C", es igual a \$56.70 pesos por jornada laboral. Este salario se multiplicó por 3.10 veces el coeficiente del valor del tiempo, según criterios del CEPEP, y se dividió por 8 horas diarias laboradas. De estas operaciones aritméticas se obtuvo el costo del tiempo en horas para la Zona Metropolitana de Puebla igual a \$21.97125 pesos por hora.

De la comparativa entre el escenario sin proyecto optimizado y el escenario con proyecto se puede deducir lo siguiente: en base a una misma demanda para ambos escenarios (107, 758 pasajeros por día), la diferencia en tiempo de viaje promedio ponderado es de 11 minutos, con una velocidad promedio de 19 km/h (para el escenario sin proyecto optimizado) y 25 km/h (para el escenario con proyecto), que deriva en un ahorro de tiempo, que en términos monetarios se traduce en 138 millones de pesos al año. Dicho monto es resultado de multiplicar el ahorro en tiempo de viaje (expresado en minutos) y la demanda diaria (pasajeros por día), cuyo resultado se convierte en horas dividiendo entre 60, posteriormente se multiplica por el costo del tiempo (21.97125) y por los 324 días de operación del transporte público. Cabe agregar que el ahorro en tiempo de viaje es producto de una mayor velocidad de operación de la flota vehicular y una menor longitud de recorrido de los usuarios para llegar a su destino; pues con la realización del proyecto propuesto de transporte público se reduce la sinuosidad del trazo de la ruta.

Como puede verse en las columnas de costo del tiempo anual para cada escenario (situación optimizada y situación con proyecto), éstos van creciendo cada año, dicho aumento se debe al crecimiento medio anual de la demanda que se ubica en 1.31%.

Tabla 3.15: Ahorro en tiempo de viaje de los usuarios en el horizonte del proyecto

AÑO	SITUACIÓN OPTIMIZADA		SITUACIÓN CON PROYECTO		AHORRO OPTIMIZADA vs. PROYECTO
	TIEMPO RECORRIDO	COSTO TIEMPO ANUAL	TIEMPO RECORRIDO	COSTO TIEMPO ANUAL	
0	43,409	\$309,014,997	23,985	\$170,741,659	\$138,273,338
1	44,675	\$318,030,197	24,444	\$174,012,580	\$144,017,617
2	45,319	\$322,609,832	24,796	\$176,518,361	\$146,091,470
3	45,967	\$327,223,152	25,151	\$179,042,574	\$148,180,579
4	46,620	\$331,869,721	25,508	\$181,584,978	\$150,284,743
5	47,277	\$336,549,084	25,868	\$184,145,327	\$152,403,758
6	47,939	\$341,260,771	26,230	\$186,723,361	\$154,537,410
7	48,605	\$346,004,296	26,595	\$189,318,816	\$156,685,480
8	49,276	\$350,779,155	26,962	\$191,931,416	\$158,847,740

9	49,951	\$355,584,830	27,331	\$194,560,876	\$161,023,954
10	50,630	\$360,420,784	27,703	\$197,206,904	\$163,213,880
11	51,314	\$365,286,464	28,077	\$199,869,197	\$165,417,267
12	52,001	\$370,181,303	28,453	\$202,547,444	\$167,633,858
13	52,693	\$375,104,714	28,831	\$205,241,325	\$169,863,389
14	53,389	\$380,056,096	29,212	\$207,950,511	\$172,105,585
15	54,088	\$385,034,831	29,595	\$210,674,663	\$174,360,169
16	54,791	\$390,040,284	29,979	\$213,413,433	\$176,626,851
17	55,498	\$395,071,804	30,366	\$216,166,466	\$178,905,337
18	56,208	\$400,128,723	30,755	\$218,933,397	\$181,195,326
19	56,922	\$405,210,357	31,145	\$221,713,851	\$183,496,506
20	57,639	\$410,316,008	31,538	\$224,507,446	\$185,808,562
21	58,360	\$415,444,958	31,932	\$227,313,789	\$188,131,169
22	59,083	\$420,596,476	32,328	\$230,132,480	\$190,463,996
23	59,810	\$425,769,812	32,726	\$232,963,109	\$192,806,703
24	60,540	\$430,964,204	33,125	\$235,805,259	\$195,158,945
25	61,272	\$436,178,871	33,526	\$238,658,503	\$197,520,368
26	62,008	\$441,413,017	33,928	\$241,522,405	\$199,890,612
27	62,746	\$446,665,832	34,332	\$244,396,522	\$202,269,310
28	63,486	\$451,936,489	34,737	\$247,280,401	\$204,656,088
29	64,229	\$457,224,146	35,143	\$250,173,581	\$207,050,565
30	64,974	\$462,527,946	35,551	\$253,075,595	\$209,452,351

Fuente: LOGIT

Costo de operación por kilómetro

El costo de operación por kilómetro es el resultado de dividir el total anual de los costos fijos y variables sobre el total de kilómetros recorridos por las rutas al año.

Los costos fijos y variables están integrados por:

- Consumo de combustible.
- Consumo de lubricantes.
- Consumo de neumáticos.
- Consumo de refacciones.
- Consumo de horas de mantenimiento.
- Costos fijos (derechos, sueldos y administración).

El costo de operación por kilómetro resultó más alto para la situación con proyecto debido a la diferencia en el costo fijo, que es más alto para éste escenario que para la situación sin proyecto optimizado (\$16.78 vs \$14.13 pesos/km respectivamente). Sin embargo, dado que la flota vehicular que opera en el sistema actual de transporte público recorre una longitud mayor que la que recorrerá la flota vehicular en la situación con proyecto, se generará un ahorro de hasta 89 millones de pesos, como puede verse en la tabla 1.6.

Tabla 3.16: Costo anual total por operación vehicular para la situación sin proyecto optimizado

SITUACIÓN OPTIMIZADA			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
36,543	\$14.13	\$516,352.59	\$167,298,239 ^{1/}

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 3.17: Costo anual total por operación vehicular para la situación con proyecto

SITUACIÓN CON PROYECTO			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
14,282	\$16.78	\$239,651.96	\$77,647,235 ^{1/}
AHORRO			\$89,651,004

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Como puede verse en la columna de ahorro optimizada vs proyecto de la tabla 5.17, los ahorros año con año van subiendo, la principal razón es el tamaño de la flota que se tiene para cada uno de los escenarios planteados; siendo más alta en la situación actual optimizada. Cabe señalar que el incremento en las unidades requeridas año con año, para ambos escenarios, es mayor debido a la tasa de crecimiento media anual de la demanda.

Tabla 3.18: Ahorro en costos de operación durante la vida útil del proyecto

AÑO	SITUACIÓN OPTIMIZADA				SITUACIÓN CON PROYECTO				AHORRO OPTIMIZADA vs. PROYECTO
	No. DE AUTOBUSES	KM ANUALES RECORRIDOS	COSTO POR KM	COSTO OPERATIVO ANUAL	No. DE AUTOBUSES	KM ANUALES RECORRIDOS	COSTO POR KM	COSTO OPERATIVO ANUAL	
0	746	11,839,811	\$14.13	\$167,254,623	50	4,627,368	\$16.78	\$77,644,227	\$89,610,396
1	749	12,011,488	\$14.13	\$169,679,815	51	4,694,465	\$16.78	\$78,770,069	\$90,909,746
2	760	12,184,454	\$14.13	\$172,123,204	51	4,762,065	\$16.78	\$79,904,358	\$92,218,847
3	771	12,358,692	\$14.13	\$174,584,566	52	4,830,163	\$16.78	\$81,046,990	\$93,537,576
4	782	12,534,185	\$14.13	\$177,063,667	53	4,898,751	\$16.78	\$82,197,857	\$94,865,810
5	793	12,710,917	\$14.13	\$179,560,265	54	4,967,823	\$16.78	\$83,356,847	\$96,203,418
6	804	12,888,870	\$14.13	\$182,074,108	54	5,037,373	\$16.78	\$84,523,843	\$97,550,266
7	815	13,068,025	\$14.13	\$184,604,939	55	5,107,392	\$16.78	\$85,698,724	\$98,906,214
8	826	13,248,364	\$14.13	\$187,152,487	56	5,177,874	\$16.78	\$86,881,367	\$100,271,120
9	838	13,429,866	\$14.13	\$189,716,476	57	5,248,811	\$16.78	\$88,071,641	\$101,644,834
10	849	13,612,513	\$14.13	\$192,296,620	57	5,320,195	\$16.78	\$89,269,416	\$103,027,204
11	861	13,796,281	\$14.13	\$194,892,624	58	5,392,018	\$16.78	\$90,474,553	\$104,418,071
12	872	13,981,152	\$14.13	\$197,504,185	59	5,464,271	\$16.78	\$91,686,912	\$105,817,273
13	884	14,167,101	\$14.13	\$200,130,991	60	5,536,946	\$16.78	\$92,906,348	\$107,224,643
14	895	14,354,107	\$14.13	\$202,772,720	61	5,610,033	\$16.78	\$94,132,712	\$108,640,009
15	907	14,542,146	\$14.13	\$205,429,043	61	5,683,525	\$16.78	\$95,365,850	\$110,063,193
16	919	14,731,193	\$14.13	\$208,099,620	62	5,757,411	\$16.78	\$96,605,606	\$111,494,014
17	931	14,921,226	\$14.13	\$210,784,105	63	5,831,681	\$16.78	\$97,851,819	\$112,932,287
18	943	15,112,217	\$14.13	\$213,482,142	64	5,906,327	\$16.78	\$99,104,322	\$114,377,820
19	955	15,304,143	\$14.13	\$216,193,365	65	5,981,337	\$16.78	\$100,362,947	\$115,830,419
20	967	15,496,975	\$14.13	\$218,917,402	65	6,056,702	\$16.78	\$101,627,520	\$117,289,882
21	979	15,690,687	\$14.13	\$221,653,869	66	6,132,411	\$16.78	\$102,897,864	\$118,756,005
22	991	15,885,252	\$14.13	\$224,402,377	67	6,208,452	\$16.78	\$104,173,797	\$120,228,580
23	1,003	16,080,640	\$14.13	\$227,162,526	68	6,284,816	\$16.78	\$105,455,135	\$121,707,391
24	1,015	16,276,824	\$14.13	\$229,933,909	69	6,361,491	\$16.78	\$106,741,688	\$123,192,221
25	1,028	16,473,774	\$14.13	\$232,716,109	70	6,438,465	\$16.78	\$108,033,262	\$124,682,847
26	1,040	16,671,459	\$14.13	\$235,508,703	70	6,515,727	\$16.78	\$109,329,661	\$126,179,042
27	1,052	16,869,849	\$14.13	\$238,311,256	71	6,593,264	\$16.78	\$110,630,684	\$127,680,572
28	1,065	17,068,913	\$14.13	\$241,123,329	72	6,671,064	\$16.78	\$111,936,126	\$129,187,203
29	1,077	17,268,620	\$14.13	\$243,944,472	73	6,749,116	\$16.78	\$113,245,779	\$130,698,693
30	1,090	17,468,936	\$14.13	\$246,774,228	74	6,827,406	\$16.78	\$114,559,430	\$132,214,798
TOTAL				\$6,385,847,748				\$2,964,487,354	\$3,421,360,394

Fuente: LOGIT

Para determinar el costo anual de operación vehicular en cada uno de los escenarios se multiplicó la longitud diaria recorrida por la flota sobre el corredor por el costo de operación por kilómetro por los 324 días de operación.

I. Avance en la integración del expediente técnico y obtención del derecho de vía

Los avances en la integración del expediente técnico son los siguientes:

- El **Plan Integral de Movilidad Urbana para la Zona Metropolitana de Puebla** actualmente está en etapa de consulta con los organismos y municipios involucrados para la consolidación de las estrategias y acciones a bien considerarse, para su posterior evaluación, consulta y registro.
- Si bien el Plan Integral de Movilidad Urbana para la Zona Metropolitana de Puebla se encuentra en etapa de consulta, se tienen firmados convenios de colaboración con los Ayuntamientos de Amozoc, Puebla y San Andrés Cholula, involucrados en el proyecto. Además, el Secretario de Transportes del Estado de Puebla emitió los acuerdos por los que se decreta la implementación del Sistema de Transporte Público Masivo de la Zona Metropolitana de Puebla, y por el que se aprueba el establecimiento del Primer Corredor Troncal de Transporte Público, mismos que se publicaron en los periódicos oficiales del Estado de fechas 25 y 27 de abril de 2011, respectivamente.
- La Secretaría de Transportes ha llevado a cabo diversas reuniones con el sector, a fin de darles a conocer el proyecto y orientarlos para la conformación de la sociedad que operará el sistema de transporte público de pasajeros.
- Con fecha 28 de marzo del presente año, se celebró un Convenio de Delimitación y Tramos Carreteros en Zona Urbana, específicamente del cadenamamiento 4+000 al 6+400 de la carretera Federal Puebla-Atlixco, entre el Gobierno Federal y el Estado Libre y Soberano de Puebla. Se adjunta copia del convenio referido.
- El día primero de mayo del año en curso, el Gobernador Constitucional del Estado Dr. Rafael Moreno Valle Rosas, llevó a cabo la presentación formal del Proyecto a la sociedad poblana, Cámaras, Universidades, Presidentes Municipales de los Ayuntamientos de Amozoc, Puebla y San Andrés Cholula, Secretarías Estatales involucradas y sector de transportistas.
- Se han llevado a cabo talleres con el apoyo de Organizaciones No Gubernamentales de reconocida trayectoria; tales como el Centro de Transporte Sustentable (CTS) y el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP, por sus siglas en inglés).
- Los días 07 de junio y 05 de julio del presente año, la Secretaría de Transportes llevó a cabo sesiones de trabajo con el Instituto de Planeación del Municipio (IMPLAN), específicamente con el Consejo Ciudadano de Desarrollo Urbano, con la finalidad de dar a conocer el Proyecto Integral para la construcción del corredor. Se adjunta copia del Orden del Día y de las Actas, respectivamente.
- Con fecha 23 de mayo del presente año, se celebró un Convenio de Colaboración entre la Secretaría de Transportes y los Honorables Ayuntamientos de Amozoc, Puebla y San Andrés Cholula, los cuales resultan directamente beneficiados con la construcción del carril. Se adjunta copia del convenio referido.
- Para la licitación de construcción del carril, se presentaron ante instancias, tales como: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Comisión Nacional del Agua (CNA), Sistema Estatal Operador de Agua Potable y Alcantarillado de Puebla (SOAPAP), Direcciones de Obra de los Ayuntamientos de Amozoc, Puebla y San Andrés Cholula; las solicitudes para la obtención de permisos, autorizaciones y licencias que permitieran la debida ejecución de la obra. Se adjunta copia de los oficios enviados; así como la descripción de los conceptos que a cada rubro corresponden y que fueron incorporados en la licitación como obra inducida.

- La Secretaría de Transportes llevó a cabo una sesión de trabajo con personal del Centro SCT en el Estado de Puebla, en la que se firmó una minuta de trabajo donde el Centro SCT manifiesta que después de haber verificado las alternativas viales para brindar apoyo al proyecto del BRT, resulta viable la compatibilidad de ambos proyectos, precisando que el Camino de San Lorenzo quedará restringido únicamente para el transporte de carga pesado, no así para el particular y público. Se anexa copia de la minuta de trabajo.
- En cuanto a la autorización del uso de derecho de vía por parte de FERROSUR, con fecha 15 de agosto de 2011 se firmó la carta intención que celebran el Gobierno del Estado de Puebla a través de la Secretaría de Transportes y FERROSUR S.A. de C.V., en donde se establecen los lineamientos que permitirán la coexistencia dentro del derecho de vía de la operación ferroviaria y el Corredor de Transporte Público de Pasajeros de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla. Se anexa copia de la Carta de Intención (Ver Anexo 5).

Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).

Después de haber sido ingresada a evaluación, se obtuvo el Resolutivo de Impacto Ambiental¹⁷ por parte de la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento del Territorio (SSAOT), obteniendo la factibilidad ambiental del proyecto de Corredor Troncal que contiene 27 condicionantes, de las cuales 24 son derivadas de las medidas de mitigación aplicables al proyecto propuestas en la Manifestación de Impacto Ambiental; por otra parte el resto de las condicionantes corresponden a gestiones, trámites y autorizaciones previas a los inicios de obras y/o actividades.

De las condicionantes resalta la vigésima tercera correspondiente a compensar el impacto a la vegetación que será afectada por el proyecto; en la MIA se establece el trasplante de **74 individuos arbóreos sanos** (presentes en camellones centrales), por otra parte, se tiene a **1152** individuos que por su ubicación en la superficie de la CETRAN 1 serán removidos por completo, cabe señalar que durante los trabajos de campo se detectó que algunos individuos estaban muertos, mientras que otros presentaban defoliación severa y desecación a diferentes porcentajes. Respecto a la CETRAN 2 sólo basta decir que la presencia de vegetación es casi nula, sólo hay dos individuos que también serán trasplantados.

Por lo anterior en el Resolutivo se contempla dentro de las condicionantes, reforestar con **9,000 árboles** de diferentes especies en zonas autorizadas por el H. Ayuntamiento, mismo que ya se están programando las plantaciones, actividad que deberá concluir en un término no mayor a 9 meses a partir de la recepción de este documento (actividad en proceso).

Marco de Salvaguarda Ambiental y Social para Proyectos de Transporte Urbano (MASTU).

El estudio y análisis de los Planes de Manejo Ambiental y Social correspondientes al contenido del MASTU se encuentran en un 90% respecto al término de su contenido, es importante señalar que durante todo el proceso de investigación y conglomeración de información, el documento ha sido revisado de forma parcial por parte de los consultores asesores del Banco Mundial, sin embargo falta la evaluación final y veredicto.

En materia de la información faltante, el término del documento está en función de la recopilación de material documental y/o visual de reuniones previas con ambulantes situados en el sitio del proyecto y con transportistas, mismo que se encuentra en proceso de clasificación.

Cabe señalar que dentro del contenido del MASTU se contempla la ejecución de una Consulta Pública del proyecto masiva ante los actores relevantes (personas afectadas, beneficiadas, investigadores, etc.) necesaria para darles a conocer el proyecto desde su planeación hasta su operación y mantenimiento, con el fin de

¹⁷ Resolutivo de Impacto Ambiental del Proyecto “Preparación, Construcción y Operación del Corredor BRT Chachapa – Tlaxcalancingo, Paraderos y Terminales” para la Introducción del Sistema de Movilidad Urbano Sustentable. Oficio No: SSAOTIA 01.601.4-11/0093. Expediente: DEPIA-072/11.

exponer las estrategias presentes en las Políticas Ambientales (MIA - MASTU) para aminorar y/o mitigar los impactos negativos que el proyecto podría presentar.

Respecto a lo anterior se indica que el proceso de planeación y logística de la consulta pública se encuentra en proceso y será efectuada tentativamente días antes que finalice el mes de agosto del presente año.

MARCO LEGAL (MIA)

Para la evaluación de la Manifestación de Impacto Ambiental ante la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento del Territorio (SSAOT) se tomaron en consideración los siguientes lineamientos:

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en su Capítulo II Distribución de Competencias y Coordinación establece los siguientes artículos:

ARTICULO 4°.- La Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios ejercerán sus atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales.

ARTICULO 7°.- Corresponden a los Estados, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia. Estableciendo las facultades competentes en las Fracciones I a XXI.

ARTÍCULO 11°. La Federación, por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación, con el objeto de que los gobiernos del Distrito Federal o de los Estados, con la participación, en su caso, de sus Municipios, asuman las siguientes facultades, en el ámbito de su jurisdicción territorial:

Mismo que en su Fracción III. Establece a la Evaluación del Impacto Ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley.

Así mismo respecto a la evaluación del impacto ambiental se contemplan, los Artículos 28,30 y 32 de la LGEEPA.

Por otra parte, la Ley de Protección al Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla (LPANDSEP), particularmente en su Capítulo II de las atribuciones, concurrencias y coordinación de las autoridades, que en su sección primera especifica las atribuciones de la secretaría (SSAOT) en su Artículo 5, Fracción VI establece como competencia la Evaluación del Impacto Ambiental de las obras o actividades que no estén reservadas a la Federación, conforme a los preceptos correspondientes.

Así mismo dentro de su Título Segundo de la gestión para el desarrollo sustentable y la Política Ambiental en el Capítulo I de la gestión para el desarrollo sustentable; establece en el Artículo 12.- que el Gobierno del Estado, por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación y colaboración con la Federación para ejercer las facultades o realizar las funciones a que se refiere el artículo 11 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

k. Aspectos relevantes

Técnicos

El proyecto del Corredor de Transporte tiene como insumos técnicos los resultados de un conjunto de estudios en materia de transporte urbano realizados en el periodo de 1994-2009, donde se determina la oferta y demanda del transporte colectivo y se plantea la reestructuración global del sistema de Transporte Público a través de la implementación de Corredores Troncales para la ciudad de Puebla en un principio, y posteriormente a nivel metropolitano. Esta propuesta ha sido modificada en el transcurso del tiempo debido a la transformación de la demanda, la cual sufre cambios a partir del crecimiento de la ciudad de Puebla y su área metropolitana.

La administración Pública tanto estatal como municipal están en el inicio de sus actividades administrativas, por lo que recientemente se presenta el Programa de Desarrollo del Estado de Puebla 2011-2017, el Plan Municipal de Desarrollo 2011-2014 y el Programa Sectorial de Movilidad Metropolitana de la ciudad de Puebla, los cuales establecerán entre sus estrategias y líneas de acción el desarrollo y modernización de la Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla. Aunado a lo anterior se encuentra en proceso de elaboración el **Proyecto Ejecutivo** para la construcción del Corredor, que permite identificar y establecer los elementos técnicos de topografía, geotecnia, mecánica de suelos, estructurales y de construcción para la materialización del mismo.

Entre los elementos más relevantes que caracterizan al proyecto del Corredor de Transporte, se encuentran la implementación de nueva infraestructura, la cual permite y coadyuva a la operación eficiente del sistema. Encontramos en este rubro la construcción del carril exclusivo del Corredor, diseñado a partir de las características funcionales y de tránsito. Así mismo la implementación de los paraderos a lo largo del corredor considerados como mobiliario urbano como elemento urbanístico, o también clasificado como infraestructura del transporte, desde la concepción de la ingeniería de tránsito, cuya función estriba en realizar el ascenso y descenso al transporte público de manera segura, cómoda y rápida. También destaca como aspecto técnico la implementación de las Terminales de Transferencia al inicio y final del Corredor donde se desarrollan las transferencias entre las rutas alimentadoras y la ruta troncal.

En términos de tecnología el uso de la misma es parte integral del sistema propuesto de transporte, la cual se empleará para la recaudación de los ingresos en el Corredor, la vigilancia y monitoreo de los autobuses del sistema troncal. Para el caso de la recaudación, el empleo de un sistema de prepago garantiza el 100% de la recaudación de la tarifa evitando con ello la fuga de la misma. El sistema de cámaras de vigilancia proporciona mayor seguridad a los transeúntes en el área de los paraderos y terminales de transferencia. El monitoreo de la flota de autobuses troncales se realizará con el empleo de un sistema de GPS (Sistema de Posición Global), apoyado con el empleo de radios de comunicación.

Dentro de las cuestiones técnicas relevantes destaca el Centro de Control Operacional, un elemento técnico cuya función principal radica en el control y administración de los autobuses troncales conforme a la demanda en el área del corredor, establecida a partir de los diferentes horarios en el transcurso de un día.

Legales

Para la integración de las instituciones ante un nuevo modelo de transporte en la ciudad de Puebla y su área metropolitana, será necesario, dentro del marco legal y de las posibilidades de viabilidad política, proponer una estructura jurídica moderna para el sector involucrado, por esto, cada propuesta jurídica nace de un esfuerzo de cooperación y es diseñada cuidadosamente para optimizar la eficiencia económica del servicio y de las mejoras de accesibilidad. Siendo sabido que en Puebla la gestión del transporte público está a cargo del Estado a través de la Secretaría de Transportes¹⁸. Estableciendo en forma clara estas atribuciones sobre el transporte público en la Ley de Transporte del Estado de Puebla¹⁹, la cual menciona en sus artículos 12, 46 y 47, lo siguiente:

Artículo 12. El Servicio de Transporte es aquel que presta el Estado a través de la Secretaría, pudiendo otorgarse a terceros por virtud de la concesión correspondiente; y que se le denomina Servicio Público de Transporte; así como el que prestan los particulares directamente a otros particulares, constituyendo una actividad comercial, o que llevan a cabo los propietarios de vehículos y que para su prestación necesitan del permiso de la Secretaría, al que se le denomina Servicio de Transporte Mercantil.

Artículo 46. Corresponde al Gobierno del Estado a través de la Secretaría, la prestación del Servicio Público de Transporte, creando los medios que estime convenientes o mediante el otorgamiento de CONCESIONES, en los términos de esta Ley y sus Reglamentos.

Artículo 47. Corresponde al Gobierno del Estado a través de la Secretaría, otorgar los PERMISOS respecto de los servicios que por su naturaleza mercantil no esté obligado a prestar.

¹⁸ Con base en la Nueva Ley orgánica de la Administración Pública del Estado de Puebla (Art. 17 fracción IX).

¹⁹ Publicada el 18 de marzo de 1998.

Se cumplirá con el objetivo de establecer las bases y los elementos que intervienen para la creación de nuevas formas jurídicas, que fundamenten el comportamiento de un nuevo modelo de prestación de servicio. Con la implantación del sistema integrado de transporte, se establecerán los ordenamientos que lo regirán ya que la actual legislación no tiene contemplado este tipo de sistema de transporte.

Esta propuesta está enfocada a darle su lugar de Autoridad a la Secretaría, ya que es ella quien dicta las directrices en materia de transporte, se plantea la necesidad de ajustar las rutas acordes a las necesidades de transporte y movilidad que se requiere en un momento determinado. Se hace a un lado el esquema concesión-camión, para dar paso a un nuevo esquema de contrato de concesión, donde se contempla la creación de rutas de transporte público de pasajeros, manejadas por empresas conformadas por personas dedicadas al servicio público de transporte.

Entre los puntos a considerar está la de incluir al organismo de gestión que es la Secretaría de Transportes, una dirección de área, como organismo encargado de la supervisión y control del sistema integrado, estableciendo sus atribuciones y su estructura.

Otro de los puntos importantes que se contempla para la concesión de nuevas rutas es que se licitarán por la Secretaría y se concederá dicha concesión a favor de la empresa que reúna los requisitos de capacidad financiera, legal, técnica y material. Basados en la propuesta de modificación que se hace al artículo 46 de la Ley de Transporte, que dice:

Artículo 46.- Corresponde al Gobierno del Estado a través de la Secretaría, la prestación del Servicio Público de Transporte, **la cual previos estudios técnicos y conforme a las necesidades y directrices contempladas en el Plan de Movilidad, procederá a otorgar Concesiones a través de licitación pública en los términos de esta Ley y su Reglamento.**

Se hace mención de que la concesión de ninguna forma crea algún tipo de derecho a favor de quien la explota, por lo que aceptan y reconocen los concesionarios que la Secretaría puede en un momento dado, ampliar o reducir el número de unidades de transporte que ampara el título de concesión, en razón de las necesidades.

En relación a la Ley de Proyectos de Asociaciones Público-Privadas para el Estado de Puebla (PPS), que ya fue aprobada para su publicación y ejecución, establece las bases para que el sector privado en asociación con el sector público financie parte de la obra requerida.

La participación para financiar las obras con esquema DBOT estará dividida en tres participantes, un porcentaje por parte de la iniciativa privada, otro por el gobierno estatal y otro por el gobierno federal a través del FONADIN. Para este proyecto, los alcances jurídicos que se tienen es en la intervención técnica de los parámetros considerados como puntos base, necesaria para el desarrollo del sistema integrado de transporte. Estos son los siguientes:

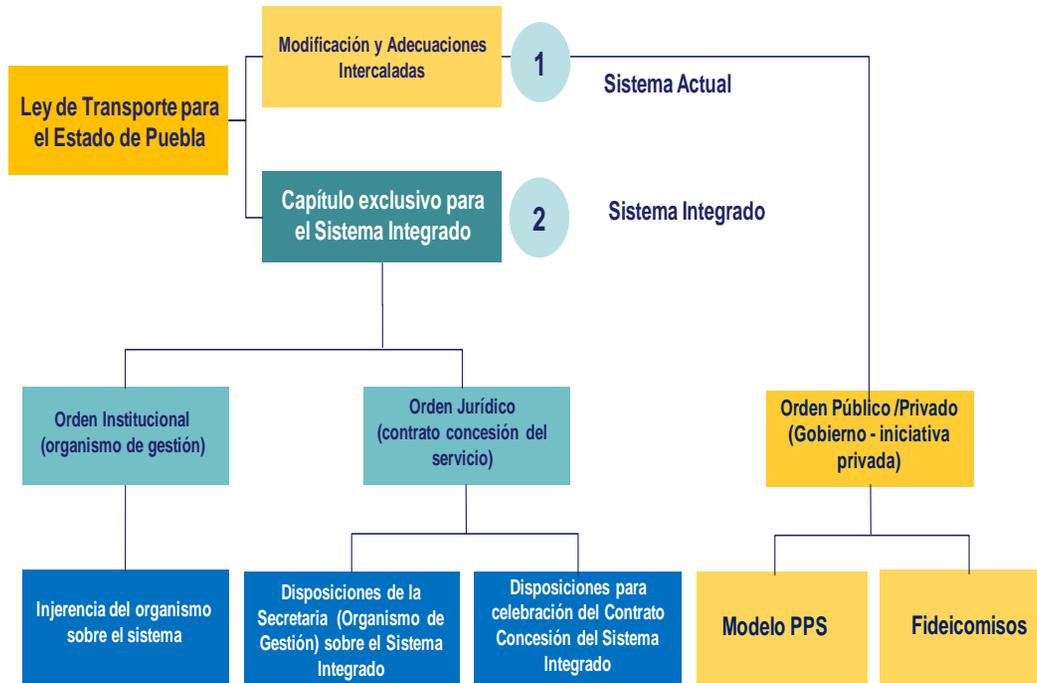
Tabla 3.19: Intervención técnica de los parámetros base para el desarrollo del sistema integrado de transporte

MODIFICACIONES Y ADECUACIONES A ORDENAMIENTOS PRINCIPALES	CREACIÓN DE NUEVOS ORDENAMIENTOS
<ul style="list-style-type: none"> • Ley de Transporte para el Estado de Puebla • Reglamento de la Ley de Transporte para el Estado de Puebla • Ley de Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla • Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado de Puebla • Reglamento Interior de la Secretaria de Transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de Contrato de Concesión • Fideicomiso para el Prepago • Fideicomiso para la Infraestructura • Comodato para la Terminal • Modelos de Participación Público Privada • Acuerdos

Fuente: LOGIT

Se establece como primer término la propuesta de modificación de la Ley de Transporte del Estado, que dicha modificación corre a cargo de la autoridad correspondiente para posteriormente presentarla al Congreso para su aprobación. Para esto se seleccionaron dos alternativas aplicables, la primera está enfocada a la modificación de los artículos actuales relacionados con el sistema integrado en combinación con el sistema actual en operación; la segunda y el punto más importante es adicionarle una sección o capítulo exclusivo de toda la gestión y operación del nuevo sistema integrado de transporte.

Figura 3.14: Estructura Jurídica Reglamentaria



Fuente: LOGIT

En la primera alternativa se propone la modificación o adecuación a 24 artículos y se anexaron 16 más, siendo los siguientes: Artículos 6, 17, 19, 36, 37, 38, 39, 46, 48, 49, 55, 58, 59, **(anexar 12 artículos 59 A, B, C...M)**, 73, 82, 85, 86, 87, 88, 91, 92, 92-Bis, 114, 120. **Se propone adicionar 4 artículos que se refieran al Sistema de prepago (recaudo)**

En la alternativa dos, la sección a ser anexada contendrá por lo menos los capítulos siguientes:

- Capítulo Disposiciones Generales
- Capítulo De los Corredores de Transporte
- Capítulo De las Concesiones
- Capítulo Del sistema de Prepago
- Capítulo Seguridad

Con la aplicación de las dos alternativas anteriores, se establecerán las bases para conformar la situación legal de tres estancias importantes, la de orden institucional con la reestructuración de la Secretaría, como el organismo que gestionará y sus disposiciones sobre el sistema integrado, el orden jurídico en el que se conformará el contrato concesión para la operación del servicio y el orden público en el que se definirán los modelos de fideicomisos y de los contratos de participación entre el gobierno y la iniciativa privada para la ejecución del proyecto.

Por otro lado, dentro de los 18.5 kms que comprende el Corredor Chachapa – Tlaxcalancingo, se contemplan 6.2 kms que corren paralelamente a la vía del ferrocarril, y en parte de los cuales se ocupará el derecho de vía

inherente a la línea VB de la Vía General de Comunicación Ferroviaria del Sureste otorgada en concesión a Ferrosur; es por esto que se requiere la autorización de esta empresa, para que en las secciones que lo requieran se pueda construir la infraestructura del corredor.

Medio Ambiente

El análisis ambiental para el Programa Sectorial de Movilidad de la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla, contempló las evaluaciones para cada rubro del Sistema Medioambiental, particularmente a la Reducción de Gases Contaminantes denominados de criterio y los de efecto invernadero (GEI), ésta incluyó una serie de indicadores ambientales que describen su comportamiento en el Sistema Medioambiental; además se enfatizó que era necesaria la supervisión y el seguimiento de los equipos detección de contaminantes atmosféricos pertenecientes a la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico.

Es imperioso señalar que no sólo se plantearon medidas de mitigación para el rubro atmósfera, también se propusieron para los demás elementos del Ecosistema Urbano tomando en consideración el importancia y grado de los impactos manifestados.

Con base en lo anterior se formulan políticas ambientales dentro de un programa, plan, proyecto, etc. respecto a la prevención de la contaminación, control de la calidad y evaluación ambiental. Para dar cumplimiento a lo establecido en las políticas ambientales es necesario el trabajo en conjunto, por medio de la participación del sector gobierno y la ciudadanía en general, resultando necesaria la integración de mecanismos de instrumentación que garanticen el desarrollo sostenible entre sus rubros social, económico y ambiental.

De forma paralela se elaboraron proyecciones que permitieron orientar a las políticas ambientales destinadas a regular y garantizar la calidad del Sistema Medioambiental del Municipio, permitiendo observar el grado de resiliencia del ecosistema urbano ante las diversas variables antropogénicas que suscitan en él, vislumbrando las posibles alteraciones que produzcan.

En este sentido se elaboraron los siguientes documentos de política ambiental:

1. Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)²⁰.
2. Marco de Salvaguarda Ambiental y Social para Proyectos de Transporte Urbano (MASTU)²¹.

El contenido de ambos documentos es muy similar, sin embargo, la diferencia entre el MASTU y la MIA es que el MASTU para su evaluación se sitúa sólo sobre la línea base (sitio de estudio in situ, tomando en consideración sólo a los elementos del Sistema Medioambiental situados en el lugar destinado para la obra y/o actividad), mientras que la MIA establece al sitio de estudio más allá de la obra o actividad, amplificando el grado de análisis y de evaluación.

Objetivo de la MIA y el MASTU

El objetivo del MASTU y la MIA fue internalizar la “dimensión ambiental”²² en los paradigmas teóricos y en los instrumentos de la planificación del desarrollo planteado una serie de interrogantes metodológicas y prácticas que provocan cierta incertidumbre acerca de la evaluación del impacto ambiental, sin embargo ambos documentos sugieren alternativas que corrijan, mitiguen o aminoren a los impactos ambientales.

Por tal razón los objetivos de la MIA:

²⁰ Requisito de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Artículo 28 “La evaluación del Impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, con el fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente.

²¹ Es el resultado de los acuerdos alcanzados entre el Gobierno Mexicano y el Banco Mundial para el manejo de aspectos ambientales y sociales para la aplicación de sus políticas de salvaguarda y de acuerdo con la legislación nacional, estatal y municipal vigente.

²² Enrique Leff. “Ecología y capital: racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable”. Siglo XX. 2005.

- Predecir, identificar, valorar, mitigar y/o corregir las consecuencias o impactos ambientales que determinadas acciones pueden causar.
- Dar cumplimiento a una de las requisiciones manifestadas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

Por otra parte, el MASTU tiene como objetivos:

- Facilitar al Promotor y/o beneficiario de proyectos o subproyectos de transporte, incorporar desde las primeras fases, procedimientos para evitar o mitigar impactos y la aplicación de buenas prácticas que garanticen el cumplimiento de los requisitos mínimos de protección ambiental y social para prevenir y/o mitigar riesgos.
- Incorporar sistemas de información y consulta que favorezcan la participación de los principales actores en el sub-proyecto, incluyendo línea base, monitoreo y seguimiento.
- Proponer procedimientos que fortalezcan la gestión ambiental, social e institucional de los beneficiarios elegibles, incluyendo sistemas de evaluación para al Fondo de Tecnología Limpia (CTF).

La metodología de la MIA y el MASTU radica en un hito importante de trabajo multidisciplinario, necesarios e inapelables, debido a que toda obra y/o actividad por pequeña que sea, provoca y/o induce a la generación de un impacto ambiental.

Proceso de Elaboración, Evaluación y Resolución de la MIA y el MASTU

MIA

- Realizar estudios de campo.
- Analizar y evaluar los impactos identificados.
- Establecer medidas de mitigación para cada impacto con sus respectivos costos de ejecución.
- Ingresar el estudio en el Departamento de Impacto Ambiental de la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento del Territorio.
- Esperar el veredicto de la evaluación denominado *Resolutivo del Impacto Ambiental*²³.
- Monitoreo y supervisión en las etapas del proyecto (Preparación y Construcción) para hacer cumplir lo establecido en el resolutivo.

MASTU

- Formar un Grupo de Trabajo Consultivo (GTC), con representantes de la SEMARNAT y de la SEDESOL.
- Elaborar el Plan de Manejo Ambiental (PMA) y de Gestión Social (PGS).
- Elaborar Anexos que se integran en las Bases de Licitación del Proyecto, que contienen las medidas de mitigación de impactos.
- Evaluación y aprobación Banco Mundial y autoridad ambiental responsable.
- Consulta pública.
- Monitoreo y supervisión (durante la vida útil del proyecto de transporte).

Proyecciones del Sistema Medio Ambiental

Para lograr lo establecido en las Metodologías de las Políticas Ambientales antes mencionadas (MIA- MASTU) se cambió de una posición reactiva a un enfoque proactivo que buscará soluciones, las desarrollará y promoverá, exhortando en cada momento la participación institucional y social, que permitieran el desencadenamiento procesos proyectuales que ineludiblemente los incluyen.

Por ejemplo, en el caso de proyectos de transporte sustentable indiscutiblemente se originan impactos positivos y negativos, sin embargo estos últimos son contrarrestados en la etapa de operación mediante la introducción

²³ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) o en su caso la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento del Territorio (SSAOT-Puebla).

de combustibles amigables con el Sistema Medioambiental. Por lo anterior, se vislumbra la mejora en la calidad del aire ambiente durante el proceso de operación del proyecto en un 70% aproximadamente del total de gases contaminantes emitidos a la atmósfera.

Otras proyecciones predeterminadas son respecto a la calidad de vida de los habitantes del sitio de estudio, a la reducción del tiempo de traslado, eliminación de ineficiencias en el transporte actual, fortalecimiento de economías locales, mayor acceso a los servicios urbanos (centros comerciales, industriales y públicos), mejora de la imagen urbana, entre otras.

La óptima aplicación de lo establecido en el presente Programa Sectorial de Movilidad en materia Medioambiental podrá lograr un equilibrio entre los demás rubros que forman parte del Desarrollo Sostenible.

m. Costo total del proyecto

El costo total del proyecto propuesto de transporte público es de **1424 millones de pesos**, que se divide en 2 grandes rubros de inversión que son: inversión en infraestructura y la adquisición de autobuses y del sistema de prepago, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.20: Conceptos y montos de la inversión inicial de los principales componentes del proyecto

CONCEPTO	MONTO
INFRAESTRUCTURA	\$ 1,120,603,035
ADQUISICIÓN DE VEHÍCULOS Y SISTEMA DE PREPAGO	\$ 303,548,548
TOTAL	\$ 1,424,151,583

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

m.1. Etapa de ejecución

a) Infraestructura

En la siguiente tabla se presentan los conceptos y montos necesarios para la ejecución del proyecto propuesto, (Para más detalle sobre éstos conceptos y montos, véase anexo 7: “Desglose de inversión en infraestructura”).

Tabla 3.21: Conceptos y montos de inversión en infraestructura

CONCEPTO	MONTO TOTAL
ESTUDIOS PRELIMINARES	\$ 31,130,000
AFECTACIONES, LIBERACIÓN DE ESPACIOS	\$ 64,000,000
PAVIMENTACIÓN CARRIL EXCLUSIVO BRT (AMBOS SENTIDOS)	\$ 299,957,859
Construcción TOTAL de Terminal de Transferencia (CETRAM 1-Tlaxcalancingo)	
a).- Construcción de área administrativa y de servicios	\$ 20,379,738
b).- Construcción de plataformas/andenes y cubierta	\$ 26,830,923
c).- Adecuación Geométrica y Pavimentación en terminal	\$ 73,098,000
Construcción TOTAL de Terminal de Transferencia 2 (CETRAM 2-Chachapa)	
a).- Construcción edificio administrativo y de servicios	\$ 21,375,000
b).- Taller (Edificación)	\$ 19,110,000
c).- Construcción de plataformas/andenes y cubierta	\$ 15,059,200
d).- Adecuación Geométrica y Pavimentación en terminal	\$ 25,584,300
Infraestructura CCO (Adecuación y Remodelación de espacio ubicado en la Secretaría de Transportes)	\$ 1,568,000
PUNTES VEHICULARES	

SOBRE EL TRAMO	\$ 18,538,798
RESULTAN DEL TRAMO CON FERROSUR	\$ 235,050,564
DISTRIBUIDOR JUÁREZ-SERDÁN	\$ 25,209,126
PASOS PEATONALES (TÚNELES VÍA FF.CC)	\$ 29,144,741
PUNTES PEATONALES SUPERIORES E INFERIORES	\$ 2,889,423
PARADEROS	\$ 113,600,000
ALUMBRADO PÚBLICO	\$ 8,816,654
MUROS DE PROTECCIÓN EN DERECHOS DE VÍA FERROSUR	\$ 8,476,091
SEÑALAMIENTO VIAL	\$ 13,547,097
Supervisión de la(s) obra(s) del sistema de Carriles Confinados	\$ 19,248,911
Señalamiento horizontal y vertical (ambos sentidos, confinamiento con Viales, cerca tubular de separación en vías de FFCC, etc.)	\$ 20,132,767
INSTALACIÓN DEL EQUIPO CCO	\$ 27,855,843
TOTAL INFRAESTRUCTURA	\$ 1,120,603,035

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

Los montos de inversión se conforman en 2 agrupadores principales que son:

- Infraestructura,
- Supervisión externa.

En la parte de infraestructura se tienen los montos destinados a la construcción del corredor, las terminales, los paraderos y adecuaciones geométricas requeridas por el corredor, entre otras, y que son esencialmente indispensables.

El monto para proyectos y supervisión comprende en sí el proyecto ejecutivo y la supervisión de su implantación.

Tabla 3.22: Distribución temporal de la inversión en infraestructura

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA		
MESES	% DE INVERSIÓN	TOTAL
12	65.78%	\$ 737,132,676
2	34.22%	\$ 383,470,359
14	100.00%	\$ 1,120,603,035

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

Se tiene contemplado que los primeros 12 meses se ejecute el 65.78% por ciento de la inversión en infraestructura, lo que implica un monto igual a 737 millones de pesos y los otros 383 millones en los 2 meses siguientes; pues según Cronograma de ejecución de las obras, se estiman 14 meses para la ejecución de las obras de infraestructura, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.23: Calendario de ejecución de obras del proyecto

CONCEPTO	MESES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Preliminares														
Terracerías y pavimentos														
Banquetas y guarniciones														
Drenaje pluvial														

en 5'625,000 pesos por unidad²⁴. Como se muestra en la siguiente tabla, los vehículos serán adquiridos el último mes antes de concluir el calendario de ejecución de las obras de infraestructura.

Tabla 3.25: Calendario de compra de flota vehicular

CONCEPTO	MESES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ADQUISICIÓN VEHICULAR														

Fuente: LOGIT

m.2. Etapa de operación

En la etapa de operación es necesario brindar los servicios necesarios a la infraestructura para una buena operación y seguridad de las mismas, por ello se debe elaborar un programa de mantenimiento adecuado a la infraestructura y analizar los montos a invertir durante la vida útil de las instalaciones.

A continuación se presentan los montos tentativos de inversión en operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura vial.

Los pavimentos de concreto hidráulico se han caracterizado por requerir de un mínimo mantenimiento a lo largo de su vida útil. Esto es sin duda una de las mayores ventajas que ofrecen estas alternativas de pavimentación. La significativa reducción en los costos de mantenimiento de una vía permite que el concreto sea una opción muy económica. Esto normalmente se puede visualizar al realizar un análisis del costo - ciclo de vida que puede ser comparado con algunas otras alternativas de pavimentación.

El instituto Mexicano del Cemento y del Concreto determina que el mantenimiento preventivo significa un gran ahorro para la Conservación de Pavimentos; en una visión general, el costo inicial de una carretera es visto sólo como parte del costo total del proyecto, por lo que se deberá considerar el concepto del “costo del ciclo de vida”.

Por 1 peso invertido en mantenimiento preventivo se evita el gasto de 4 a 6 veces en mantenimiento correctivo y los usuarios disponen de mayor cantidad de superficie en buen estado.

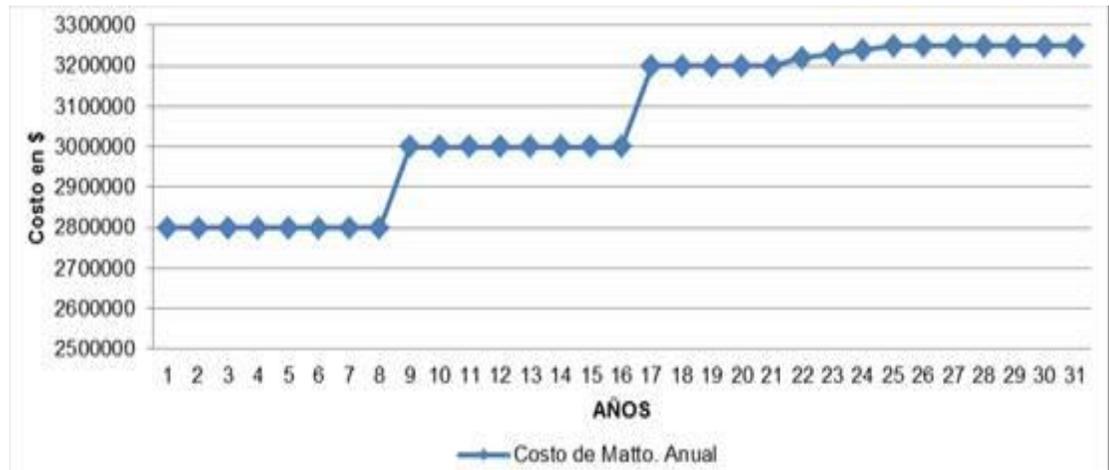
Tabla 3.26: Configuración de los costos de conservación del corredor

CONFIGURACION COSTOS DE CONSERVACION		
Conservación Anual	\$75,675.67	\$/km/carril
Conservación Anual Total	\$2,800,000	\$/Anual total
Longitud total	18.5	km

Fuente: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

²⁴ El monto por vehículo en pesos puede ser menor considerando el hecho de que el tipo de cambio peso/dólar hasta junio de 2011 se ha mantenido por debajo de los 12 pesos; sin embargo, dado la volatilidad en el mercado cambiario se prefiere un tipo de cambio de 12.50.

Figura 3.15: Mantenimiento a lo largo del horizonte del proyecto



Fuente: Elaboración LOGIT, con datos del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

Además de los costos en la etapa de implementación del sistema y operación a lo largo del proyecto como costos de mantenimiento recién mencionados, en esta última etapa, existen otro tipo de costos. La compra de vehículos y unidades nuevas para estar en equilibrio con la demanda además de la reposición por vida útil de los mismos, el mantenimiento de las instalaciones tanto como de las terminales como de los paraderos, talleres y encierros, los costos del sistema de prepago tanto instalación como mantenimiento, seguros, gastos financieros y crediticios entre otros. Los anteriores conceptos se desglosan y desmenuzan en el apartado C3 “Análisis de esquema financiero con apoyo federal”.

n. Fuentes de recursos

La participación en la implantación del nuevo sistema de transporte de quienes inciden directamente en el tránsito, transporte y desarrollo urbano, será a través de una mayor infraestructura de servicios; con la intención de planear y estructurar un sistema de transporte adecuado a las exigencias actuales del público usuario, unificando criterios orientados al crecimiento de este nuevo servicio de transporte.

En la etapa de ejecución existirá la participación directa de los gobiernos, federal con apoyo del PROTRAM (Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo), y municipal en cuestiones de inversión y de sus respectivas instituciones para el desarrollo del nuevo sistema, como también de un ente privado.

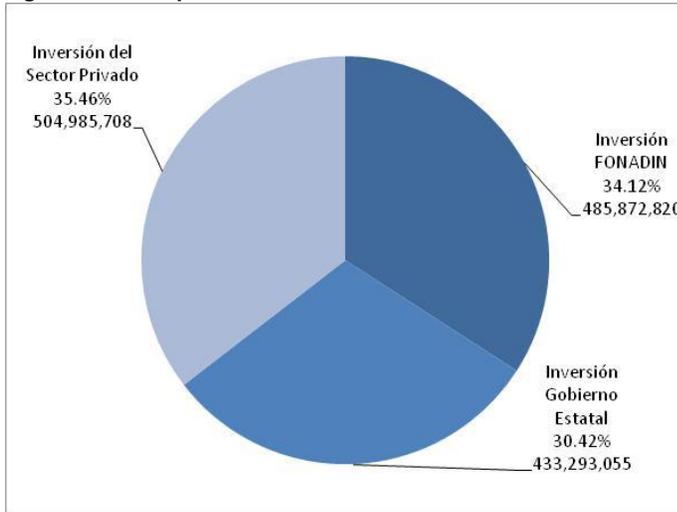
Tabla 3.27: Repartición de inversión total

Inversión	Monto	% de Participación
Inversión FONADIN	\$ 485,872,820	34.12%
Inversión Gobierno Estatal	\$ 433,293,055	30.42%
Inversión del Sector Privado	\$ 504,985,708	35.46%
TOTAL	\$ 1,424,151,583	100.00%

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

Nota: Los resultados pueden no coincidir debido al redondeo de las cifras

Figura 3.16: Composición de la inversión total



Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor troncal de transporte público de la Zona Metropolitana de Puebla

Como se menciona en la tabla 3.11 del apartado m1, los conceptos enlistados en este apartado de Inversionista Privado se consideran bajo una estructura financiera de DBOT. En este contexto, la recuperación de la inversión es con un porcentual de la tarifa conjuntamente con una fuente de repago de la verificación vehicular, respaldada con una garantía de pago del Gobierno del Estado/Municipio.

El gobierno estatal y municipal aportarían y/o realizarían inversiones que se destinarían principalmente para: proyecto ejecutivo; construcción de estación de transferencia; y pago de gerencia y supervisión de implantación.

El sector privado, representado por los transportistas realizaría inversiones, los cuales se utilizarían en el equipamiento de los vehículos con la nueva tecnología para el prepago; sistema central y software (tecnología), entre otros.

Tabla 3.28: Repartición de inversión en infraestructura

RESUMEN DE INVERSIÓN SOLO EN INFRAESTRUCTURA	PORCENTAJES DE INVERSIÓN	
	Monto	% de Participación
Inversión FONADIN	\$ 485,872,820	43.00%
Inversión Gobierno Estatal	\$ 433,293,055	39.00%
Inversión del Sector Privado (aunados talleres y encierros)	\$ 201,437,160	18.00%
TOTAL	\$ 1,120,603,035	100.00%

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

Tabla 3.29: Repartición de la inversión en autobuses y sistema de prepago

Inversión	Monto	% de Participación
Inversión FONADIN	0	0.00%
Inversión Estatal	0	0.00%
Inversión Privada	\$ 303,548,548	100.00%
TOTAL	\$303,548,548	100.00%

Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

o. Supuestos técnicos y socioeconómicos

El modelo de evaluación, en sí mismo, requiere de la inclusión de los siguientes supuestos; a pesar de que todo es referenciado, analizado y determinado en base a estudios:

Tabla 3.30: Supuestos básicos para la evaluación

Datos básicos de evaluación (Pesos de 2011)		
Longitud del Corredor	18.5	Kilómetros
Horizonte de evaluación del proyecto	30	años
Tasa de descuento social	12%	anual
Inversión total del proyecto (no incluye IVA)	\$1,424,152	miles de pesos
Tiempo para construcción del proyecto	14	meses
DATOS DE LAS RUTAS		
Promedio de días laborados por las unidades de transporte público	324	días
Velocidad carril exclusivo	25	km/h
Costo por kilómetro situación sin proyecto optimizado	\$14.13	pesos
Costo por kilómetro situación con proyecto	\$16.78	pesos
TIPO DE UNIDAD EN EL CORREDOR		
Autobús articulado	160	pasajeros
Costo por autobús	\$450,000	dólares
Tipo de cambio	\$12.50	peso/dólar

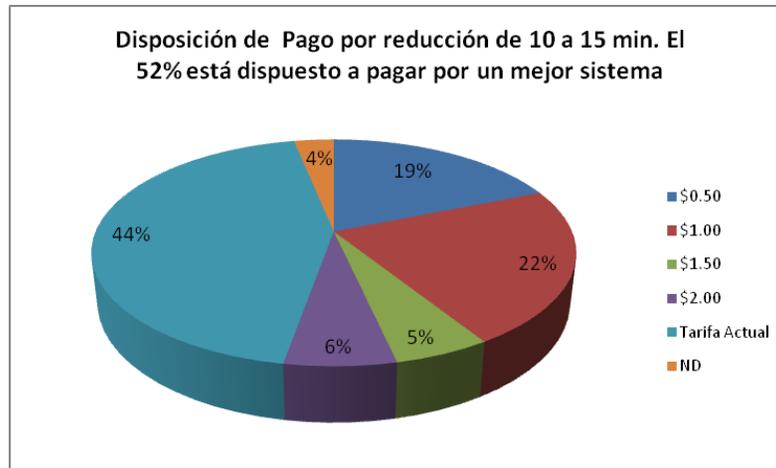
Fuente: Proyecto ejecutivo del primer corredor troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla

- En el análisis Costo-Beneficio, los flujos de inversión se dividen en dos periodos; ya que se contempla que al momento de implementar el proyecto, la construcción del corredor se llevará 14 meses. El año inicial con un 70% de la inversión total del proyecto seguido de un segundo periodo semestral con el 30% restante.
- Para el análisis socio - económico se contempla que tanto los ingresos como los costos propios de ese primer semestre de operación sean estimados de manera parcial, con un tipo de cambio de \$12.50 pesos por dólar, con base a las fluctuaciones del mercado de divisas.
- La definición porcentual de participación de los concesionarios se determinó por un método lógico que muestra las proporciones y formas de contribución económica de las partes involucradas. Dicha participación se definió en base a tres variables básicas según su comportamiento actual, determinado por estudios específicos actualizados y comparado con estudios anteriores:
 - Flota vehicular: Determinada por los vehículos observados en operación de cada ruta participante en la ruta Express.
 - Longitud (km): Longitud de cada ruta participante y tramo recorrido sobre el itinerario de la ruta Express.
 - Demanda (pasajeros transportados): Demanda específica de la ruta y del tramo (ascenso y descenso) del corredor.
- Dado lo anterior, se utiliza como supuesto técnico la utilización de la longitud (km) como variable determinante en la participación futura. La demanda (de pasajeros transportados) se queda como una posibilidad propuesta para el paso siguiente en el proyecto, cuando los otros corredores sean implantados.
- Para el cálculo del costo de operación por kilómetro se toman en cuenta tanto los costos fijos como los costos variables; una vez calculados, se contrasta entre la situación actual y la situación con proyecto.

Un supuesto sobre esta metodología es que se toma en cuenta sólo las longitudes recorridas por las rutas que conciernen al corredor troncal. Es decir, el ahorro en costos de operación vehicular estimado en la evaluación Costo-Beneficio es exclusivo del impacto del corredor.

- Para el cálculo de los tiempos de los usuarios se realiza el análisis tanto en la situación sin proyecto como en la situación con proyecto de todo el ciclo de viaje: tiempo de espera, tiempo de ascenso y descenso, de pago, de transbordo y de viaje. El supuesto utilizado para el análisis Costo-Beneficio es que solo se toma en cuenta el tiempo de viaje y posteriormente se hace la monetización del mismo de acuerdo al salario vigente en la región de implementación. Aunque se registran ahorros en todos los componentes del ciclo de viaje, se considera como principal componente y parte medular en el análisis el tiempo de viaje.

En relación a la tarifa del nuevo sistema, el estudio de preferencia declarada (realizado en 2010-2011) donde se aplicaron 1,060 encuestas a bordo de unidades y en diferentes puntos más de 900, el 52% manifestó estar dispuesto a pagar más por un mejor servicio y por la generación de ahorros en el tiempo, específicamente, el 33% declaró estar dispuesto a pagar más de \$1.00 de lo que actualmente paga. Así, la tarifa estimada para este proyecto asciende a \$7.00 pesos. En el momento de implantación del corredor, será la misma tarifa en el sistema ordinario y en el sistema tronco-alimentador propuesto. Es decir que se aplicará una sola tarifa integral tanto en el nuevo sistema como en el tradicional (autobuses actualmente operando).



Dicha tarifa cubre los costos de operación, los gastos de inversión, etc. y es 16.67% superior a la tarifa actual del transporte convencional, diferencial que es compensado por el beneficio de un mejor servicio, más rápido, seguro y eficiente. Se consideraron todas las variables que intervienen en la estructura de costos, a fin de determinar la tarifa unitaria.

En una segunda etapa de desarrollo e inversiones, se incluirán las destinadas al equipo nuevo de prepago a ser instalado en las unidades alimentadoras. Esto permitirá el manejo de un esquema de tarifas integradas donde se premie por el uso del corredor y donde no se castigue al usuario por las transferencias, tal como funciona en esquemas similares como el de León, Gto. o el Macro bus de Guadalajara, Jal.

Anexo Técnico para la Integración Tarifaria

Concepto	Descripción	Valores	Costo	Costo por km al año
Datos generales	Km de recorrido promedio al día	162.81		
	Días de trabajo efectivo por mes	27		
	Total km año	52,751.02		
COSTOS VARIABLES				
A) Servicios				

1. COMBUSTIBLE	Rendimiento en km/litro	10.00		
	Costo por litro de combustible (Gas)	5.45	\$28,749	
2. ACEITE MOTOR	Capacidad del depósito en litros	20.00		
	Intervalo entre cambios en km	12,000.00		
3. ACEITE DIFERENCIAL	Costo en pesos del litro de aceite	55.00	\$4,836	
	Capacidad del depósito en litros	15.00		
	Intervalo entre cambios en km	20,000.00		
4. ACEITE CAJA DE VELOCIDADES	Costo en pesos del litro de aceite	32.00	\$1,266	
	Capacidad del depósito en litros	9.00		
	Intervalo entre cambios en km	20,000.00		
5. FILTRO DE ACEITE	Costo en pesos del litro de aceite	30.00	\$712	
	Número de filtros	1.00		
	Intervalo entre cambios en km	10,000.00		
6. FILTRO DE AIRE	Costo en pesos del filtro de aceite	195.00	\$1,029	
	Número de filtros	2.00		
	Intervalo entre cambios en km	15,000.00		
7. FILTRO DE COMB.	Costo en pesos del filtro de aire	722.30	\$5,080	
	Número de filtros	2.00		
	Intervalo entre cambios en km	15,000.00		
8. SERVICIO GENERAL	Costo en pesos del filtro de comb.	186.14	\$1,309	
	Número de servicios	1.00		
	Intervalo entre servicios en km	5,000.00		
	Costo en pesos del servicio	2,500.00	\$26,376	
			Subtotal	\$69,357
	Gastos imprevistos	0.03	\$2,080.70	1.35
			TOTAL	\$71,437
B) Neumáticos				
1. NEUMÁTICOS	Número de neumáticos	10.00		
	Intervalo entre cambios en kms	90,000.00		
	Costo en pesos del neumático	4,500.00	\$26,376	
2. VITALIZADO	Número de neumáticos	10.00		
	Intervalo entre cambios en kms	60,000.00		
	Costo en pesos del vitalizado	400.00	\$3,517	
3. CAMARAS	Número de neumáticos	6.00		
	Intervalo entre cambios en kms	0.00		
	Costo en pesos de la cámara	0.00		
4. CORBATAS	Número de neumáticos	6.00		
	Intervalo entre cambios en kms	0.00		
	Costo en pesos de la corbata	0.00		
			Subtotal	\$29,892
	Gastos imprevistos	0.02	\$597.84	0.58
			TOTAL	\$30,490.09
C) Mantenimiento				
1. AJUSTE	Mano de obra	5,000.00		
	Refacciones	20,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	2.00	\$12,500	
2. DIFERENCIAL	Mano de obra	500.00		
	Refacciones	2,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	0.10	\$25,000	
3. CAJA DE VELOCIDADES	Mano de obra	1,000.00		
	Refacciones	10,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	1.00	\$11,000	
4. CARDAN	Mano de obra	2,000.00		
	Refacciones	12,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	1.00	\$14,000	
5. EMBRAGUE	Mano de obra	800.00		
	Refacciones	6,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	0.80	\$8,500	
6. SISTEMA DE FRENOS	Mano de obra	300.00		
	Refacciones	6,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	0.50	\$12,600	
7. SUSPENSIÓN	Mano de obra	200.00		
	Refacciones	10,000.00		

	Frecuencia de cambio en años	1.20	\$8,500	
8. DIRECCIÓN	Mano de obra	200.00		
	Refacciones	3,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	0.15	\$21,333	
9. SISTEMA ELÉCTRICO (MARCHA, ALTERNADOR Y LUCES)	Mano de obra	1,000.00		
	Refacciones	6,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	1.00	\$7,000	
10. HOJALATERÍA Y PINTURA	Mano de obra	15,000.00		
	Refacciones	5,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	2.00	\$10,000	
11. AFINACIÓN	Mano de obra	1,000.00		
	Refacciones	5,000.00		
	Frecuencia de cambio en años	1.00	\$6,000	
	Subtotal		\$136,433	
	Gastos imprevistos	0.03	\$4,093.00	2.66
	TOTAL		\$140,526.33	
	TOTAL COSTOS VARIABLES		\$242,453.73	4.60
COSTOS FIJOS				
A) Salarios				
			\$307,469	
A) Salarios chofer	Salario de chofer (8hrs.)	200.00		
	Prestaciones (29.5%)	59.00		
	Extra fijo (20%)	40.00		
	Costos indirectos	50.00		
	Porcentaje IMSS	33.00		
	Suma p/INFONAVIT y SAR	382.00		
	Turnos por día	2		
	Días por año	365		\$278,860
B) IMPUESTOS Y SEGUROS				
1. VERIFICACIÓN	Costo de la verificación	0.00	0	
	Frecuencia de verificaciones en años	0.00	0	
2. REFRENDO	Control vehicular			
	Concesión	1,500.00	\$1,500	
3. PLACAS	Derechos por el cambio de placas	500.00		
	Frecuencia en años	1	\$500	
4. TENENCIA	Pago de derechos por tenencia	0.00		
	Frecuencia de pagos en años	1	\$0	
C) SEGUROS				
1. SEGURIDAD DE VIAJERO				
2. SEGURO POR DAÑO A TERCEROS				
3. SEGURO DE UNIDAD		30,000.00	\$30,000	
			Subtotal (B+C)	\$32,000
				0.61
D) ADMINISTRACIÓN				
	TOTAL COSTOS DE ADMINISTRACIÓN		\$200,400	3.80
	TOTAL COSTOS FIJOS		\$511,260	9.69
	TOTAL COSTOS (FIJOS+VARIABLES)		\$753,713.73	\$16.78
	DEMANDA	107,758		
	TARIFA TECNICA	\$6.9945		

p. Infraestructura y proyectos en desarrollo afectados

Se encuentra en construcción el distribuidor vial 8 (D8) que pertenece al Periférico Ecológico de la Ciudad de Puebla. Este distribuidor se encuentra localizado a 500 mts. de la terminal norte (Chachapa) del sistema BRT. Al respecto, el Centro SCT en Puebla y la Secretaría de Transportes del Estado de Puebla han tomado los siguientes acuerdos:

- Ambos proyectos son compatibles y no interfieren en la construcción y operación de los mismos.
- Ambas dependencias darán apoyo para garantizar el acceso de las rutas alimentadoras a la terminal norte (Chachapa) del sistema BRT.

Se anexa copia de la minuta correspondiente a los acuerdos antes mencionados (Ver Anexo 4)

4. Situación con proyecto (comparativa)

En la Zona Metropolitana de Puebla más del 60% de los desplazamientos motorizados son realizados en transporte público, pues el crecimiento, expansión y densificación de las zonas periféricas en su mayoría han sido por parte de la clase media o media baja. Además, solo un sector de la población tiene una alta tenencia vehicular en los hogares. Sin embargo, este medio de transporte actualmente presenta las siguientes deficiencias:

- a) Paradas continuas, que reducen las velocidades operacionales y por consecuencia mayores tiempos de viaje.
- b) Utilización de vehículos de baja capacidad como las Van, por lo que algunos usuarios viajan parados.
- c) Una excesiva sobreoferta en la red vial de transporte que provoca:
 - condiciones de pelea por los usuarios.
 - conflictos con el tránsito general.
 - incremento en la generación de contaminantes atmosféricos y de ruido.

Condiciones sobre las que opera el transporte público actualmente:

- Existe demanda por transporte público.
- Los vehículos tienen una edad promedio de 5 años.
- Recientemente se autorizó un incremento en la tarifa.

De los resultados obtenidos de las encuestas de preferencia declarada, a continuación se enlistan las necesidades prioritarias para el mejoramiento del sistema de transporte público.

- Seguridad
- Confort
- Rapidez

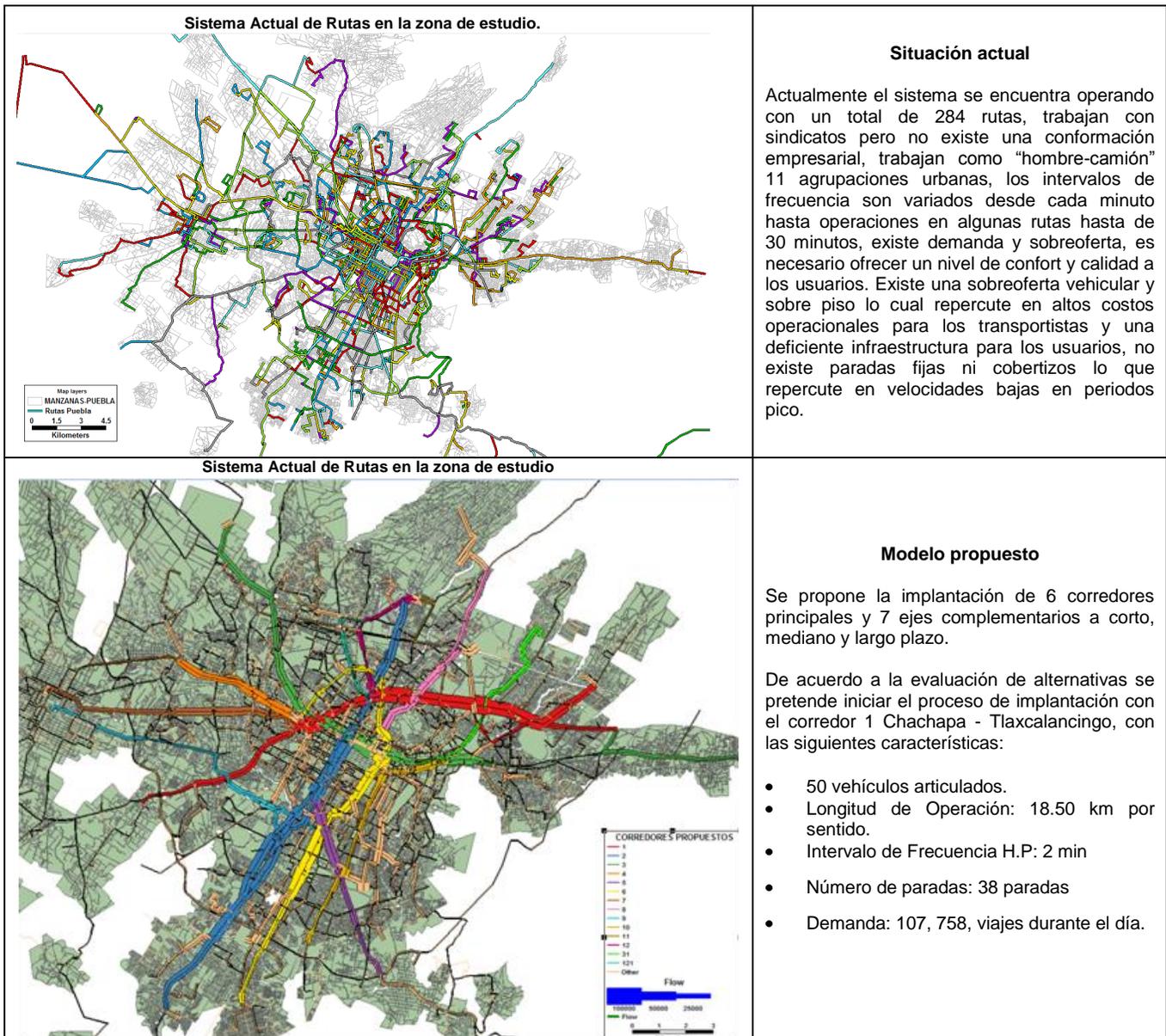
Dadas las condiciones en el sistema actual de transporte público, para la mejora en la calidad del servicio al usuario es necesario realizar acciones que involucren la implantación del corredor, pues también resulta indispensable una sana convivencia con los demás modos de transporte motorizados y no motorizados.

La implantación del corredor implica:

- a) Cambio de modalidad de mayor capacidad (dimensionamiento de la oferta en relación a la demanda).
- b) Reestructuración de las rutas a fin de ir consolidando el sistema tronco-alimentador propuesto.
- c) Implementación de paradas fijas.
- d) Legislar el número de usuarios que podrán viajar dentro de la modalidad de Van, mientras dicha modalidad se encuentre en operación.

Actualmente en la zona de estudio operan un total de 284 rutas dentro del sistema de transporte público. El objetivo a largo plazo es la implantación de 6 Corredores Principales y 4 Corredores Complementarios.

Figura 4.1: Situación actual y Modelo Propuesto



Fuente: LOGIT

Actualmente en el corredor se encuentran operando un total de 1,390 vehículos de distintas modalidades distribuidas en un total de 71 rutas, estas operan en distintas longitudes en el corredor, y para la integración en un nuevo modelo se catalogaron de la siguiente manera:

Rutas a conformar el sistema Tronco–Alimentador

- f) **5 Rutas Troncales.** Actualmente existen muchas rutas que operan longitudes superiores a 3 km por sentido sobre el corredor. En función a este criterio se seleccionaron actualmente operan con una flota integrada por vans, macrovans, midibuses y microbuses. Las longitudes por ruta superan los 12 km en ambos sentidos.

- g) **9 Rutas Urbanas.** Se invitará a participar en la operación del corredor y simultáneamente en la operación de unas rutas alimentadoras, que se integran a lo largo del corredor.
- h) **6 Rutas Suburbanas.** Se invitará a participar en la operación del corredor, aunque será necesario que recorten su recorrido de operación actual en el área urbana, una ruta suburban en la terminal "Chachapa" y 5 rutas en la terminal de "Tlaxcalancingo"
- **Rutas Transversales.-** Son aquellas rutas que recorren en pequeñas longitudes el corredor o solo atraviesan el mismo. La opción es eliminar ese pequeño recorrido y que solo atraviesen el corredor. Existe una demanda natural hacia el corredor que desea trasbordar, a esta demanda no se aplica ningún tipo de descuento por la integración, a falta de un sistema totalizado en la ciudad.

Tabla 4.1: Rutas elegibles a Troncal

SITUACIÓN ACTUAL								
N° RUTA	TIPO OPERACIÓN	IDENTIFICACIÓN		TIPO DE UNIDAD	FLOTA	LONGITUD (Km)		
		NOMBRE DE RUTA				TOTAL DE LA RUTA 2S	EN CARRILES EXCLUSIVOS 2S	
RUTAS TRONCALES	1	TRONCAL	S/C-RUTA TPT ATlixco		Autobus	18	69.59	25.48
	2	TRONCAL	S/C-RUTA ACAPETLAHUACAN		Variable	28	69.59	25.48
	3	TRONCAL	C-5-RUTA LUSAC - SAN ANTONIO POR ADOQUIN		Variable	16	29.63	22.60
	4	TRONCAL	C-5.1-RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA		Variable	15	35.01	22.60
	5	TRONCAL	C-5.2-RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA		Variable	17	29.71	22.60
	6	TRONCAL	S/C-RUTA MALACATEPEC, OCUYUCAN, PUEBLA		Autobus	17	53.72	22.60
	7	TRONCAL	S/C-RUTA OCUYUCAN, PUEBLA		Autobus	10	53.72	22.60
	8	TRONCAL	D-16-RUTA 36 - MEGA		Variable	14	41.31	21.08
	9	TRONCAL	D-16.1-RUTA 36 - AUCHAN		Variable	16	41.28	21.08
	10	TRONCAL	C-7-RUTA TLAXCALANCINGO, NACAZARI		Autobus	14	32.39	17.16
	11	TRONCAL	X-17-RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALITA		Variable	37	48.08	13.00
	12	TRONCAL	X-16-RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO		Variable	35	27.21	12.20
SUBTOTAL						238	531.24	248.48

Fuente: LOGIT

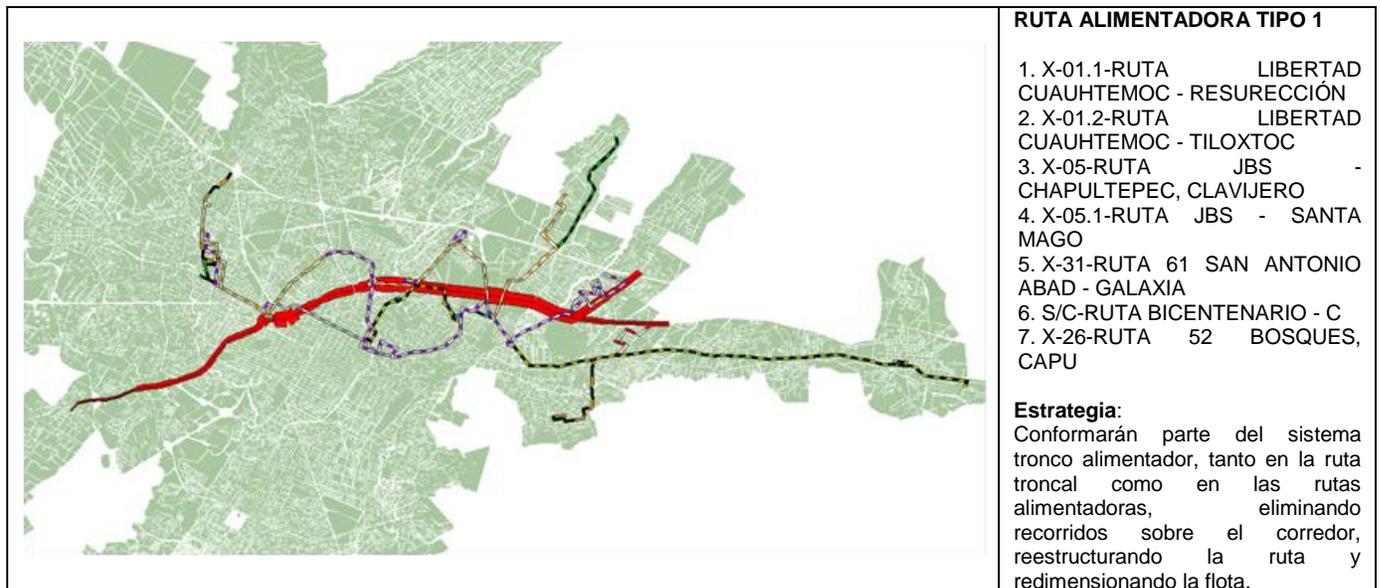
Tabla 4.2: Rutas alimentadoras en la situación actual

SITUACIÓN ACTUAL								
N° RUTA	TIPO OPERACIÓN	IDENTIFICACIÓN		TIPO DE UNIDAD	FLOTA	LONGITUD (Km)		
		NOMBRE DE RUTA				TOTAL DE LA RUTA 2S	EN CARRILES EXCLUSIVOS 2S	
RUTAS ALIMENTACIÓN	13	AL-2	S-40-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - VILLA FRONTERA XILOTZINGO		Variable	52	50.19	11.20
	14	AL-2	X-03-RUTA BOSQUES, PUEBLO NUEVO		Van	10	45.89	7.20
	15	AL-2	N-03-RUTA PERIMETRAL 3		Autobús	16	20.85	7.00
	16	AL-2	X-01-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - RESURECCIÓN 2 DE MARZO		Autobus	5	45.80	5.40
	17	AL-1	X-01.1-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - RESURECCIÓN		Autobus	22	47.17	5.40
	18	AL-1	X-01.2-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - TILOXTOC		Autobus	8	43.56	5.40
	19	AL-1	X-05-RUTA JBS - CHAPULTEPEC, CLAVIJERO		Autobus	48	49.30	5.40
	20	AL-1	X-05.1-RUTA JBS - SANTA MAGO		Autobus	27	49.05	5.40
	21	AL-2	X-05.2-RUTA JBS - PARAISO, INFONAVIT BUGAMBILIAS		Autobus	5	43.20	5.40
	22	AL-1	X-31-RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA		Van	36	36.75	5.10

23	AL-2	X-31.1-RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - BARRANCA	Van	36	37.45	5.10
24	AL-2	D-18-RUTA 53 SUR MERCADO ZARAGOZA	Van	28	23.07	5.08
25	AL-2	C-21-RUTA 66 MERCADO MADERO, CAPU, CHINA POBLANA	Van	13	21.35	5.00
26	AL-2	D-14-RUTA 28 - GALAXIA	Variable	13	24.56	4.40
27	AL-2	D-14.1-RUTA 28 - SANTA ANITA	Variable	12	25.12	4.40
28	AL-2	D-19-RUTA 53 NORTE - COL. SAN PEDRO	Van	10	22.14	4.10
29	AL-2	D-19.1-RUTA 53 NORTE - MERCADO ZARAGOZA	Van	19	20.54	4.10
30	AL-2	D-24-RUTA 72 "A" MARAVILLAS, LAS ANIMAS	Variable	35	43.60	3.50
31	AL-1	S/C-RUTA BICENTENARIO - C	Autobus	8	42.59	3.48
32	AL-2	X-37-RUTA 8 PLAZAS, AMALUCAN	Van	13	23.83	2.60
33	AL-2	X-32-RUTA 61 "A" AQUILES SERDAN, CAPU, AMALUCAN	Van	49	39.74	1.40
34	AL-1	X-26-RUTA 52 BOSQUES, CAPU	Variable	43	35.69	0.00
SUBTOTAL				508	791.44	106.06
SUMA TRONCAL + ALIMENTADORA				746	1,323	13

Fuente: LOGIT

Figura 4.2: Rutas alimentadoras



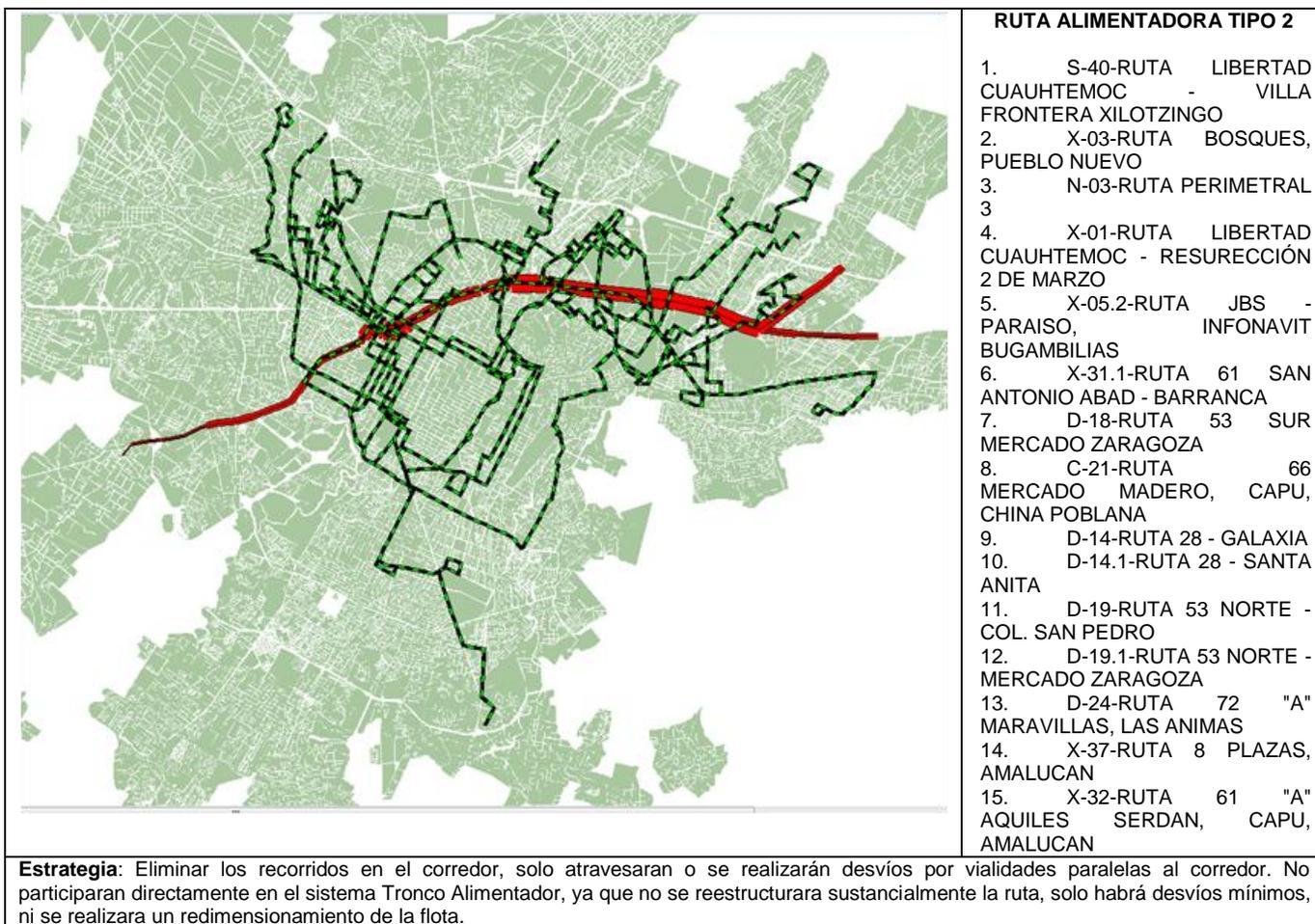


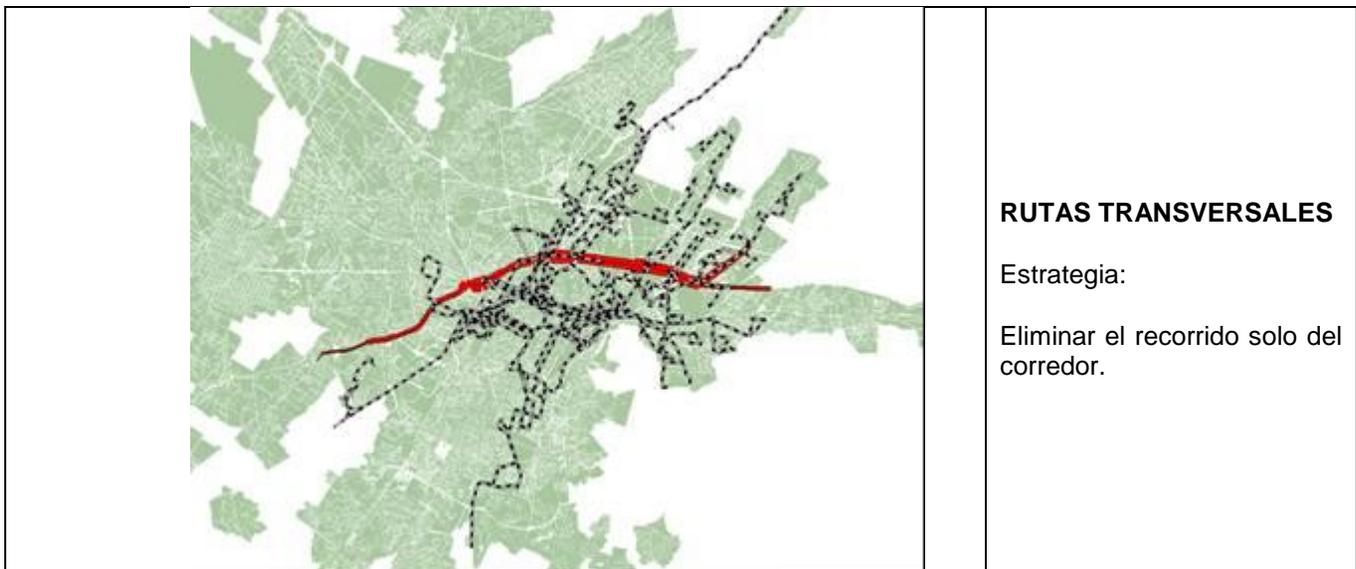
Tabla 4.3: Rutas transversales

SITUACIÓN ACTUAL						
N° RUTA	IDENTIFICACIÓN NOMBRE DE RUTA	TIPO DE UNIDAD	FLOTA	LONGITUD (Km)		
				TOTAL DE LA RUTA 2S	EN CARRILES EXCLUSIVOS 2S	
RUTAS TRANSVERSALES	35	RUTA 1 AMALUCAN, CENTRO	Variable	31	21	0.0
	36	RUTA 1 "A" AMALUCAN, CENTRO	Variable	19	27	0.0
	37	RUTA 17 VILLA VERDE, CENTRO	Variable	16	36	3.3
	38	RUTA 23 - EL SALVADOR, CENTRO	Variable	29	19	0.0
	39	RUTA 23 - GONZALO BAUTISTA, CENTRO	Variable	40	18	0.0
	40	RUTA 23 "A" CLAVIJERO, CENTRO	Variable	27	17	0.0
	41	RUTA 37 ALAMOS, TOLTEPEC, PASEO BRAVO	Variable	17	23	0.0
	42	RUTA 41 AMALUCAN - MEDICINA X 17 PONIENTE	Variable	9	25	0.0
	43	RUTA 50 MANUEL RIVERA ANAYA - C.U.	Variable	28	28	0.7
	44	RUTA 56 TRANSITO, COLOMBRES	Variable	31	30	0.0
	45	RUTA 58 - TILOSTOC, CENTRO, NUEVA	Variable	13	25	0.0
	46	RUTA 68 CENTRO, COLONIA DEL VALLE	Autobús	24	31	2.5
	47	RUTA 68 CENTRO, COLONIA GUADALUPE	Variable	31	27	1.1
	48	RUTA 68 XONACATEPEC, CENTRO - OCOTAL	Autobús	22	32	1.1

49	RUTA AZTECA - MANUEL RIVERA ANAYA, SAN ANTONIO ABAD	Variable	51	48	0.3
50	RUTA AZTECA - TOLTEPEC	Variable	13	28	0.0
51	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - CARRETERA	Variable	12	32	0.0
52	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - 2 DE MARZO	Variable	10	26	0.0
53	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - FLOR DEL BOSQUE	Variable	10	29	0.0
54	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - CARRIL	Variable	15	29	0.0
55	RUTA 2 MANUEL RIVERA ANAYA, CENTRO	Van	18	21	0.0
56	RUTA 2 "A" SAN ANTONIO ABAD, CENTRO	Variable	30	31	0.7
57	RUTA PUEBLA, CANOA	Variable	17	35	1.4
58	RUTA "T" TLALTEPANGO, CENTRO	Variable	20	24	3.4
59	RUTA 19 PINO SUÁREZ	Variable	23	22	1.8
60	RUTA 27 VILLA FRONTERA - CAPU, ACEITERA	Variable	20	17	0.0
61	RUTA 27 VILLA FRONTERA - NACIONES UNIDAS	Variable	12	17	0.0
62	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, ACEITERA	Variable	18	15	0.0
63	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, SAN SALVADOR	Variable	4	22	0.0
64	RUTA 27 "A" SOLIDARIDAD , PASEO BRAVO	Variable	32	18	0.0
65	RUTA 6	Van	23	21	0.0
66	RUTA 6 "A" SANTIAGO, ZONA INDUSTRIAL	Van	11	25	1.8
67	RUTA 70 XONACA - CHINA POBLANA, CENTRO	Variable	23	33	1.8
68	RUTA 72 CU, SAN ISIDRO	Variable	36	40	0.0
69	RUTA M21 SAN APARICIO - JOSEFINA	Variable	17	23	1.8
70	RUTA M21 SAN APARICIO - 3 DE MAYO, INDIOS VERDES	Variable	13	17	1.8
71	RUTA M21 SAN APARICIO - 6 DE JUNIO	Variable	16	24	1.8
SUBTOTAL			780	957	1
TOTAL			1,526	2,280	13

Fuente: LOGIT

Figura 4.3: Rutas transversales



Fuente: LOGIT

4.1. Comportamiento de la demanda con proyecto

La demanda diaria para las rutas a participar en el proceso de implantación del corredor es de **107,758** pasajeros diarios. La distribución del comportamiento de la demanda actual es como sigue: la demanda convertida a demanda de Troncal con **71,704** pasajeros diarios, esta demanda era distribuida por las rutas que serán reducidas en la longitud de su operación, convirtiéndose en demanda exclusiva en el corredor y una demanda compartida de **36,054**, proveniente de las rutas alimentadoras con un total de pasajeros diarios de **22,044**, llamada como demanda compartida aquella que utiliza alimentadora y transfiere a la troncal, y otra demanda proveniente de las rutas remanentes o (transversales), aquellas que no tienen en esta primera etapa

ninguna modificación, sin embargo que van a utilizar el corredor, y su demanda es de **14,010**, para el total de 36,054 pasajeros que realizan transferencia en algún punto del corredor o en las propias terminales.

Figura 4.4: Concepto operacional con el sistema propuesto



Tabla 4.4: Distribución de la demanda

SITUACIÓN ACTUAL		A=C+D+E	B=C+D	C	D	E	DEMANDA EXCLUSIVA DE LA ALIMENTACIÓN CON PROYECTO
IDENTIFICACIÓN						DEMANDA COMPARTIDA ALIMENTADORAS PROYECTO - TRONCAL PROYECTO	
Nº RUTA	NOMBRE DE RUTA		DEMANDA DIARIA (PAX)	DEMANDA DISTRIBUIDA	DEMANDA CONVERTIDA A TRONCAL		
RUTAS TRONCALES	1	S/C-RUTA TPT ATlixco	3,500	1,540	1,190	350	1,960
	2	S/C-RUTA ACAPETLAHUACAN	5,769	2,712	2,135	577	3,057
	3	C-5-RUTA LUSAC - SAN ANTONIO POR ADOQUIN	4,885	2,443	1,954	489	2,443
	4	C-5.1-RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	4,586	2,706	2,247	459	1,880
	5	C-5.2-RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	5,249	4,199	3,674	525	1,050
	6	S/C-RUTA MALACATEPEC, OCUYUCAN, PUEBLA	6,474	3,625	2,978	647	2,849
	7	S/C-RUTA OCUYUCAN, PUEBLA	3,194	1,597	1,278	319	1,597
	8	D-16-RUTA 36 - MEGA	7,444	5,732	4,987	744	1,712
	9	D-16.1-RUTA 36 - AUCHAN	8,347	4,173	3,339	835	4,173
	10	C-7-RUTA TLAXCALANCINGO, NACozARI	6,823	2,729	2,047	682	4,094
	11	X-17-RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALETA	15785	4736	3157	1579	11050
	12	X-16-RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	14893	7447	5957	1489	7447
	SUBTOTAL		86,949	43,638	34,943	8,695	43,310
RUTAS ALIMENTACIÓN	13	S-40-RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - VILLA FRONTERA XILOTZINGO	16106	3221	1772	1450	12885
	14	X-03-RUTA BOSQUES, PUEBLO NUEVO	2256	699	496	203	1557
	15	N-03-RUTA PERIMETRAL 3	8742	1748	962	787	6184
	16	X-01-RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - RESURECCIÓN 2 DE MARZO	1573	692	551	142	881
	17	X-01.1-RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - RESURECCIÓN	6730	2759	2154	606	3971
	18	X-01.2-RUTA LIBERTAD CUAUHEMOC - TILOXTOC	2505	3532	3307	225	
	19	X-05-RUTA JBS - CHAPULTEPEC, CLAVIJERO	16991	5267	3738	1529	11724
	20	X-05.1-RUTA JBS - SANTA MAGO	9627	2984	2118	866	6643
	21	X-05.2-RUTA JBS - PARAISO, INFONAVIT BUGAMBILIAS	1929	598	424	174	1331
	22	X-31-RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	7380	3616	2952	664	3764
	23	X-31.1-RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - BARRANCA	7568	3254	2573	681	4314
	24	D-18-RUTA 53 SUR MERCADO ZARAGOZA	3960	1061	704	356	2899
	25	C-21-RUTA 66 MERCADO MADERO, CAPU, CHINA POBLANA	3226	903	613	290	2323
	26	D-14-RUTA 28 - GALAXIA	3033	3306	3033	273	
	27	D-14.1-RUTA 28 - SANTA ANITA	2790	3041	2790	251	
	28	D-19-RUTA 53 NORTE - COL. SAN PEDRO	3960	752	396	356	3208
	29	D-19.1-RUTA 53 NORTE - MERCADO ZARAGOZA	7043	1030	396	634	6013
	30	D-24-RUTA 72 "A" MARAVILLAS, LAS ANIMAS	10004	1401	500	900	7914

SITUACIÓN ACTUAL		A=C+D+E	B=C+D	C	D	E	DEMANDA EXCLUSIVA DE LA ALIMENTACIÓN CON PROYECTO
IDENTIFICACIÓN						DEMANDA COMPARTIDA ALIMENTADORAS PROYECTO - TRONCAL PROYECTO	
N° RUTA	NOMBRE DE RUTA		DEMANDA DIARIA (PAX)	DEMANDA DISTRIBUIDA	DEMANDA CONVERTIDA A TRONCAL		
31	S/C-RUTA BICENTENARIO - C		2952	856	590	266	2096
32	X-37-RUTA 8 PLAZAS, AMALUCAN		3173	381	95	286	2792
33	X-32-RUTA 61 "A" AQUILES SERDAN, CAPU, AMALUCAN		9939	1093	199	895	8846
34	X-26-RUTA 52 BOSQUES, CAPU		16837	7913	6398	1515	8924
	SUBTOTAL		148,324	50,110	36,761	13,349	98,265
	SUMA TRONCAL + ALIMENTADORA		235,273	93,748	71,704	22,044	141,576
RUTAS TRANSVERSALES	35	RUTA 1 AMALUCAN, CENTRO	8254	520		520	7734
	36	RUTA 1 "A" AMALUCAN, CENTRO	4634	292		292	4342
	37	RUTA 17 VILLA VERDE, CENTRO	2475	156		156	2319
	38	RUTA 23 - EL SALVADOR, CENTRO	5960	376		376	5585
	39	RUTA 23 - GONZALO BAUTISTA, CENTRO	4358	275		275	4084
	40	RUTA 23 "A" CLAVIJERO, CENTRO	6075	383		383	5692
	41	RUTA 37 ALAMOS, TOLTEPEC, PASEO BRAVO	2317	146		146	2171
	42	RUTA 41 AMALUCAN - MEDICINA X 17 PONIENTE	3652	230		230	3422
	43	RUTA 50 MANUEL RIVERA ANAYA - C.U.	12205	770		770	11435
	44	RUTA 56 TRANSITO, COLOMBRES	4736	299		299	4437
	45	RUTA 58 - TILOSTOC, CENTRO, NUEVA	2700	170		170	2530
	46	RUTA 68 CENTRO, COLONIA DEL VALLE	8073	509		509	7564
	47	RUTA 68 CENTRO, COLONIA GUADALUPE	9194	580		580	8614
	48	RUTA 68 XONACATEPEC, CENTRO - OCOTAL	13414	846		846	12569
	49	RUTA AZTECA - MANUEL RIVERA ANAYA, SAN ANTONIO ABAD	17149	1081		1081	16068
	50	RUTA AZTECA - TOLTEPEC	6892	435		435	6457
	51	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - CARRETERA	7649	482		482	7166
	52	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - 2 DE MARZO	4645	293		293	4352
	53	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - FLOR DEL BOSQUE	4817	304		304	4513
	54	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - CARRIL	5412	342		342	5071
55	RUTA 2 MANUEL RIVERA ANAYA, CENTRO	4707	297		297	4410	
56	RUTA 2 "A" SAN ANTONIO ABAD, CENTRO	9807	619		619	9188	
57	RUTA PUEBLA, CANOA	5261	332		332	4929	
58	RUTA "T" TLALTEPANGO, CENTRO	5172	326		326	4845	
59	RUTA 19 PINO SUÁREZ	7074	446		446	6628	
60	RUTA 27 VILLA FRONTERA - CAPU, ACEITERA	3335	210		210	3124	

SITUACIÓN ACTUAL		A=C+D+E	B=C+D	C	D	E	DEMANDA EXCLUSIVA DE LA ALIMENTACIÓN CON PROYECTO
IDENTIFICACIÓN						DEMANDA COMPARTIDA ALIMENTADORAS PROYECTO - TRONCAL PROYECTO	
N° RUTA	NOMBRE DE RUTA	DEMANDA DIARIA (PAX)	DEMANDA DISTRIBUIDA	DEMANDA CONVERTIDA A TRONCAL			
61	RUTA 27 VILLA FRONTERA - NACIONES UNIDAS	1701	107			107	1593
62	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, ACEITERA	2488	157			157	2331
63	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, SAN SALVADOR	944	60			60	885
64	RUTA 27 "A" SOLIDARIDAD , PASEO BRAVO	6876	434			434	6442
65	RUTA 6	3689	233			233	3457
66	RUTA 6 "A" SANTIAGO, ZONA INDUSTRIAL	2254	142			142	2112
67	RUTA 70 XONACA - CHINA POBLANA, CENTRO	3270	206			206	3064
68	RUTA 72 CU, SAN ISIDRO	17111	1079			1079	16032
69	RUTA M21 SAN APARICIO - JOSEFINA	6448	407			407	6041
70	RUTA M21 SAN APARICIO - 3 DE MAYO, INDIOS VERDES	2986	188			188	2798
71	RUTA M21 SAN APARICIO - 6 DE JUNIO	4410	278			278	4132
SUBTOTAL		222,144	14,010	0		14,010	208,134
TOTAL		457,417	107,758	71,704		36,054	349,710

Fuente: LOGIT

4.2. Comportamiento de la oferta con proyecto

Se propone la operación de 50 unidades de alta capacidad de entre 120 y 160 pasajeros en la ruta troncal y para la ruta alimentadora autobuses con capacidad de 38 asientos, como actualmente se existen en operación en algunas de las rutas seleccionadas.

El corredor prioritariamente será integrado por 8 rutas suburbanas, a las cuales se les restringirá el recorrido hasta la terminal D4. Adicionalmente existen 22 rutas que operan dentro del corredor pero por sus condiciones de operación se pretende integrar al proceso de negociación a solo 9 de éstas. Este conjunto de 22 rutas opera con un total de 508 unidades y se pretende reducir la operación principalmente en las 9 rutas que participaran directamente en la alimentación, para lograr un total de 407 unidades. Con esta estrategia se reduce en las rutas troncales y alimentadoras un 20% de la flota actual, por cada una.

Tabla 4.5: Comportamiento de la oferta entre la situación actual y la situación con proyecto

SITUACIÓN ACTUAL							SITUACIÓN CON PROYECTO								
N° RUTA	NOMBRE DE LA RUTA	MODO	FLOTA	FRECUENCIA	FRECUENCIA	CAPACIDAD	N° RUTA	NOMBRE DE LA RUTA	FLOTA	MODO	FRECUENCIA	FRECUENCIA	CAPACIDAD		
				(auto/h)	(MIN)						(Veh/h)	(MIN) ²⁵		EN ASIENTOS	EN ASIENTOS
RUTAS TRONCALES	1	S/C-RUTA TPT ATLIXCO	Autobús	18	4	15	7,235	RUTAS TRONCALES	1	D4-D8	50	Articulado	25	2	128,000
	2	S/C-RUTA ACAPETLAHUACAN	Variable	28	6	10	11,628								
	3	C-5-RUTA LUSAC - SAN ANTONIO POR ADOQUIN	Variable	16	6	10	10,098								
	4	C-5.1-RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	Variable	15	6	10	9,996								
	5	C-5.2-RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	Variable	17	6	10	10,302								
	6	S/C-RUTA MALACATEPEC, OCUYUCAN, PUEBLA	Autobús	17	6	10	10,594								
	7	S/C-RUTA OCUYUCAN, PUEBLA	Autobús	10	3	20	5,814								
	8	D-16-RUTA 36 – MEGA	Variable	14	6	10	9,071								
	9	D-16.1-RUTA 36 - AUCHAN	Variable	16	6	10	8,874								
	10	C-7-RUTA TLAXCALANCINGO, NACUZARI	Autobús	14	6	10	10,982								
	11	X-17-RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALETA	Variable	37	10	6	9,728								
	12	X-16-RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	Variable	35	15	4	14,040								
SUBTOTAL				238	7	10	118,363	1	D4-D8	50	Articulado	25	2	128,000	
RUTAS ALIMENTACIÓN	13	S-40-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - VILLA FRONTERA XILOTZINGO	Variable	52	12	5	19,890	RUTAS ALIMENTACIÓN	13	S-40-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - VILLA FRONTERA XILOTZINGO	52	Variable	30	2	9,664
	14	X-03-RUTA BOSQUES, PUEBLO NUEVO	Van	10	3	20	1,887		14	X-03-RUTA BOSQUES, PUEBLO NUEVO	10	Van	3	20	969
	15	N-03-RUTA PERIMETRAL 3	Autobús	16	11	5	6,232		15	N-03-RUTA PERIMETRAL 3	16	Autobús	11	5	3,553
	16	X-01-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - RESURECCIÓN 2 DE MARZO	Autobús	5	2	30	988		16	X-01-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - RESURECCIÓN 2 DE MARZO	5	Autobús	2	30	646
	17	X-01.1-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - RESURECCIÓN	Autobús	22	7	9	8,284		17	X-01.1-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - RESURECCIÓN	22	Autobús	7	9	2,261
	18	X-01.2-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - TILOXTOC	Autobús	8	2	30	2,204		18	X-01.2-RUTA LIBERTAD CUAUHTEMOC - TILOXTOC	8	Autobús	2	30	646
	19	X-05-RUTA JBS - CHAPULTEPEC, CLAVIJERO	Autobús	48	14	4	14,592		19	X-05-RUTA JBS - CHAPULTEPEC, CLAVIJERO	17	Autobús	14	4	4,522
	20	X-05.1-RUTA JBS - SANTA MAGO	Autobús	27	7	9	11,248		20	X-05.1-RUTA JBS - SANTA MAGO	13	Autobús	7	9	2,261

²⁵ La frecuencia

“Estudio de Costo - Beneficio del Primer Corredor Troncal de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla”

21	X-05.2-RUTA JBS - PARAISO, INFONAVIT BUGAMBILIAS	Autobús	5	2	30	2,432	21	X-05.2-RUTA JBS - PARAISO, INFONAVIT BUGAMBILIAS	5	Autobús	2	30	646
22	X-31-RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	Van	36	14	4	6,834	22	X-31-RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - GALAXIA	36	Van	14	4	4,522
23	X-31.1-RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - BARRANCA	Van	36	11	5	5,882	23	X-31.1-RUTA 61 SAN ANTONIO ABAD - BARRANCA	10	Autobús	11	5	3,553
24	D-18-RUTA 53 SUR MERCADO ZARAGOZA	Van	28	15	4	7,990	24	D-18-RUTA 53 SUR MERCADO ZARAGOZA	28	Van	15	4	4,845
25	C-21-RUTA 66 MERCADO MADERO, CAPU, CHINA POBLANA	Van	13	8	8	4,114	25	C-21-RUTA 66 MERCADO MADERO, CAPU, CHINA POBLANA	13	Van	8	8	2,584
26	D-14-RUTA 28 - GALAXIA	Variable	13	9	7	9,051	26	D-14-RUTA 28 - GALAXIA	13	Variable	9	7	2,907
27	D-14.1-RUTA 28 - SANTA ANITA	Variable	12	7	9	8,452	27	D-14.1-RUTA 28 - SANTA ANITA	12	Variable	7	9	2,261
28	D-19-RUTA 53 NORTE - COL. SAN PEDRO	Van	10	16	4	3,017	28	D-19-RUTA 53 NORTE - COL. SAN PEDRO	10	Van	16	4	5,168
29	D-19.1-RUTA 53 NORTE - MERCADO ZARAGOZA	Van	19	16	4	6,039	29	D-19.1-RUTA 53 NORTE - MERCADO ZARAGOZA	19	Van	16	4	5,168
30	D-24-RUTA 72 "A" MARAVILLAS, LAS ANIMAS	Variable	35	13	5	23,086	30	D-24-RUTA 72 "A" MARAVILLAS, LAS ANIMAS	35	Variable	13	5	4,199
31	S/C-RUTA BICENTENARIO - C	Autobús	8	3	20	5,685	31	S/C-RUTA BICENTENARIO - C	12	Autobús	3	20	969
32	X-37-RUTA 8 PLAZAS, AMALUCAN	Van	13	7	9	3,842	32	X-37-RUTA 8 PLAZAS, AMALUCAN	13	Van	7	9	2,261
33	X-32-RUTA 61 "A" AQUILES SERDAN, CAPU, AMALUCAN	Van	49	15	4	7,514	33	X-32-RUTA 61 "A" AQUILES SERDAN, CAPU, AMALUCAN	49	Van	15	4	4,845
34	X-26-RUTA 52 BOSQUES, CAPU	Variable	43	16	4	38,304	34	X-26-RUTA 52 BOSQUES, CAPU	10	Autobús	16	4	5,168
SUBTOTAL			508	210	10	197,566	SUBTOTAL			407	228	73,618	
TOTAL			746	217	21	315,929	TOTAL			457	253	201,618	

RUTAS TRANSVERSALES	35	RUTA 1 AMALUCAN, CENTRO	Variable	31	17	3	27,234	RUTAS TRANSVERSALES	35	RUTA 1 AMALUCAN, CENTRO	31	Variable	17	4	27,234
	36	RUTA 1 "A" AMALUCAN, CENTRO	Variable	19	8	7	12,444		36	RUTA 1 "A" AMALUCAN, CENTRO	19	Variable	8	8	12,444
	37	RUTA 17 VILLA VERDE, CENTRO	Variable	16	3	17	5,100		37	RUTA 17 VILLA VERDE, CENTRO	16	Variable	3	20	5,100
	38	RUTA 23 - EL SALVADOR, CENTRO	Variable	29	15	4	22,440		38	RUTA 23 - EL SALVADOR, CENTRO	29	Variable	15	4	22,440
	39	RUTA 23 - GONZALO BAUTISTA, CENTRO	Variable	40	12	5	18,054		39	RUTA 23 - GONZALO BAUTISTA, CENTRO	40	Variable	12	5	18,054
	40	RUTA 23 "A" CLAVIJERO, CENTRO	Variable	27	15	4	28,050		40	RUTA 23 "A" CLAVIJERO, CENTRO	27	Variable	15	4	28,050
	41	RUTA 37 ALAMOS, TOLTEPEC, PASEO BRAVO	Variable	17	6	10	8,568		41	RUTA 37 ALAMOS, TOLTEPEC, PASEO BRAVO	17	Variable	6	10	8,568
	42	RUTA 41 AMALUCAN - MEDICINA X 17 PONIENTE	Variable	9	5	11	7,854		42	RUTA 41 AMALUCAN - MEDICINA X 17 PONIENTE	9	Variable	5	12	7,854
	43	RUTA 50 MANUEL RIVERA ANAYA - C.U.	Variable	28	11	5	17,034		43	RUTA 50 MANUEL RIVERA ANAYA - C.U.	28	Variable	11	5	17,034
	44	RUTA 56 TRANSITO, COLOMBRES	Variable	31	11	5	16,422		44	RUTA 56 TRANSITO, COLOMBRES	31	Variable	11	5	16,422
	45	RUTA 58 - TILOSTOC, CENTRO, NUEVA	Variable	13	7	8	9,588		45	RUTA 58 - TILOSTOC, CENTRO, NUEVA	13	Variable	7	9	9,588
	46	RUTA 68 CENTRO, COLONIA DEL VALLE	Autobús	24	10	6	14,892		46	RUTA 68 CENTRO, COLONIA DEL VALLE	24	Autobús	10	6	14,892
	47	RUTA 68 CENTRO, COLONIA GUADALUPE	Variable	31	13	4	19,890		47	RUTA 68 CENTRO, COLONIA GUADALUPE	31	Variable	13	5	19,890
	48	RUTA 68 XONACATEPEC, CENTRO - OCOTAL	Autobús	22	10	6	14,484		48	RUTA 68 XONACATEPEC, CENTRO - OCOTAL	22	Autobús	10	6	14,484
	49	RUTA AZTECA - MANUEL RIVERA ANAYA, SAN ANTONIO ABAD	Variable	51	13	5	19,890		49	RUTA AZTECA - MANUEL RIVERA ANAYA, SAN ANTONIO ABAD	51	Variable	13	5	19,890
50	RUTA AZTECA - TOLTEPEC	Variable	13	6	10	9,180	50	RUTA AZTECA - TOLTEPEC	13	Variable	6	10	9,180		
51	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - CARRETERA	Variable	12	5	12	7,956	51	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - CARRETERA	12	Variable	5	12	7,956		

“Estudio de Costo - Beneficio del Primer Corredor Troncal de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla”

52	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - 2 DE MARZO	Variable	10	4	15	6,222	52	RUTA M17 RESURRECCION, CENTRO - 2 DE MARZO	10	Variable	4	15	6,222
53	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - FLOR DEL BOSQUE	Variable	10	4	13	7,650	53	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - FLOR DEL BOSQUE	10	Variable	4	15	7,650
54	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - CARRIL	Variable	15	6	10	9,486	54	RUTA 18 CHAPULTEPEC, PASEO BRAVO - CARRIL	15	Variable	6	10	9,486
55	RUTA 2 MANUEL RIVERA ANAYA, CENTRO	Van	18	9	7	14,280	55	RUTA 2 MANUEL RIVERA ANAYA, CENTRO	18	Van	9	7	14,280
56	RUTA 2 "A" SAN ANTONIO ABAD, CENTRO	Variable	30	9	7	16,014	56	RUTA 2 "A" SAN ANTONIO ABAD, CENTRO	30	Variable	9	7	16,014
57	RUTA PUEBLA, CANOA	Variable	17	8	7	8,466	57	RUTA PUEBLA, CANOA	17	Variable	8	8	8,466
58	RUTA "T" TLALTEPANGO, CENTRO	Variable	20	10	6	14,892	58	RUTA "T" TLALTEPANGO, CENTRO	20	Variable	10	6	14,892
59	RUTA 19 PINO SUÁREZ	Variable	23	12	5	18,768	59	RUTA 19 PINO SUÁREZ	23	Variable	12	5	18,768
60	RUTA 27 VILLA FRONTERA - CAPU, ACEITERA	Variable	20	10	6	15,810	60	RUTA 27 VILLA FRONTERA - CAPU, ACEITERA	20	Variable	10	6	15,810
61	RUTA 27 VILLA FRONTERA - NACIONES UNIDAS	Variable	12	6	10	9,486	61	RUTA 27 VILLA FRONTERA - NACIONES UNIDAS	12	Variable	6	10	9,486
62	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, ACEITERA	Variable	18	9	7	13,464	62	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, ACEITERA	18	Variable	9	7	13,464
63	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, SAN SALVADOR	Variable	4	2	25	4,080	63	RUTA 27 VILLA FRONTERA - SAN JOSE, SAN SALVADOR	4	Variable	2	30	4,080
64	RUTA 27 "A" SOLIDARIDAD , PASEO BRAVO	Variable	32	12	5	20,298	64	RUTA 27 "A" SOLIDARIDAD , PASEO BRAVO	32	Variable	12	5	20,298
65	RUTA 6	Van	23	12	5	17,850	65	RUTA 6	23	Van	12	5	17,850
66	RUTA 6 "A" SANTIAGO, ZONA INDUSTRIAL	Van	11	5	12	8,058	66	RUTA 6 "A" SANTIAGO, ZONA INDUSTRIAL	11	Van	5	12	8,058
67	RUTA 70 XONACA - CHINA POBLANA, CENTRO	Variable	23	8	7	13,566	67	RUTA 70 XONACA - CHINA POBLANA, CENTRO	23	Variable	8	8	13,566
68	RUTA 72 CU, SAN ISIDRO	Variable	36	12	5	20,604	68	RUTA 72 CU, SAN ISIDRO	36	Variable	12	5	20,604
69	RUTA M21 SAN APARICIO - JOSEFINA	Variable	17	8	7	13,566	69	RUTA M21 SAN APARICIO - JOSEFINA	17	Variable	8	8	13,566
70	RUTA M21 SAN APARICIO - 3 DE MAYO, INDIOS VERDES	Variable	13	7	8	10,608	70	RUTA M21 SAN APARICIO - 3 DE MAYO, INDIOS VERDES	13	Variable	7	9	10,608
71	RUTA M21 SAN APARICIO - 6 DE JUNIO	Variable	16	8	7	13,260	71	RUTA M21 SAN APARICIO - 6 DE JUNIO	16	Variable	8	8	13,260
			780	9	8	515,508			780		328	9	515,508

Fuente: LOGIT

Con el presente proyecto se pretende garantizar las mismas condiciones para el tránsito general, pero con el beneficio de no interferencias con el transporte público. También se reducirá el número de vehículos del transporte público que circulan en los carriles de tránsito general.

En las condiciones actuales del sistema de transporte público se observó una operación de 1526 vehículos en los distintos tramos del corredor. Con las estrategias de reducción de recorridos para las rutas troncales, la eliminación de recorridos para las rutas alimentadoras sobre el corredor y la reestructuración de las rutas transversales, sin origen ni destino en el corredor, se pretende una operación de 50 unidades operando sobre el corredor.

4.3. Indicadores operacionales del corredor

De los principales indicadores operacionales del corredor se tiene:

- Tiempo de espera
- Tiempo promedio de viaje
- Tiempo promedio del ciclo

Tiempo de espera

Actualmente se observan intervalos variados que responden empíricamente a la demanda en la ruta. El tiempo de espera promedio es de 10 minutos, el máximo de 30 minutos y el mínimo de 2 minutos.

La media del tiempo de espera propuesta para el corredor es de 7 minutos, para los horarios de pico cada 2 minutos y en periodos valle pueden ser más espaciados; se pretende no superar los 10 minutos. De las 22 rutas alimentadoras solo entraran en el proceso de participación 9 de estas en las cuales se proponen modificaciones directamente en los intervalos de frecuencia, así como optimización de la flota y en las restantes solo la eliminación de los recorridos sobre el corredor.

El 48% de los pasajeros tendrán con el proyecto un tiempo de espera promedio igual a 2 minutos, que no existía, el 25% de la demanda tendrá esperas de 4 minutos, en la situación actual el 30% espera 4 minutos, se tiene proyectado que menos del 20% espere más de 5 minutos en la condición actual esto representa el 70% de la demanda con tiempos de espera mayores a 5 minutos. Garantizando un beneficio adicional por la utilización del transporte sobre el corredor que solo representará tiempos promedio de 2 minutos.

Figura 4.5: Tiempos de espera actual sobre el corredor



Tiempo de recorrido de rutas²⁶

El tiempo promedio de recorrido de los usuarios está en relación al tiempo de viajes en las rutas y el comportamiento pretendido. Actualmente de las rutas que integraran el corredor el promedio de tiempo de viajes es de 29 minutos y de las rutas que conformaran las alimentadoras de 23 minutos. En la situación propuesta se pretende generar tiempos promedio de las primeras a 21 minutos y en alimentadoras de 18 minutos. En una situación con proyecto se generarán tiempos de viajes similares a 11 minutos, tiempos que actualmente no son generados menos del 10% se desplaza en menos de 12 minutos.

Las condiciones de proyecto pretenden reducir los tiempos a que un 90% de los desplazamientos se realicen en tiempos de viajes inferiores a los 24 minutos; mientras que en la situación actual presenta el 90% de los

²⁶ Consultar información adicional en DOCUMENTO A: DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA; 3.-DIAGNOSTICO; .3.5.3. Diagnostico de Tránsito y Vialidad-Velocidades y Demoras de Transporte Público.

desplazamientos en tiempos superiores a los 20 minutos. Actualmente se observan tiempos superiores a los 30 minutos y esto va directamente proporcional a las velocidades operacionales que hoy predominan un promedio de 18 a 20 km/h, se pretende superar estas velocidades con carriles exclusivos a 25 km/h.

Figura 4.6: Tiempos de viaje promedio, una comparativa entre el sistema actual y el sistema propuesto

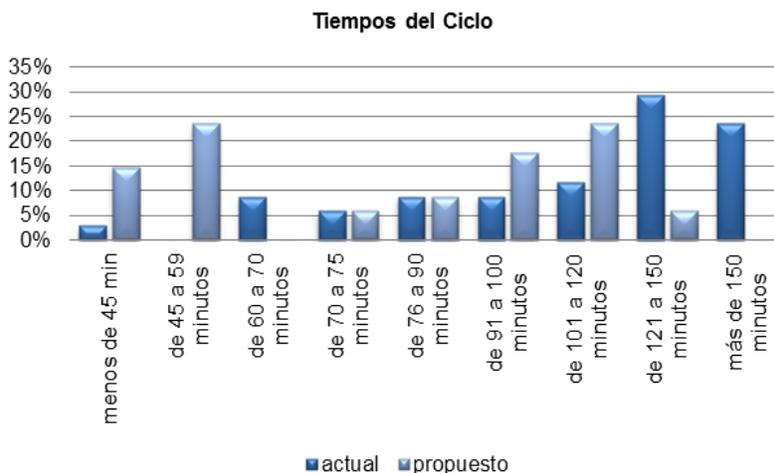


Fuente: LOGIT

Tiempo promedio del ciclo²⁷

La condición de creación de un sistema tronco alimentador genera rutas más cortas. Actualmente solo el 3% tenía una duración del ciclo inferior a los 45 minutos, con el sistema propuesto se pretende que el 15% de las rutas a participar tengan una duración inferior a los 45 minutos, ubicarse el 24% de las rutas en tiempos de 45 a 59 minutos, condición que actualmente no se presenta, se incrementan los tiempos del ciclo al 42% presente tiempos inferiores a los 45 minutos del ciclo. El 18% La rutas propuestas no sobrepasan más de 100 minutos en la operación total del ciclo comparativamente con las rutas actuales que todas ellas están por encima de los 100 minutos.

Figura 4.7: Tiempo del ciclo (Sistema Troncal)



Fuente: LOGIT

²⁷ Consultar información adicional en DOCUMENTO A: DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA; 3.-DIAGNOSTICO; .3.5.3. Diagnostico de Tránsito y Vialidad-Velocidades y Demoras de Transporte Público.

Tabla 4.6: Datos operacionales y de tiempo sin proyecto y con proyecto

	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN OPTIMIZADA	SITUACIÓN CON PROYECTO
No. AUTOBUSES OPERANDO	746	746	457
No. AUTOBUSES OPERANDO TRONCAL	238	238	50
No. AUTOBUSES OPERANDO ALIMENTADORA	508	508	407
AUTOBUSES REUBICADOS	X	0	289
HORAS DE OPERACIÓN	16	16	16
CAPACIDAD VEHÍCULOS - TRONCAL	40	40	160
VELOCIDAD PROMEDIO TRONCAL	18	19	25
DEMANDA MÁXIMA HORA/SENTIDO	5,388	5,388	5,388
IPK TRONCAL	1.7	1.9	6.1
IPK ALIMENTADORA	1.4	1.4	1.7
KM PROMEDIO DÍA POR AUTOBÚS TRONCAL	211	200	286
COSTO DE OPERACIÓN POR KM (TRONCAL)	\$15.25	\$14.13	\$16.88
DÍAS DE OPERACIÓN AL AÑO*	324	324	324

Fuente: LOGIT

El otro punto tomado en cuenta es implementar un sistema óptimo en los recorridos de las unidades, reorganizando las frecuencias en horas pico y valle, permitiendo con tal estrategia la reducción de los kilómetros de operación, pasando de los **37,485 a 36,543 km** diarios en una situación optimizada, y a partir de estas cifras calcular los beneficios que tendrá la disminución de unidades con óptimos recorridos en una situación con proyecto. La situación optimizada reduce kilometraje comparativamente con la situación actual, porque actualmente las rutas operan con las mismas unidades en hora pico como en hora valle una de las estrategias es operar con menos unidades en horas valle de acuerdo a la necesidad de la demanda lo que se refleja en kilómetros menos de operación y por ende en un menor costo.

De igual manera, en los tiempos de recorrido se optimiza la situación actual tomando en cuenta que la velocidad se incrementa de 18 km/h a 19 km/h, generándonos una disminución de tiempo recorrido promedio por pasajero troncal de 33 a 23, en alimentación de 24 a 24 y de 29 a 25 minutos por usuario (ponderando los viajes de la demanda en la troncal y alimentadoras).

Tabla 4.7: Comparativa de tiempos

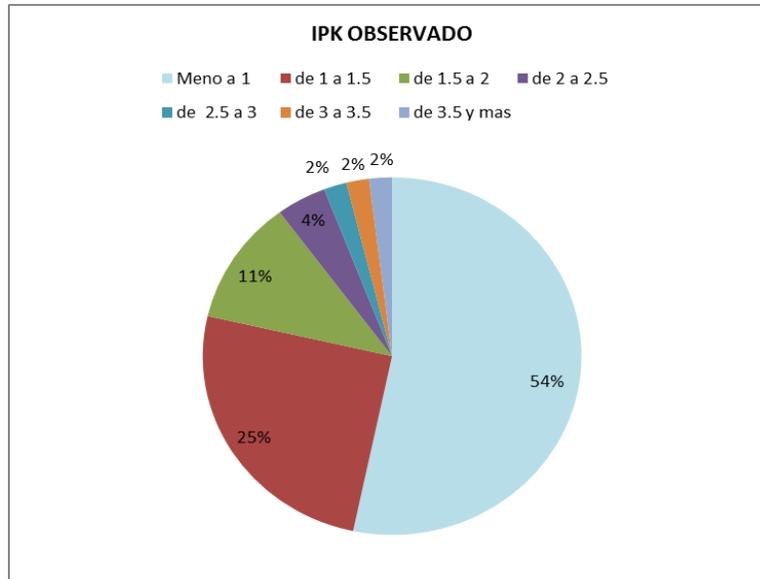
CONCEPTO	UNIDADES	ACTUAL	OPTIMIZADA
km RECORRIDOS DIARIOS TRONCAL	Km	30,607	29,665
km RECORRIDOS DIARIOS ALIMENTACIÓN	Km	6,878	6,878
KILOMETROS TOTALES	Km	37,485	36,543
VELOCIDAD PROMEDIO TRONCAL	km/h	18	19
VELOCIDAD PROMEDIO ALIMENTACIÓN	km/h	20	21
COSTO POR KILÓMETRO	\$/km	\$15.25	\$14.13
TIEMPO VIAJE POR PASAJERO TRONCAL	min	33	23
TIEMPO VIAJE POR PASAJERO ALIMENTACIÓN	Min	24	23
TIEMPO VIAJE POR PASAJERO PONDERADO	min	29	25
VALOR DEL TIEMPO POR HORA	\$	\$22	\$22

Fuente: LOGIT

Otro de los indicadores más representativos es el IPK. Se realizó el levantamiento de los kilómetros operacionales de las 284 rutas que actualmente operan, así como el cálculo de la demanda de estas, a fin de determinar el IPK. Sin embargo se considera que el servicio del BRT debe proporcionar un cierto nivel de confort por lo que se aplica un factor de ajuste del 85% de la capacidad máxima.

Entre los resultados destaca que:

- el 54% de las rutas registran un IPK menor a 1.0, es decir transportan menos de un pasajero por kilómetro,
- el 25% registran un IPK entre 1.0 y 1.5
- el 11% va de 1.5 a 2.0 pasajeros por kilómetro,
- 4% de 2.0 a 2.5 pasajeros por kilómetro y
- menos del 6% más de 2.5 de IPK,
- el promedio del universo es de 1.17, en términos generales esto equivale a un ingreso de \$7.66 con una tarifa de \$6.50.



Por su parte, las rutas que tienen influencia sobre el corredor tienen un IPK promedio de 1.71 en la situación actual y de 1.86 en una situación optimizada, en esta última se contempla la reducción del kilometraje derivado de una adecuada programación operacional en función de la demanda horaria, adecuaciones en fases semafóricas, definición de puntos de paradas, etc.

Si bien el IPK registrado sobre el corredor es de 7.54, al promediar este con el de las rutas alimentadoras, se obtiene un IPK de 6.09²⁸

CONCEPTO	UNIDADES	SITUACIÓN		
		ACTUAL	OPTIMIZADA	CON PROYECTO
DEMANDA TRONCAL	Pax/Día	107,758	107,758	107,758
CRECIMIENTO	%	1.45%	1.45%	1.45%
KM RECORRIDOS DIARIOS TRONCAL	Km	30,607	29,665	14,282
KM RECORRIDOS DIARIOS ALIMENTACIÓN	Km	6,878	6,878	0
KM TOTALES	Km	37,485	36,543	14,282
IPK DEL SISTEMA TRONCAL	Pax/Km	1.71	1.86	6.09

²⁸ Se considera un IPK en las rutas alimentadoras de 4.64

5. Evaluación del proyecto (operación y tiempo)

Para evaluar el proyecto de transporte público propuesto se llevó a cabo un “Análisis Costo-Beneficio”, el cual se sustenta en los diversos estudios derivados de los programas de movilidad urbana y estudios tácticos operacionales en materia de transporte.

Para poder llevar a cabo esta evaluación resulta imprescindible determinar:

- los beneficios que generará el proyecto propuesto tanto para los usuarios del servicio de transporte, quienes destinarán menor tiempo para realizar sus traslados cotidianos (ahorros en el tiempo de viaje), como a los operadores del sistema quienes afrontarán menores costos de operación de la flota vehicular (ahorros en los costos de operación).
- los costos que implica la implementación del sistema de transporte (inversión) como su operación (costos de operación) a lo largo de 30 años que es el horizonte de evaluación, así como también los “costos sociales” asociados a la construcción de la infraestructura física necesaria para la implementación del sistema (“molestias” por la construcción de los carriles confinados).

Si bien es posible considerar en el Análisis Costo-Beneficio otros beneficios indirectos del proyecto propuesto asociados con la disminución de accidentes viales, contaminación auditiva y emisiones de gases de efecto invernadero, no existen los parámetros (datos cuantitativos generalmente aceptados) respectivos, por lo que no se han incluido en la presente evaluación.

Así, el Análisis Costo-Beneficio permite poner en la balanza, los beneficios que recibirá la sociedad con la realización del proyecto y los costos en que se incurrirá por la implementación y operación del mismo. Para ello se plantean dos escenarios: la situación actual sin proyecto optimizado versus la situación con proyecto.

A fin de poder contrastar ambos escenarios se requiere analizar el comportamiento de la oferta y la demanda del servicio de transporte público en determinada área de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla.

Para el caso de la situación sin proyecto, la oferta se refiere a: las vialidades, el parque vehicular, los concesionarios (hombre-camión) y las rutas de transporte existentes, que actualmente satisfacen la demanda de transporte público bajo determinadas características.

En tanto, en la situación con proyecto se consideran las modificaciones que se proponen realizar a la oferta de transporte público, tales como desarrollar un sistema BRT, con un carril confinado, autobuses articulados, operando como una empresa mercantil, entre otros.

Finalmente, dado que tanto los beneficios como los costos del proyecto se manifestarán a lo largo de su vida útil, en este caso a 30 años, se torna necesario estimar el Valor Presente de esos flujos, utilizando una tasa que refleje las preferencias del consumo presente versus el consumo futuro. Para ello, se utilizó una tasa social de descuento del 12%, tasa autorizada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

Cabe resaltar que todos los precios que se manejarán en esta sección no incluyen al Impuesto al Valor Agregado (IVA)²⁹ y que la rentabilidad del proyecto se estimará en términos de 4 indicadores: el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI) y la relación Beneficio-Costo (B/C), expresados a precios del año 2011.

²⁹ Los precios que se manejarán en este documento serán sin impuestos y sin subsidios, pues son elementos que distorsionan el funcionamiento del mercado y lo alejan de la eficiencia.

5.1. Identificación de costos y beneficios

Para iniciar con el Análisis Costo-Beneficio del proyecto propuesto, a continuación se enlistan los costos y beneficios que se consideran relevantes para determinar la rentabilidad social y económica del proyecto.

Costos relacionados con el proyecto

5.1.1 Costos de Inversión

5.1.1.1. Inversión en Infraestructura (construcción de los carriles confinados, Terminales, Paraderos, Patios y Talleres).

5.1.1.2. Inversión en unidades del Transporte Público.

5.1.1.3. Inversión en Sistema de Prepago.

5.1.2 Mantenimiento de los Carriles Confinados.

5.1.3 Reinversión y compra de unidades del Transporte Público.

5.1.4 Costos de molestias por construcción de los Carriles Confinados.

Beneficios atribuibles al proyecto

5.1.5 Ahorro en costos de operación vehicular

5.1.6 Ahorro en tiempo de viaje

5.1.7 Ahorro en costo de mantenimiento de los carriles confinados

5.1.8 Liberación de recursos

5.1.9 Valor de rescate

5.1.1. Costos de inversión

5.1.1.1. Inversión en infraestructura (construcción de los carriles confinados, Terminales, Paraderos, Patios y Talleres).

El costo de la obra se distribuye en la construcción de la terminal de transferencia CETRAN 1 – Tlaxcalancingo, la construcción de la terminal de transferencia CETRAN 2-Chahapa, la supervisión de las obras del sistema de carriles confinados para el transporte público, las afectaciones y liberación de espacios, las obras inducidas como guarniciones, banquetas y jardines, la infraestructura de Centro de Control Operacional (CCO), la instalación del equipo CCO, la pavimentación de carriles exclusivos del sistema de autobuses rápidos troncales (BRT, pos sus siglas en inglés), paraderos, adecuación de intersecciones y la construcción de puentes y paso a desnivel.

La inversión en infraestructura representa el 78% de la inversión total estimada para la implementación del proyecto propuesto de transporte público.

5.1.1.2. Inversión en unidades del Transporte Público

La inversión en unidades del transporte público es igual al desembolso destinado a la compra de los autobuses nuevos que circularán por los carriles exclusivos, según el proyecto propuesto de sistema de transporte público, y en función a la demanda estimada, se contempla la adquisición de 45 vehículos más 5 de reserva con un valor de mercado de \$450,000 dólares por unidad.

5.1.1.3. Inversión en Sistema de Prepago

La inversión en el sistema de prepago se divide en:

- Validadores, Post y Gates
- Equipo en punto de venta
- Costo de adquisición de tarjetas
- Equipo de oficina central
- Puesto de venta on-line
- Levantamiento catastral inicial

- Otros gastos

5.1.2. Mantenimiento de los carriles confinados

El costo de conservación de la vialidad es el gasto erogado por concepto de mantenimiento de los carriles exclusivos por los que circularán los autobuses rápidos troncales durante la vida útil del proyecto. Se contempla la inversión en carriles confinados de concreto hidráulico por lo que será necesario, únicamente, la conservación normal de dichos carriles durante toda la vida útil del proyecto, la cual debe realizar cada año para mantener en condiciones óptimas los carriles y con ello ofrecer un servicio de calidad a los usuarios de esta vía.

5.1.3. Reinversión y compra de unidades del Transporte Público

Este concepto hace referencia a que después de 10 años, una vez concluida la vida útil de los vehículos del transporte público que circularán por los carriles exclusivos, se tendrán que comprar nuevas unidades para mantener en óptimas condiciones la operación del sistema de transporte propuesto.

Además de la reinversión, se estima la adquisición de flota vehicular a lo largo de la vida útil del proyecto para satisfacer el incremento en la demanda por viajes.

Sin embargo, comparando la situación sin proyecto con la situación con proyecto, hay un “ahorro” por el costo de reinversión de los Vans, Microbuses, Midibuses y Autobuses que prestan el servicio en el sistema actual de transporte público. Esto en base al supuesto de que de seguir funcionando el sistema actual de transporte público, los concesionarios deben sustituir y renovar la flota vehicular, en términos de la obligatoriedad de cambio de los vehículos una vez concluida su vida útil, que por Ley es cada 10 años³⁰.

Los ahorros por sustitución y renovación de flota son producto de la eliminación de las flotas que actualmente circulan por las vías en las que se establecerán los carriles exclusivos que se tienen contemplados; pues con el sistema de transporte público propuesto éstas unidades dejarán de funcionar.

5.1.4. Costos de molestias por construcción de los carriles confinados

En tipos de obra de infraestructura urbanas, que es el caso, es muy común que durante la implantación del sistema se disminuyan los anchos de sección o incluso se cierre algún carril para la manipulación de equipo pesado o la construcción del carril confinado y componentes del mismo (estaciones, paraderos, señalización, etcétera). Por este motivo resulta importante determinar y cuantificar dentro del estudio de Costo Beneficio las molestias generadas por el proyecto durante su ejecución, las cuales se ven directamente materializadas en la disminución de la velocidad promedio de circulación de los diferentes modos de transporte que circulan por la zona del proyecto, mismo que impacta en una monetización de los tiempos de recorrido de los usuarios y pasajeros.

5.1.5. Ahorro en costos de operación vehicular

Los ahorros en costo de operación vehicular resultan de mejoras en las condiciones de las vías, que implican a su vez un menor desgaste en los vehículos que las usan y, por ende, menores costos de mantenimiento, tiempo de viaje y operación vehicular.

Para determinar el costo de operación vehicular, se hizo un análisis tomando como base estudios de campo que arrojaron los valores de los insumos básicos de utilización en unidades urbanas, así como el medio en el que operan. Estos insumos se registraron mediante el cálculo de costos variables, los cuales varían a través del tiempo, dependiendo de los kilómetros recorridos, de la carga y/o del número de pasajeros transportados, como neumáticos, lubricantes y energéticos; y costos fijos, los cuales permanecen constantes a través del tiempo y son independientes de los kilómetros recorridos, pasajeros y carga transportada, como seguros, gastos en salarios y administrativos, entre otros.

³⁰ Según la Ley de Transporte para el Estado de Puebla en su artículo 70, reformado el 12 de enero de 2005, establece que el concesionario de transporte público está obligado a prestar el servicio con vehículos que no excedan de diez años de antigüedad en las rutas urbanas.

El ahorro en costo de operación vehicular resulta de comparar el escenario del sistema actual de transporte público de la Zona Metropolitana de Puebla (que muestra un exceso de flota vehicular, 238 unidades) con un escenario que contempla carriles exclusivos por los que circulará una flota total de 45 camiones articulados.

5.1.6. Ahorro en tiempo de viaje

El ahorro en tiempo de viaje de los usuarios de transporte público es el principal argumento para determinar los beneficios sociales asociados al proyecto propuesto de transporte público, en comparación con el sistema actual.

Determinar el ahorro en tiempo de viaje para evaluar los beneficios sociales que se generan como consecuencia de una mejora en el sistema de transporte público se basa en hecho de que los individuos están dispuestos a pagar por evitar el tiempo que asignan a viajar o a esperar por un servicio; manifestando con ello que el tiempo es un bien con valor (Boardman, 2001).

Mucha de la literatura empírica sobre el valor del tiempo se relaciona con la estimación del valor del tiempo que se ahorra frecuentemente en un proyecto de transporte. Dicha reducción en tiempo de viaje se atribuye a un aumento en la velocidad, en la frecuencia, por cambios en la red o por reducción en la congestión vial.

5.1.7. Ahorro en costo de mantenimiento de los carriles confinados

El proyecto propuesto de transporte público contará con carriles confinados de concreto hidráulico, mientras que los carriles en la situación actual son de asfalto, por lo que se generará un ahorro en costo de mantenimiento de los carriles exclusivos, ya que aunque la inversión inicial para la pavimentación de carriles en concreto hidráulico es elevado con respecto al asfalto, éste en promedio tiene mayor resistencia a factores que lo degradan en comparación con los carriles a base de asfalto, por lo que el costo de mantenimiento a lo largo de la vida útil del proyecto es menor.

5.1.8. Liberación de recursos

La liberación de recursos es igual al monto recuperable por la venta de las unidades que operan en el sistema actual de transporte público, los cuales serán reemplazados por los vehículos que circularán por los carriles exclusivos, una vez que entre en operación el proyecto propuesto de transporte público.

5.1.9. Valor de rescate

El valor de rescate es el beneficio que resulta del valor final de los autobuses rápidos troncales en la situación con proyecto más el valor de venta de los paraderos y terminales. Según la “GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE MASIVO URBANO”, se considera que el valor final de los vehículos, con una vida útil concluida, es del 15% del precio de mercado de una unidad nueva; mientras que, la venta de las instalaciones del corredor se estima que tendrán un valor de igual monto que se invirtió para construirlas.

5.2. Cuantificación de los costos y beneficios

5.2.1. Costo de inversión en infraestructura, autobuses y sistema de prepago

5.2.1.1. Inversión en infraestructura

El costo de inversión en infraestructura es igual a la suma de todos los gastos incurridos para la pavimentación de los carriles exclusivos, las terminales, los paraderos, las obras inducidas, etcétera. En la siguiente tabla se muestran los conceptos y el precio total de cada uno de los componentes de inversión en infraestructura (Para más detalle sobre éstos conceptos y montos, véase anexo 7: “Desglose de inversión en infraestructura”).

Tabla 5.1: Conceptos y montos de inversión en infraestructura

CONCEPTO	PRECIO TOTAL
ESTUDIOS PRELIMINARES	\$31,130,000
AFECTACIONES, LIBERACIÓN DE ESPACIOS	\$64,000,000
PAVIMENTACIÓN CARRIL EXCLUSIVO BRT (AMBOS SENTIDOS)	\$299,957,859
Construcción TOTAL de Terminal de Transferencia (CETRA 1-Tlaxcalancingo)	
a).- Construcción de área administrativa y de servicios	\$20,379,738
b).- Construcción de plataformas/andenes y cubierta	\$26,830,923
c).- Adecuación Geométrica y Pavimentación en terminal	\$73,098,000
Construcción TOTAL de Terminal de Transferencia 2 (CETRA 2-Chachapa)	
a).- Construcción edificio administrativo y de servicios	\$21,375,000
b).- Taller (Edificación)	\$19,110,000
c).- Construcción de plataformas/andenes y cubierta	\$15,059,200
d).- Adecuación Geométrica y Pavimentación en terminal	\$25,584,300
Infraestructura CCO (Adecuación y Remodelación de espacio ubicado en la Secretaría de Transportes)	\$1,568,000
PUNTES VEHICULARES	
SOBRE EL TRAMO	\$18,538,798
RESULTAN DEL TRAMO CON FERROSUR	\$235,050,564
DISTRIBUIDOR JUÁREZ-SERDÁN	\$25,209,126
PASOS PEATONALES (TÚNELES VÍA FF.CC)	\$29,144,741
PUNTES PEATONALES SUPERIORES E INFERIORES	\$2,889,423
PARADEROS	\$113,600,000
ALUMBRADO PÚBLICO	\$8,816,654
MUROS DE PROTECCIÓN EN DERECHOS DE VÍA FERROSUR	\$8,476,091
SEÑALAMIENTO VIAL	\$13,547,097
Supervisión de la(s) obra(s) del sistema de Carriles Confinados	\$19,248,911
Señalamiento horizontal y vertical (ambos sentidos, confinamiento con Viales, cerca tubular de separación en vías de FFCC, etc.)	\$20,132,767
INSTALACIÓN DEL EQUIPO CCO	\$27,855,843
TOTAL INFRAESTRUCTURA	\$1,120,603,035

Fuente: LOGIT

Según el cronograma de ejecución de obras para el corredor troncal de la ZMP, la inversión en infraestructura se realizará de la siguiente manera: el 65.78% se ejecutará el primer año (737, 132,676 millones) y el 34.22% restante (383, 470,359 millones) en el segundo año de la vida útil del proyecto.

5.2.1.2. Inversión en unidades del transporte público

En base al criterio de decisión de comprar los vehículos nuevos una vez concluida la obra de infraestructura, en el flujo económico – social, el monto de inversión en sistema de prepago y compra de autobuses aparece hasta el año 1.

Tabla 5.2: Monto de inversión en flota vehicular

CONCEPTO	NÚMERO DE UNIDADES EN CIRCULACIÓN	NÚMERO DE UNIDADES DE RESERVA	TOTAL	COSTO POR UNIDAD (PESOS)	MONTO TOTAL
AUTOBÚS TRONCAL (CAPACIDAD DE 160 PASAJEROS)	45	5	50	\$5,625,000	\$281,250,000

Fuente: LOGIT

5.2.1.3. Inversión en sistema de prepago

En la tabla 5.3 se puede ver cada uno de los conceptos que integran el monto por sistema de prepago. Estos son, entre otros, los validadores Post y Gates, equipo en punto de venta y adquisición de tarjetas, cuya suma asciende a \$22,298,548 pesos.

En la misma tabla se encuentra la cantidad (50 vehículos) y el monto por concepto de adquisición de autobuses nuevos, que circularán por los carriles confinados. No se contempla la compra de autobuses alimentadores por lo que el monto es igual a cero.

Tabla 5.3: Conceptos y monto de inversión en sistema de prepago y autobuses

CONCEPTO	MONTO
SISTEMA DE PREPAGO	\$22,298,548
a) VALIDADORES, POST Y GATES	\$6,177,669
b) EQUIPO EN PUNTO DE VENTA	\$592,423
c) COSTOS DE ADQUISICIÓN DE TARJETAS	\$1,312,500
d) EQUIPO DE OFICINA CENTRAL	\$4,283,455
e) PUESTO DE VENTA ON-LINE	\$2,944,375
f) LEVANTAMIENTO CATASTRAL INICIAL	\$2,092,500
g) OTROS GASTOS	\$4,895,626
AUTOBÚS TRONCAL (CAPACIDAD DE 160 PASAJEROS)	\$281,250,000
MONTO TOTAL	\$303,548,548

Fuente: LOGIT

5.2.2. Mantenimiento de los carriles confinados

En la última columna de la tabla 5.4 se muestra el monto anual por el mantenimiento de los carriles exclusivos que resulta de multiplicar el número de carriles por la longitud total del corredor y por el costo de conservación normal (expresado en pesos por kilómetro por carril); dicho monto es igual a \$2,800,012 pesos.

Tabla 5.4: Costo de conservación de los carriles exclusivos con proyecto

CONCEPTO	PERIODICIDAD	No. CARRILES	CON PROYECTO		
			COSTO POR CONSERVACIÓN NORMAL	LONGITUD TOTAL	MONTO (\$)
CONSERVACIÓN NORMAL	Anual	2	\$75,676	18.5	\$2,800,012

Fuente: LOGIT

5.2.3. Reinversión y compra de Unidades del Transporte Público

Datos básicos para el análisis:

- Se hará una renovación de la flota vehicular cada 10 años, como lo establece la Ley y para mantener en óptimas condiciones el servicio de transporte público en el sistema con proyecto.
- Dicha renovación, en términos monetarios, será por un monto semejante a la inversión en el año 0.
- Se supone que aunque se hayan cumplido la vida útil de las unidades, se puede recuperar un 15% de su valor como unidad nueva.
- Se estima un “ahorro” derivado de la reinversión en autobuses que se dejará de hacer una vez que entre en operación el proyecto propuesto, cuyo valor de rescate será del 15% de su valor de mercado como unidad nueva.

Véase tabla 5.22, donde se muestran los montos y años de reinversión del sistema actual y el sistema con proyecto

Tabla 5.5: Reinversión en unidades del transporte público

AÑO	SISTEMA ACTUAL			SISTEMA CON PROYECTO			
	No. VEHÍCULOS	COSTO	VALOR DE RESCATE (15%)	VALOR TOTAL	No. VEHÍCULOS	VALOR DE RESCATE 15%	VALOR TOTAL
0							
1					50		\$281,250,000
2							
3							
4							
5	238	\$190,400,000	\$28,560,000	\$161,840,000			

Fuente: LOGIT

La reinversión en los vehículos del sistema actual de transporte público se considera como un beneficio en el flujo económico-social, pues una vez que entre en operación el sistema propuesto de transporte público y que las unidades que operan actualmente dejen de funcionar, se “generará un ahorro”, pues ya no será necesario reinvertir en nuevas unidades una vez que se concluya la vida útil de los que actualmente operan.

La reinversión en los vehículos del sistema propuesto de transporte público se considera en el flujo económico-social del proyecto como un costo, pues cada 10 años una vez que se concluya la vida útil de los vehículos que circularan por los carriles confinados, deberán cambiarse por unidades nuevas.

5.2.4. Costo de molestias por construcción de los carriles confinados

Datos básicos para el análisis:

- La cuantificación de los costos por molestias de desvío causados durante el periodo de construcción de la obra, parte de estudios de campo para determinar los aforos del tránsito mixto.
- Se distingue entre transporte público y privado.
- De acuerdo a la composición y el comportamiento de los flujos vehiculares se determinaron 5 vías principales, divididas en doce tramos con diferentes características, que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 5.6: Características de los tramos evaluados

Número de tramo	TRAMO	Nº. DE CARRILES DE CIRCULACIÓN EN AMBOS SENTIDOS	LONGITUD DE TRAMO (kilómetros)	VELOCIDAD PROMEDIO DE TRANSPORTE PÚBLICO	VELOCIDAD PROMEDIO PRIVADO
1	Periférico Ecológico (D8) a Blvr. 18 de Noviembre	2	3.31	18.32	28.60
2	Blvr. 18 de Noviembre a Camino a Manzanilla (cruce de la PEPSI)	3	1.89	21.38	25.84
3	Camino a Manzanilla a Calzada Ignacio Zaragoza	3	2.70	25.88	20.68
4	Calzada Ignacio Zaragoza a Blvr. 5 de Mayo (China Poblana)	2	1.20	14.25	13.98
5	Blvr. 5 de Mayo (China Poblana) a Avenida 18 Poniente	2	2.05	13.92	21.66
6	Avenida 18 Poniente a Gran Avenida	2	0.35	16.27	19.00
7	Gran Avenida a Avenida 10 Poniente	2	0.40	25.78	19.59
8	Avenida 10 Poniente a Blvr. Norte	2	0.40	9.31	20.72
9	Blvr. Norte y 10 Poniente a Avenida Juárez	2	0.78	6.86	17.18
10	Avenida Juárez a Avenida 31 Poniente	3	1.48	19.71	18.08
11	Avenida 31 Poniente a Blvr. Del Niño Poblano	4	1.59	24.98	25.51
12	Blvr. Del Niño Poblano a Periférico Ecológico (D4)	3	2.89	22.72	41.54
PROMEDIO				18	23

Fuente: LOGIT

Durante la construcción de las obras de infraestructura, el número de carriles de circulación en cada uno de los tramos mencionados en la tabla anterior se reducirá en un carril, lo que generará un cuello de botella que disminuirá la velocidad de circulación promedio de los vehículos. Esta disminución de velocidad generará un tiempo de recorrido más alto, provocando una pérdida de utilidad para los usuarios de las vías por gastar más tiempo de lo “normal”. Este costo por desvío de molestias, aunque es intangible, debe medirse para estimar el impacto sobre el bienestar de la población afectada.

Cuantificación de la disminución de velocidad durante la ejecución de las obras de infraestructura

Para medir la disminución de velocidad durante la implementación del proyecto, se tomó en cuenta la metodología de Nicholas J. Garber, en su libro “Ingeniería de tránsito y carreteras, apartado “Principios fundamentales del flujo del tránsito” tanto en tránsito privado como público:

SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

$$dv = \left[\left(\frac{\partial}{\partial Va} \right) L \right] Nc$$

Dónde:

dv = disminución de velocidad en el tramo

\square = densidad del flujo del tránsito relacionado al congestionamiento

Va = velocidad actual en el tramo, medida en campo

L = Longitud del tramo en estudio

Nc = Número de carriles de circulación para el sistema de transporte público, se considera, en teoría, que el transporte público utiliza solo un carril para circulación, en el caso de la situación actual, es el carril de la extrema derecha, el cual comparte con el tránsito privado.

TRÁNSITO PRIVADO

$$dv = \left[\left(\frac{\partial}{\partial Va} \right) L \right] Nc$$

Donde:

dv = disminución de velocidad en el tramo

\square = densidad del flujo del tránsito relacionado al congestionamiento (Nicholas J. Garber, Ingeniería de tránsito y carreteras, Ed. Thompson, "Principios fundamentales del flujo del tránsito")

Va = velocidad actual en el tramo, medida en campo

L = Longitud del tramo en estudio

Nc = Número de carriles de circulación para el tránsito privado

Una vez que se determina la merma de velocidades en una situación actual en contra de una situación durante el periodo de construcción se puede deducir las diferencias de tiempos en ambas situaciones, arrojando parámetros que van desde los 5.32 minutos a 4.09 minutos para transporte público y privado, respectivamente.

Así mismo, mediante el trabajo de campo se aforo el tránsito mixto en cada uno de los tramos por sentido, obteniéndose así el volumen vehicular tanto en horas de máxima demanda como en horas valle, ya que se comportan de diferente manera en cada uno de los tramos:

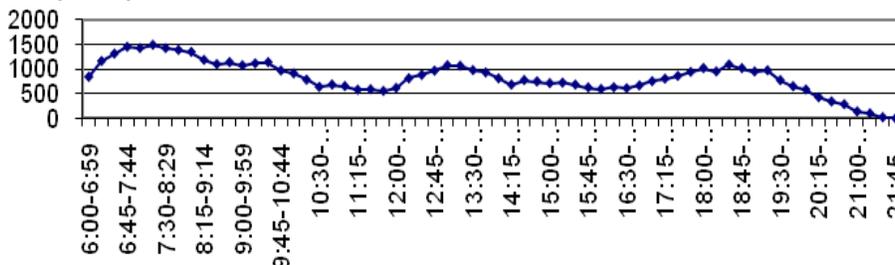
Tabla 5.7: Volumen de vehículos publicos y privados

Tramo	TRANSPORTE PÚBLICO				TRANSPORTE PRIVADO			
	Volumen HMD (PTE-OTE)	Volumen HV (PTE-OTE)	Volumen HMD (OTE-PTE)	Volumen HV (OTE-PTE)	Volumen HMD (PTE-OTE)	Volumen HV (PTE-OTE)	Volumen HMD (OTE-PTE)	Volumen HV (OTE-PTE)
1	119	52	137	72	3,009	745	3,209	864
2	95	42	110	58	2,407	596	2,567	691
3	194	44	195	25	1,927	571	2,270	839
4	242	55	244	31	1,606	476	1,892	699
5	116	49	83	26	1,198	434	1,709	423
6	87	22	75	19	142	35	339	84
7	92	23	79	20	149	37	357	88
8	287	71	249	62	1,379	341	1,313	325
9	273	67	237	59	1,517	375	1,444	358
10	122	42	144	50	2,833	701	3,391	839
11	128	44	151	53	2,975	736	3,561	881
12	131	33	67	53	2,505	943	1,860	709
TOTAL	1,886	544	1,771	528	21,647	5,990	23,912	6,800

Fuente: LOGIT

Con los anteriores datos y con la detección de los índices de ocupación promedio del vehículo privado y del transporte público en cada uno de los doce tramos (promedio ponderado de 1.62 y 17.42 respectivamente) se obtienen las demandas totales de pasajeros de ambos modos. Posteriormente, resulta sencillo obtener las horas diarias de desvío durante el periodo de construcción de la obra, tomando la frecuencia de paso de cada una de las rutas y de transporte privado, para ello se toma como supuesto 6 horas pico y 10 horas valle, que son congruentes con la realidad observada.

Figura 5.1: Frecuencia de paso tipo



Fuente: LOGIT

Obteniendo el total de minutos promedio que cada unidad disminuiría con la acotación de carriles, tanto en vehículos privados como en públicos y su respectiva demanda, se puede calcular el total de horas desviadas. El anterior valor se monetiza con un factor de 3.1 para transporte público y de 5.3 para el transporte privado, así como lo indica el CEPEP en su “Guía metodológica para la evaluación de proyectos de transporte masivo urbano” (2009) y tomando en cuenta que el salario por jornada laborada en el Estado de Puebla que es de 56.70 pesos se obtiene un costo total anual; para cada uno de los tramos en que interviene la obra del corredor.

Tabla 5.8: Valor del tiempo

COSTO DEL TIEMPO TRANSPORTE PUBLICO	COSTO DEL TIEMPO TRANSPORTE PRIVADO
\$21.97125	\$37.56375

Fuente: LOGIT, con base en los datos obtenidos de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos

Los estudios de aforo se realizaron durante 16 horas, en dos periodos pico de 3 horas cada uno, y en dos periodos valle de 5 horas cada uno; a continuación se da un ejemplo de la obtención de los resultados.

Ejemplo: Tramo 1, Transporte público, hora de máxima demanda, sentido poniente – oriente:

- 1.- Demanda en el periodo: Ocupación promedio x Volumen vehicular x número de horas del periodo (valle=10 horas ó pico= 6 horas): $21.78 \times 119 \times 6 = 15,551$ (ver Tabla 5.8.1 y Tabla 5.7)
- 2.- Horas pérdidas en el periodo: Demanda en el periodo x (diferencia de minutos situación con obra – situación actual): $15,551 \times (7.04\text{min} - 10.84 \text{ min})/60 = 828$ (ver Tabla 5.8.1)
- 3.- Tiempo de desviación monetizado por periodo: Horas pérdidas en el periodo x costo del tiempo: $828 \times 21.97 = 18,200$ (ver Tabla 5.8.1 y Tabla 5.8)
- 4.- Costo por desvío en el periodo que dure la obra del tramo: Tiempo de desviación monetizado por periodo x días de duración de la obra: $18,200 \times 52 = \$949,195$ (ver Tabla 5.8.1)

Tabla 5.8.1: Tabla explicativa de proceso de resultados de desvío

TRAMO	No. DE CARRILES DE CIRCULACIÓN EN AMBOS SENTIDOS	OCUPACIÓN PROMEDIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO	OCUPACIÓN PROMEDIO DEL VEHÍCULO PRIVADO	TRANSPORTE PÚBLICO				TRANSPORTE PRIVADO				TIEMPO DE RECORRIDO		HORAS DIFERENCIA PÚBLICO	TIEMPO DE RECORRIDO		HORAS DIFERENCIA PRIVADO	HORAS HOMBRE								TIEMPO DE DESVÍO MONETIZADO								DÍAS DE DESVÍO	
				PTE-OTE		OTE-PTE		PTE-OTE		OTE-PTE		TRANSPORTE PÚBLICO			SITUACIÓN ACTUAL (MIN)	SITUACIÓN CON PROYECTO (MIN)		TRANSPORTE PÚBLICO		TRANSPORTE PRIVADO				TRANSPORTE PÚBLICO				TRANSPORTE PRIVADO							
				6 HORAS PICO *	10 HORAS VALLE*	6 HORAS PICO	10 HORAS VALLE	6 HORAS PICO	10 HORAS VALLE	6 HORAS PICO	10 HORAS VALLE	SITUACIÓN ACTUAL (MIN)	SITUACIÓN CON PROYECTO (MIN)					DEMANDA HMD	DEMANDA HV	DEMANDA HMD	DEMANDAHV	DEMANDA HMD	DEMANDA HV	DEMANDA HMD	DEMANDAHV	TIEMPO MONETIZADO HMD	TIEMPO MONETIZADO HV	TIEMPO MONETIZADO HMD	TIEMPO MONETIZADO HV	TIEMPO MONETIZADO HMD	TIEMPO MONETIZADO HV	TIEMPO MONETIZADO HMD	TIEMPO MONETIZADO HV		
																																			PTE-OTE
1	Periférico Ecológico (D8) a Blvd. 18 de Noviembre	2	21.78	1.60	15,551	#####	17,903	15,682	28,841	11,901	30,758	13,802	7.64	10.84	0.053	5.26	6.94	0.028	828	603	954	835	809	334	863	387	18,200	13,255	20,953	18,353	30,395	12,543	32,415	14,546	52
2	Blvd. 18 de Noviembre a Camino a Manzanilla (cruce de la PEPS)	3	21.78	1.60	12,415	9,148	14,375	12,632	23,071	9,521	24,605	11,039	4.39	5.30	0.015	3.37	4.39	0.017	188	139	218	192	392	162	418	188	4,141	3,051	4,794	4,213	14,721	6,075	15,699	7,043	30
3	Camino a Manzanilla a Calzada Ignacio Zaragoza	3	12.54	1.60	14,597	5,518	14,672	3,135	18,470	9,122	21,758	13,403	5.32	6.26	0.016	4.97	7.83	0.048	228	86	229	49	882	435	1039	640	5,009	1,893	5,034	1,076	33,116	16,355	39,010	24,031	43
4	Calzada Ignacio Zaragoza a Blvd. 5 de Mayo (China Poblana)	2	15.36	1.55	22,303	8,448	22,487	4,762	14,888	7,354	17,539	10,800	3.90	5.05	0.019	3.51	5.15	0.027	427	162	431	91	407	201	479	295	9,385	3,555	9,462	2,004	15,273	7,545	17,993	11,079	19
5	Blvd. 5 de Mayo (China Poblana) a Avenida 18 Poniente	2	15.36	1.55	10,691	7,526	7,649	3,994	11,105	6,705	15,842	6,535	5.83	8.83	0.050	4.22	5.68	0.024	536	377	383	200	271	164	387	159	11,770	8,286	8,422	4,397	10,177	6,145	14,519	5,989	32
6	Avenida 18 Poniente a Gran Avenida	2	18.60	1.44	9,707	4,091	8,368	3,533	1,225	503	2,924	1,208	1.19	1.29	0.002	1.01	1.11	0.002	16	7	14	6	2	1	5	2	349	147	301	127	75	31	179	74	6
7	Gran Avenida a Avenida 10 Poniente	2	10.81	1.44	5,967	2,486	5,124	2,162	1,285	532	3,079	1,265	0.90	0.93	0.001	1.08	1.23	0.002	3	1	3	1	3	1	7	3	67	28	58	24	113	47	272	112	6
8	Avenida 10 Poniente a Blvd. Norte	2	10.81	1.46	18,615	7,675	16,150	6,702	12,101	4,987	11,522	4,753	1.94	2.58	0.011	1.04	1.16	0.002	199	82	173	72	24	10	23	9	4,380	1,806	3,800	1,577	893	368	850	351	6
9	Blvd. Norte y 10 Poniente a Avenida Juárez	2	17.46	1.46	28,599	#####	24,828	10,301	13,312	5,484	12,671	5,236	3.70	6.82	0.052	2.11	2.72	0.010	1489	609	1292	536	135	56	129	53	32,707	13,378	28,394	11,781	5,090	2,097	4,845	2,002	12
10	Avenida Juárez a Avenida 31 Poniente	3	17.46	1.40	12,781	7,333	15,085	8,730	23,840	9,832	28,535	11,767	3.73	4.51	0.013	3.25	4.91	0.028	165	95	195	113	662	273	792	327	3,621	2,078	4,274	2,474	24,851	10,249	29,746	12,266	23
11	Avenida 31 Poniente a Blvd. Del Niño Poblano	4	14.87	1.50	11,416	6,541	13,468	7,878	26,820	11,058	32,102	13,237	3.39	3.82	0.007	2.80	3.74	0.016	81	47	96	56	420	173	503	207	1,783	1,022	2,104	1,231	15,774	6,504	18,881	7,785	25
12	Blvd. Del Niño Poblano a Periférico Ecológico (D4)	3	19.55	1.50	15,362	6,450	7,857	10,359	22,583	14,169	16,768	10,653	6.12	7.63	0.025	3.56	4.17	0.010	388	163	198	261	232	146	172	109	8,516	3,575	4,355	5,742	8,714	5,467	6,470	4,111	46
TOTAL		3	17.42	1.62																	21.97								37.56						

Fuente: LOGIT

Para obtener los resultados anteriores:

1. En cuanto al volumen de vehículos tanto de transporte público como privado (tabla 5.7), al multiplicar los campos por la ocupación promedio (de transporte público o privado), y por las horas correspondientes (6 en Horas de Máxima Demanda "HMD" y 10 en Horas Valle "HV") se obtiene la demanda total por cada tramo del corredor.
2. De la operación aritmética anterior, se multiplica la demanda por las horas de diferencia (de transporte público o privado), de lo que se obtienen las horas/hombre de desvío.
3. Para monetizar estas horas de desvío diario se multiplica por el costo del tiempo tanto para el transporte público como para el privado (ver tabla 5.8: Valor del tiempo).
4. Finalmente, estas horas de desvío monetizadas diarias se multiplican por las semanas de desvío para obtener el tiempo de desviación monetizado durante la obra, que se refleja en la tabla 5.9

Finalmente y de acuerdo al cronograma de obra se retoma el tiempo en el cual se van a realizar los trabajos a lo largo del corredor, resultando cierto número de días o meses por tramo, para un total de 10 meses de obra, la pavimentación del carril exclusivo y los paraderos arrojan un monto intangible por pérdida de horas del usuario en transporte mixto durante la implantación del proyecto de 26, 130,978 millones de pesos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.9: Montos monetizados de tiempo

No.	TRAMO	TIEMPO DE DESVIACION MONETIZADO DURANTE LA OBRA							
		PÚBLICO				PRIVADO			
		PTE-OTE HMD	OTE-OTE HV	OTE-OTE HMD	OTE-OTE HV	PTE-OTE HMD	OTE-OTE HV	OTE-OTE HMD	OTE-OTE HV
1	Periférico Ecológico (D8) a Blvd. 18 de Noviembre	\$949,195	\$691,291	\$1,092,771	\$957,172	\$1,585,199	\$654,134	\$1,690,563	\$758,620
2	Blvd. 18 de Noviembre a Camino a Manzanilla (cruce PEPsi)	\$123,304	\$90,856	\$142,773	\$125,467	\$438,380	\$180,913	\$467,520	\$209,750
3	Camino a Manzanilla a Calzada Ignacio Zaragoza	\$213,073	\$80,543	\$214,171	\$45,763	\$1,408,813	\$695,755	\$1,659,577	\$1,022,309
4	Calzada Ignacio Zaragoza a Blvd. 5 de Mayo (China Poblana)	\$177,439	\$67,212	\$178,905	\$37,883	\$288,785	\$142,654	\$340,212	\$209,486
5	Blvd. 5 de Mayo (China Poblana) a Avenida 18 Poniente	\$380,171	\$267,649	\$272,019	\$142,018	\$328,736	\$198,485	\$468,956	\$193,455
6	Avenida 18 Poniente a Gran Avenida	\$1,926	\$812	\$1,661	\$701	\$414	\$170	\$987	\$408
7	Gran Avenida a Avenida 10 Pte	\$423	\$176	\$363	\$153	\$715	\$296	\$1,714	\$704
8	Avenida 10 Poniente a Blvd. Nte	\$27,606	\$11,382	\$23,950	\$9,939	\$5,628	\$2,320	\$5,359	\$2,211
9	Blvd. Norte y 10 Poniente a Avenida Juárez	\$401,966	\$164,418	\$348,959	\$144,786	\$62,550	\$25,770	\$59,540	\$24,602
10	Av. Juárez a Avenida 31 Pte	\$84,446	\$48,453	\$99,674	\$57,682	\$579,508	\$238,990	\$693,650	\$286,038
11	Avenida 31 Poniente a Blvd. Del Niño Poblano	\$44,679	\$25,597	\$52,707	\$30,833	\$395,180	\$162,943	\$473,021	\$195,044
12	Blvd. Del Niño Poblano a Periférico Ecológico (D4)	\$387,775	\$162,806	\$198,328	\$261,477	\$396,798	\$248,956	\$294,629	\$187,179
	Subtotal	\$2,792,002	\$1,611,195	\$2,626,282	\$1,813,874	\$5,490,706	\$2,551,386	\$6,155,728	\$3,089,805
	TOTAL	\$26,130,978							

Fuente: LOGIT

5.2.5. Ahorro en costos de operación vehicular

Datos básicos para el análisis:

- Se utiliza el total de kilómetros recorridos por las rutas que participan tanto en la situación actual optimizada como en la situación con proyecto.
- Se suponen situaciones de operación similares y se considera solo el recorrido de los autobuses dentro del corredor.
- Para la situación actual se consideró una calidad de la superficie de rodamiento correspondiente a la meta del promedio nacional de la red federal de carreteras, así como la eliminación de los reductores de velocidad, y un señalamiento horizontal y vertical en buen estado.

Para estimar el costo de operación anual vehicular del transporte público (para el escenario sin proyecto optimizado y el escenario con proyecto) se utilizaron los siguientes insumos:

- Longitud diaria recorrida por la flota sobre el corredor
- Días de operación al año de la flota
- Costo por kilómetro

Longitud diaria recorrida por la flota sobre el corredor

El costo de operación vehicular anual se determina por la longitud diaria, expresada en kilómetros, que recorren las rutas troncales y alimentadoras sobre los carriles exclusivos. Para cuantificar el costo de operación vehicular no se consideró la longitud diaria recorrida por las rutas transversales ya que éstas no hacen recorridos por los carriles exclusivos; además, para las rutas alimentadoras solo se tomaron en cuenta los kilómetros que recorren sobre la troncal, ya que las longitudes que recorren fuera del corredor permanecen constantes en la situación actual optimizada y en la situación con proyecto.

Días de operación al año

Los días de operación al año que se consideran para este estudio son de 324 y no los 365 días del año, pues se ponderan los días hábiles en todo el año con los días de fin de semana y los días festivos; ya que éstos últimos son atípicos en la operación.

Costo por kilómetro

El costo por kilómetro anual es el resultado de dividir el total anual de los costos fijos y variables sobre el total de kilómetros recorridos por las rutas al año.

Los costos fijos y variables están integrados por:

- Consumo de Combustible.
- Consumo de Lubricantes.
- Consumo de Neumáticos.
- Consumo de Refacciones.
- Consumo de Horas de Mantenimiento.
- Depreciación del Vehículo.
- Costos fijos (derechos, sueldos y administración).

En la tabla 5.9 se muestra el ahorro anual por concepto de operación vehicular para las unidades de transporte público que resulta de la diferencia entre el costo anual de la situación actual optimizada y el costo anual de la situación con proyecto. Dicho ahorro asciende a poco más de 89 millones de pesos.

Tabla 5.10: Costo anual total por operación vehicular para la situación optimizada

SITUACIÓN OPTIMIZADA			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
36,543	\$14.13	\$516,352.59	\$167,298,239 ^{1/}

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Tabla 5.11: Costo anual total por operación vehicular para la situación con proyecto

SITUACIÓN CON PROYECTO			
LONGITUD DIARIA RECORRIDA SOBRE EL CORREDOR (km)	COSTO DE OPERACIÓN POR KILÓMETRO	COSTO DIARIO DE OPERACIÓN EN CARRILES EXCLUSIVOS	COSTO ANUAL
14,282	\$16.78	\$239,651.96	\$77,647,235 ^{1/}
AHORRO			\$89,651,004

Fuente: Estudio de factibilidad económica financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

El costo anual, tanto para la situación actual optimizada como para la situación con proyecto, es igual a la multiplicación de la longitud diaria recorrida por la flota sobre el corredor por el costo de operación por kilómetro por los 324 días de operación de la flota.

La longitud diaria recorrida por la flota en una situación sin proyecto optimizada es de 36,543 kilómetros. Se toma en cuenta la longitud recorrida solo y exclusivamente del tramo que confluye en la troncal propuesta. La situación con proyecto, dada la estructuración de rutas, las frecuencias equilibradas con la demanda, las velocidades, entre otros factores, nos da como resultado para el primer año de evaluación 14,282 kilómetros de recorrido por el total de la flota de manera diaria.

A continuación se presenta la tabla resume de los todos los costos de operación y mantenimiento, así como los montos.

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COSTOS TOTALES S/P	COSTOS TOTALES OPTIMIZADO		COSTOS TOTALES CON PROYECTO		COSTO ANUAL
		VALORES	COSTO ANUAL	VALORES	COSTO ANUAL	VALORES	
DATOS GENERALES	Kms de recorrido promedio al día	207.77		204.30		162.81	
	Días de trabajo efectivo por mes	27		27		27	
	Total km año	67,316.37		66,191.64		52,751.02	
COSTOS VARIABLES							
1. COMBUSTIBLE	Rendimiento en kms/litro	2.60		2.60		4.00	
	Costo por litro de combustible (Diesel)	9.30	\$240,785	9.30	\$236,762	5.45	\$71,873
2. ACEITE MOTOR	Capacidad del depósito en litros	20.00		20.00		20.00	
	Intervalo entre cambios en kms.	7,000.00		10,000.00		10,000.00	
	Costo en pesos del litro de aceite	55.00	\$10,578	55.00	\$7,281	55.00	\$5,803
3. ACEITE DIFERENCIAL	Capacidad del depósito en litros	15.00		15.00		15.00	
	Intervalo entre cambios en kms.	15,000.00		20,000.00		20,000.00	
	Costo en pesos del litro de aceite	32.00	\$2,154	32.00	\$1,589	32.00	\$1,266
4. ACEITE CAJA DE VELOCIDADES	Capacidad del depósito en litros	9.00		9.00		9.00	
	Intervalo entre cambios en kms.	15,000.00		20,000.00		20,000.00	
	Costo en pesos del litro de aceite	30.00	\$1,212	30.00	\$894	30.00	\$712
5. FILTRO DE ACEITE	Número de filtros	1.00		1.00		1.00	
	Intervalo entre cambios en kms.	7,000.00		10,000.00		10,000.00	
	Costo en pesos del filtro de aceite	195.00	\$1,875	195.00	\$1,291	195.00	\$1,029
6. FILTRO DE AIRE	Número de filtros	2.00		2.00		2.00	
	Intervalo entre cambios en kms.	12,000.00		15,000.00		15,000.00	
	Costo en pesos del filtro de aire	722.30	\$8,104	722.30	\$6,375	722.30	\$5,080
7. FILTRO DE COMB.	Número de filtros	2.00		2.00		2.00	
	Intervalo entre cambios en kms.	12,000.00		15,000.00		15,000.00	
	Costo en pesos del filtro de comb.	186.14	\$2,088	186.14	\$1,643	186.14	\$1,309
8. SERVICIO GENERAL	Número de servicios	1.00		1.00		1.00	
	Intervalo entre servicios en kms.	7,000.00		7,000.00		5,000.00	
	Costo en pesos del servicio	2,500.00	\$24,042	2,500.00	\$23,640	2,500.00	\$26,376
	Subtotal		\$290,839	Subtotal	\$279,474	Subtotal	\$113,448
	Gastos imprevistos	0.03	\$8,725.16	0.03	\$8,384.21	0.03	\$3,403.43
	TOTAL		\$299,564	TOTAL	\$287,858	TOTAL	\$116,851
B) NEUMÁTICOS							
1. NEUMÁTICOS	Número de neumáticos	6.00		6.00		10.00	
	Intervalo entre cambios en kms	80,000.00		80,000.00		80,000.00	
	Costo en pesos del neumático	4,000.00	\$20,195	4,000.00	\$19,857	4,500.00	\$29,672
2. VITALIZADO	Número de neumáticos	6.00		6.00		10.00	
	Intervalo entre cambios en kms	60,000.00		60,000.00		60,000.00	
	Costo en pesos del vitalizado	362.25	\$2,439	362.25	\$2,398	400.00	\$3,517
3. CAMARAS	Número de neumáticos	6.00		6.00		6.00	
	Intervalo entre cambios en kms	0.00		0.00		0.00	
	Costo en pesos de la camara	0.00	0	0.00	0	0.00	0
4. CORBATAS	Número de neumáticos	6.00		6.00		6.00	
	Intervalo entre cambios en kms	0.00		0.00		0.00	
	Costo en pesos de la corbata	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	Subtotal		\$22,633	Subtotal	\$22,255	Subtotal	\$33,189
	Gastos imprevistos	0.02	\$452.67	0.02	\$445.11	0.02	\$663.78
	TOTAL		\$23,086.12	TOTAL	\$22,700.39	TOTAL	\$33,852.96
C) MANTENIMEN TO							
1. AJUSTE	Mano de obra	7,000.00		7,000.00		5,000.00	
	Refacciones	22,000.00		22,000.00		20,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	1.50	\$19,333	2.00	\$14,500	2.00	\$12,500
2.	Mano de obra	600.00		600.00		500.00	

DIFERENCIAL	Refacciones	3,000.00		3,000.00		2,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	0.15	\$24,000	0.20	\$18,000	0.10	\$25,000
3. CAJA DE VELOCIDADES	Mano de obra	1,000.00		1,000.00		1,000.00	
	Refacciones	10,000.00		10,000.00		10,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	0.33	\$33,333	0.50	\$22,000	1.00	\$11,000
4. CARDAN	Mano de obra	2,500.00		2,500.00		2,000.00	
	Refacciones	13,000.00		13,000.00		12,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	1.00	\$15,500	1.30	\$11,923	1.00	\$14,000
5. EMBRAGUE	Mano de obra	1,000.00		1,000.00		800.00	
	Refacciones	8,000.00		8,000.00		6,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	0.50	\$18,000	1.00	\$9,000	0.80	\$8,500
6. SISTEMA DE FRENOS	Mano de obra	250.00		250.00		300.00	
	Refacciones	7,500.00		7,500.00		6,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	0.30	\$25,833	0.40	\$19,375	0.50	\$12,600
7. SUSPENSIÓN	Mano de obra	200.00		200.00		200.00	
	Refacciones	10,000.00		10,000.00		10,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	1.40	\$7,286	1.50	\$6,800	1.20	\$8,500
8. DIRECCIÓN	Mano de obra	200.00		200.00		200.00	
	Refacciones	3,000.00		3,000.00		3,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	0.20	\$16,000	0.50	\$6,400	0.15	\$21,333
9. SISTEMA ELÉCTRICO (MARCHA, ALTERNADOR Y LUCES)	Mano de obra	500.00		500.00		1,000.00	
	Refacciones	4,000.00		4,000.00		6,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	1.40	\$3,214	1.80	\$2,500	1.00	\$7,000
10. HOJALATERÍA Y PINTURA	Mano de obra	2,500.00		2,500.00		15,000.00	
	Refacciones	5,000.00		5,000.00		5,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	2.00	\$3,750	2.00	\$3,750	2.00	\$10,000
11. AFINACIÓN	Mano de obra	1,000.00		1,000.00		1,000.00	
	Refacciones	2,500.00		2,500.00		5,000.00	
	Frecuencia de cambio en años	1.00	\$3,500	1.30	\$2,692	1.00	\$6,000
	Subtotal		\$169,750	Subtotal	\$116,940	Subtotal	\$136,433
Gastos imprevistos		0.05	\$8,487.50	0.05	\$5,847.02	0.05	\$6,821.67
	TOTAL		\$178,237.50	TOTAL	\$122,787.40	TOTAL	\$143,255.00
TOTAL VARIABLES	COSTOS		\$500,887.32	TOTAL COSTOS VARIABLES	\$433,345.78	TOTAL COSTOS VARIABLES	\$293,959.07
	COSTOS FIJOS						
A) SALARIOS CHOFER	Salario de chofer (8hrs.)	200.00		200.00		200.00	
	Prestaciones (29.5%)	59.00		59.00		59.00	
	Extra fijo (20%)	40.00		40.00		40.00	
	Costos indirectos	89.99		89.99		89.99	
	Porcentaje IMSS	32.20		32.20		32.20	
	Suma p/INFONAVIT y SAR	421.19		421.19		421.19	
	Turnos por día	2		2		2	
	Días por año	365	\$307,469	365	\$307,469	365	\$307,469
	B) IMPUESTOS						
1. VERIFICACIÓN	Costo de la verificación	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	Frecuencia de verificaciones en años	0.00	0	0.00	0	0.00	0
2. REFRENDO	Control vehicular						
	Concesión	2,000.00	\$2,000	2,000.00	\$2,000	2,000.00	\$2,000
3. PLACAS	Derechos por el cambio de placas	500.00		500.00		500.00	
	Frecuencia en años	1	\$500	1	\$500	1	\$500
4. TENENCIA	Pago de derechos por tenencia	0.00		0.00		0.00	
	Frecuencia de pagos en años	1	\$0	1	\$0	1	\$0
	C) SEGUROS						
1. SEGURIDAD DE VIAJERO							
2. SEGURO POR DAÑO A TERCEROS							
3. SEGURO DE UNIDAD		30,000.00	\$30,000	30,000.00	\$30,000	40,000.00	\$40,000
	Subtotal (B+C)		\$32,500	Subtotal (B+C)	\$32,500	Subtotal (B+C)	\$42,500
	D) ADMINISTRACIÓN						
SALARIOS:							
CONTADOR	COSTO/MES	3,000.00	\$36,000	3,000.00	\$36,000	5,000.00	\$60,000
SUPERVISOR		2,000.00	\$24,000	0.00	\$0	0.00	\$0
SECRETARÍA		2,500.00	\$30,000	2,500.00	\$30,000	3,000.00	\$36,000
DESPACHADO		5,000.00	\$60,000	5,000.00	\$60,000	6,000.00	\$72,000

RES							
OTROS		2,000.00	\$24,000	2,000.00	\$24,000	5,000.00	\$60,000
ARRENDAMIENTOS							
OFICINA, TALLER Y ENCIERRO	COSTO/MES	30,000.00	\$360,000	30,000.00	\$360,000	30,000.00	\$360,000
TERMINALES		8,000.00	\$96,000	8,000.00	\$96,000	10,000.00	\$120,000
PAPELERÍA		5,000.00	\$60,000	5,000.00	\$60,000	10,000.00	\$120,000
VARIOS		2,000.00	\$24,000	2,000.00	\$24,000	5,000.00	\$60,000
COSTO DE ARRENDAMIENTO PARA 46 AUNIDADES			11,739.13		11,739.13		13,200.00
TOTAL COSTOS DE ADMINISTRACIÓN		\$185,739		TOTAL COSTOS DE ADMINISTRACIÓN	\$161,739		TOTAL COSTOS DE ADMINISTRACIÓN \$241,200
TOTAL COSTOS FIJOS		\$525,708		TOTAL COSTOS FIJOS		\$501,708	
TOTAL COSTOS (FIJOS+VARIABLES)		\$1,026,595.15		TOTAL COSTOS (FIJOS+VARIABLES)		\$935,053.61	
COSTO POR KM S/P		\$15.25		COSTO POR KM S/P		\$15.25	
COSTO POR KM SITUACIÓN OPTIMIZADA		\$14.13		COSTO POR KM SITUACIÓN OPTIMIZADA		\$14.13	
COSTO POR KM C/P		\$16.78		COSTO POR KM C/P		\$16.78	

En lo que se refiere a los costos de conservación del pavimento en la situación actual se deberán considerar los carriles que se pavimentarán con concreto hidráulico solamente, es decir, el mismo número de carriles que en la situación con proyecto (sólo dos carriles).

Partiendo del hecho de que los vehículos que operan en el sistema actual de transporte público utilizan los carriles con los que cuenta el sistema vial (4 carriles por sentido en la Zona de estudio), el costo de conservación del pavimento es sobre los 8 carriles; mientras que, en la situación con proyecto se utilizará solo un carril por sentido.

5.2.6. Ahorro en tiempo de viaje

Para determinar el ahorro por concepto de costo de tiempo de viaje para los usuarios de transporte público al comparar un escenario sin proyecto optimizado y un escenario con proyecto se consideran los siguientes datos básicos:

1. Se toman en cuenta los tiempos de viaje de los usuarios de transporte de las rutas troncales, alimentadoras y transversales, pues con los carriles exclusivos todos los usuarios de estas rutas serán beneficiadas en mayor o menor medida; sea por el tiempo de espera, por tiempo de ascenso y descenso de las unidades de transportes público, por tiempo de pago, por tiempo de transbordo o por el tiempo de viaje que los usuarios realizan para trasladarse de su lugar de origen a su lugar de destino.
2. Sólo se toma en cuenta el tiempo de viaje que los usuarios de transporte realizan sobre el corredor y no sobre el total de su viaje, para mostrar el ahorro en tiempo de viaje que estos usuarios alcanzarán con el proyecto propuesto.
3. Se contempla el tiempo promedio que éstos se llevan desde su lugar de origen hasta su lugar de destino; es decir, se contabiliza el tiempo de espera, el tiempo de ascenso y descenso, el tiempo de pago, el tiempo de transbordo y el tiempo de viaje.
4. El tiempo de viaje promedio del pasajero se estimó a partir de las encuestas origen-destino aplicadas a los pasajeros del transporte público contemplados en el estudio.
5. Se considera que el tiempo de espera que un usuario de transporte público tiene que consumir se relaciona directamente con la frecuencia de paso de los vehículos sobre las paradas establecidas para tal fin y, ésta a su vez, de la velocidad promedio que alcanzan los vehículos en su recorrido.
6. Se toma como base una demanda por transporte público igual tanto para el escenario sin proyecto como para el escenario con proyecto.

7. El costo generalizado del tiempo de viaje para ambos escenarios (optimizado y con proyecto) es calculado solamente para los usuarios que utilizan las vialidades donde se construirá la infraestructura especializada para el transporte público, y solo durante el tiempo que están sobre estas vialidades.

Para cuantificar el ahorro en tiempo de viaje de los usuarios de transporte público se estimó:

- La velocidad de operación vehicular
- Los tiempos de espera, los tiempos de ascenso-descenso, el tiempo de pago, el tiempo de trasbordo y el tiempo de viaje
- El valor social del tiempo de los usuarios de los vehículos de transporte público

La diferencia de valores entre la situación con y sin proyecto, generó el beneficio por este concepto.

Velocidad de operación vehicular

La situación con proyecto contempla la realización de carriles exclusivos por los que circularán los vehículos del transporte público, en base a ello, se considera que alcanzarán una velocidad promedio de 25 km/h. Con el actual sistema de transporte público los vehículos que circulan por el trazo del corredor alcanzan una velocidad promedio de 18 km/h.

Tiempos de espera, ascenso-descenso, de pago, de trasbordo y de viaje

- **Tiempo de viaje**

Para estimar el valor por tiempo de viaje se multiplica la demanda de cada ruta por el tiempo de viaje del tramo del corredor donde se construirán los carriles exclusivos de transporte, en el caso de la situación con proyecto se disminuyen 10 segundos por cada pasajero de las rutas troncales que contarán con autobuses de entrada y salida a nivel de banqueta.

- **Tiempo espera**

Es la multiplicación de la demanda de cada ruta por la mitad de la frecuencia de paso de la ruta.

- **Tiempo de trasbordo**

Es la multiplicación de la demanda de cada ruta alimentadora por ocho minutos.

Valor social del tiempo de los usuarios de los vehículos

Dado que el valor del tiempo para los usuarios de transporte público varía según el área de estudio, para monetizar el ahorro en tiempo de viaje de los usuarios de transporte público se calculó dicho valor para la región de Puebla. Dicha estimación se obtuvo en base al salario mínimo del área de Puebla el cual se ubica, según la categoría geográfica, en el tipo C con un valor igual a 56.70 pesos por jornada laborada, se multiplicó el salario por el factor de 3.1, considerado por el **CEPEP** en su “**Guía metodológica para la evaluación de proyectos de transporte masivo urbano**” (2009), y se dividió por 8 horas, tiempo que usualmente se contempla como jornada laboral, de dicha operación aritmética se obtuvo un valor de **21.97 pesos** por hora³¹.

El factor de 3.1 es un promedio ponderado que se obtiene de las encuestas realizadas a una muestra de los usuarios de éste modo de transporte. En esta encuesta se considera a la gente empleada, a los niños, las amas de casa, los estudiantes y los desempleados; porque a pesar de que éstos últimos no perciben una remuneración monetaria sí tienen un costo de oportunidad determinado según su profesión o, simplemente, la utilidad sobre el valor del tiempo.

Para calcular el ahorro de costos por tiempo de viaje generado por el proyecto, primero se tiene que determinar el tiempo de viaje total en la situación sin proyecto, luego el tiempo de viaje total en la situación con proyecto y la diferencia generará el ahorro atribuible al proyecto.

³¹ El salario mínimo, establecido por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, vigente a partir del 1 de enero de 2011 para la Zona “C”, que incluye al Estado y Municipios de Puebla y Tlaxcala, puede consultarse en la página web: www.sat.gob.mx.

En las tablas 5.12 y 5.13 se determina el costo anual total por el tiempo de viaje de los usuarios de transporte público para la situación optimizada y la situación con proyecto, respectivamente. Para determinar dicho costo se multiplica la demanda por el tiempo de viaje por los 324 días de operación y por el valor del tiempo (21.97125).

Tabla 5.12: Cálculo del costo anual total por tiempo de viaje para la situación sin proyecto, optimizada

	SITUACIÓN SIN PROYECTO				
	A	B	C=(A*B)/60	D=CX324 DÍAS	E=D*VALOR DEL TIEMPO
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (pax/día)	HRS TOTALES	D=CX324 DÍAS	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	32.51327	43,638	23,647	7,661,605	168,335,040
ALIMENTADORA	23.90492	50,110	19,964	6,468,476	142,120,508
TRANSVERSALES	33.47763	14,010	7,817	2,532,758	55,647,865
TOTAL	28.63559	107,758	51,429	16,662,840	366,103,413

	SITUACIÓN OPTIMIZADA				
	A	B	C=(A*B)/60	D= Cx324 DÍAS	E=D*VALOR DEL TIEMPO
RUTAS	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (pax/día)	HRS TOTALES DIARIAS	HRS TOTALES ANUALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	23.41435	43,638	17,029	5,517,487	\$121,226,086
ALIMENTADORA	23.27500	50,110	19,438	6,298,024	\$138,375,461
TRANSVERSALES	32.41596	14,010	7,569	2,452,438	\$53,883,123
TOTAL	24.51990	107,758	44,037	14,267,949	\$313,484,669
				AHORRO	\$52,618,744

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
*Promedio ponderado por demanda del tiempo de viaje expresado en minutos

Tabla 5.13: Cálculo del costo anual total por tiempo de viaje para la situación con proyecto:

	SITUACIÓN CON PROYECTO				
	A	B	C=(A*B)/60	D= Cx324 DÍAS	E=D*VALOR DEL TIEMPO
RUTAS	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (pax/día)	HRS TOTALES DIARIAS	HRS TOTALES ANUALES	COSTO DEL TIEMPO ANUAL
TRONCAL	16.63533	43,638	12,099	3,920,041	\$86,128,211
ALIMENTADORA	10.31661	50,110	8,616	2,791,589	\$61,334,709
TRANSVERSALES	14.47597	14,010	3,380	1,095,183	\$24,062,541
TOTAL	13.41625	107,758	24,095	7,806,814	\$171,525,461
				AHORRO	\$141,959,208

Fuente: Estudio de factibilidad económica-financiera del primer corredor de la Zona Metropolitana de Puebla
*Promedio ponderado por demanda del tiempo de viaje expresado en minutos
1/ Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

Al restar del costo anual total de la situación sin proyecto optimizada el costo anual total de la situación con proyecto se obtiene un “ahorro” por tiempo de viaje monetizado igual a 138 millones de pesos.

En el cálculo de ahorro en tiempo, no se están incluyendo el tiempo de caminata de los pasajeros desde su punto de origen hasta su destino final por las siguientes condicionantes.

Las variaciones en los tiempos de caminata en la situación sin proyecto y con proyecto no son significativas, ya que las redes alimentadoras de la troncal del escenario con proyecto tienen los mismos recorridos que las rutas que operan en la situación actual, porque la distancia de caminata fuera de la troncal es muy similar a la que actualmente recorren los usuarios. Además, sobre el eje troncal, el proyecto contempla una separación máxima entre paraderos de 500 metros, por lo que los usuarios realizarán caminatas en una distancia máxima de 250 metros, distancia que comparada con los 300 metros que actualmente caminan el 68% de los usuarios no representan un ahorro mayor.

El estudio no considera variaciones en el tiempo de caminata debido a lo siguiente:

- En el sistema actual, el 45% de los usuarios camina menos de 500 metros y el 23% camina menos de 300 metros.
- En la troncal la separación entre paraderos es de máximo 500 metros por lo que la distancia máxima de caminata es de 250 metros sobre la troncal.
- No se cambian los trazos de las rutas alimentadoras fuera de la troncal, por lo que los usuarios seguirán contando con el servicio habitual que hasta el momento tienen.

Por lo tanto, no se considera que exista un incremento en el tiempo de caminata respecto a la situación con proyecto vs. la situación actual. Cualquier usuario se baje donde se baje, nunca caminará más de 250 metros. Los beneficios se calculan en los ahorros en el tiempo de viaje. Es por ello que no se incluyó sino sólo los beneficios de ahorro del tiempo dentro del sistema.

5.2.7. Ahorro en costos de mantenimiento de los carriles confinados

En las tablas 5.14 y 5.15 se muestra la configuración de los costos de conservación de los carriles confinados para la situación sin proyecto y con proyecto, respectivamente.

Tabla 5.14: Configuración de los costos de conservación de los carriles confinados (Situación sin Proyecto)

CONFIGURACIÓN COSTOS DE CONSERVACIÓN SIN PROYECTO		
CONCEPTO	NÚMEROS	DENOMINACIÓN
CONSERVACIÓN NORMAL	\$30,000	\$/Km/Carril
RIEGO DE SELLO	\$100,000	\$/Km/Carril
SOBRECARPETA	\$350,000	\$/Km/Carril
RECONSTRUCCIÓN	\$1,000,000	\$/Km/Carril
No. CARRILES S/PROYECTO	8	Carriles
LONGITUD TOTAL	18.5	Km

Fuente: LOGIT

Tabla 5.15: Configuración de los costos de conservación de los carriles confinados (Situación con Proyecto)

CONFIGURACIÓN COSTOS DE CONSERVACIÓN CON PROYECTO		
CONCEPTO	NÚMEROS	DENOMINACIÓN
CONSERVACIÓN NORMAL	\$75,676	\$/Km/Carril
RIEGO DE SELLO	N/A	\$/Km/Carril
SOBRECARPETA	N/A	\$/Km/Carril
RECONSTRUCCIÓN	N/A	\$/Km/Carril
No. CARRILES C/PROYECTO	2	Carriles

LONGITUD TOTAL	18.5	Km
----------------	------	----

Fuente: LOGIT

Al comparar los conceptos por costos de conservación de vialidad en las tablas anteriores, resalta el hecho de que en la situación con proyecto no se consideran conceptos como riego de sello sobre carpeta y reconstrucción, como lo es para la situación sin proyecto; ello debido a que el primero es de concreto hidráulico mientras que el segundo es de asfalto.

Además, el número de carriles es de ocho para la situación sin proyecto y dos para la situación con proyecto, pues, en la situación sin proyecto el transporte público circula por los carriles disponibles a lo largo de su trayecto, mientras que en la situación con proyecto solo serán dos carriles exclusivos para el transporte público.

Por lo tanto a lo largo de la vida útil del proyecto se generará un ahorro que se muestra en la tabla 5.24 donde se proyectan los ahorros a lo largo del tiempo.

Tabla 5.16: Costo de conservación de los carriles confinados (Situación sin Proyecto)

SIN PROYECTO (S/P) EN EL HORIZONTE		
CONCEPTO	MONTO	PERIODICIDAD
CONSERVACIÓN NORMAL	\$4,440,000	Anual
RIEGO DE SELLO	\$14,800,000	4 veces
SOBRECARPETA	\$51,800,000	2 veces
RECONSTRUCCIÓN	\$148,000,000	1 vez

Fuente: LOGIT

Tabla 5.17: Costo de conservación de los carriles confinados (Situación con Proyecto)

CON PROYECTO EN EL HORIZONTE		
CONCEPTO	MONTO	PERIODICIDAD
CONSERVACIÓN NORMAL	\$2,800,012	Anual

Fuente: LOGIT

5.2.8. Liberación de recursos

Datos básicos para el análisis:

- La flota que circula actualmente en la ZMP tiene una edad promedio de 5 años.
- Para el análisis, solo se toman en cuenta las unidades de las rutas consideradas como troncales, pues éstas serán sustituidas por los autobuses rápidos troncales en la situación con proyecto.
- El precio estimado promedio por Autobús (Bóxer) es igual a 1200 millones de pesos, Microbús 750 mil pesos y Vans 500 mil pesos.
- Por Ley, los vehículos de transporte público deben sustituirse y renovarse cada 10 años, una vez concluida su vida útil.
- Se supone un valor de rescate de 30% sobre el valor promedio de mercado³².
- El total de unidades que dejará de circular una vez que entre en operación el proyecto propuesto es de 238 unidades.

³² El valor de rescate de 30% sobre el valor promedio de venta de una unidad nueva es congruente con la tasa utilizada en la “GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE MASIVO URBANO”, elaborado en diciembre de 2009. Además, con base en el promedio de vida de los vehículos que actualmente circulan, y dejaran de circular una vez que entre en operación el proyecto propuesto, resulta razonable dicho valor de rescate.

Tabla 5.18: Ahorro por sustitución y renovación de la flota

NOMBRE DE LA RUTA	MODO	FLOTA	VALOR DE VENTA POR UNIDAD	LIBERACIÓN TOTAL DE RECURSOS
S/C-RUTA TPT ATLIXCO	Autobús	18	\$360,000	\$6,480,000
S/C-RUTA ACAPETLAHUACAN	Variable	28	\$187,500	\$5,250,000
C-5-RUTA LUSAC - SAN ANTONIO POR ADOQUIN	Variable	16	\$187,500	\$3,048,977
C-5.1-RUTA LUSAC - SAN ANTONIO, SANTA CLARA	Variable	15	\$187,500	\$2,862,356
C-5.2-RUTA LUSAC - ACATEPEC, TONANZINTLA	Variable	17	\$187,500	\$3,276,168
S/C-RUTA MALACATEPEC, OCUYUCAN, PUEBLA	Autobús	17	\$360,000	\$6,120,000
S/C-RUTA OCUYUCAN, PUEBLA	Autobús	10	\$360,000	\$3,600,000
D-16-RUTA 36 - MEGA	Variable	14	\$187,500	\$2,651,673
D-16.1-RUTA 36 - AUCHAN	Variable	16	\$187,500	\$2,973,327
C-7-RUTA TLAXCALANCINGO, NACAZARI	Autobús	14	\$360,000	\$5,040,000
X-17-RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALETA	Variable	37	\$187,500	\$6,937,500
X-16-RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	Variable	35	\$187,500	\$6,562,500
TOTAL		238		\$54,802,500

Fuente: LOGIT

Para determinar el total por concepto de Liberación de recursos (54 millones de pesos) se sumó cada una de las cantidades que resultaron de multiplicar el valor de venta por unidad, en el mercado secundario automotriz, por el tamaño de la flota de cada una de las rutas³³. Este valor de venta estimado es resultado de multiplicar el valor del vehículo nuevo por el 30% del valor rescate. Dicha cantidad **se aplica hasta el año 1 en el Flujo Económico-Social** porque es hasta ese año cuando se supone que comienza a operar el sistema propuesto de transporte público, según Cronograma de ejecución de la obra.

5.2.9. Valor de rescate

Para cuantificar el monto derivado del valor de rescate de los vehículos que circularán en la situación con proyecto, se considera que el valor final de dichas unidades, una vez concluida su vida útil, es el 15% del precio de mercado de una unidad nueva. Mientras que, el valor de rescate de los paraderos y estaciones, que son parte de las instalaciones realizadas en la situación con proyecto, se estima que éstas tendrán un valor de venta igual al monto que se invirtió para construir las³⁴.

Tabla 5.19: Estimación del valor de rescate de la infraestructura y flota vehicular

CONCEPTO	MONTO DE INVERSIÓN INICIAL	PORCENTAJE DE RESCATE	VALOR DE RESCATE
VEHÍCULOS	\$281,250,000	15%	\$42,187,500
INSTALACIONES REALIZADAS	\$328,354,861	100%	\$328,354,861
TOTAL			\$370,542,361

Fuente: LOGIT

El monto del Valor de Rescate (370, 542,361) es resultado de sumar el valor de rescate de los vehículos más el valor de rescate de las instalaciones realizadas; dicha cantidad **aparece en el Flujo Económico-Social hasta el final del horizonte del proyecto**, una vez concluida la vida útil de éste.

³³ El valor de venta estimado por las unidades de transporte público que circulan en el sistema actual es semejante a los precios a los que cotizan en el mercado secundario de vehículos.

³⁴ Los supuestos utilizados para la cuantificación del valor de rescate de los vehículos y de las instalaciones del corredor propuesto están en línea con la "GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE MASIVO URBANO", 2009. Además, en términos contables, el activo fijo como los terrenos no se deprecian; y aunque los edificios sí se deprecian con el paso del tiempo debido al desgaste o deterioro de las instalaciones (terminales y paraderos), por tal motivo, se toma en cuenta el monto de inversión inicial y no el monto que se invertiría en la construcción de dichas instalaciones al final de los 30 años de la vida útil del proyecto, pues dicho monto sería más alto como consecuencia del aumento en el precio de los insumos necesarios para la construcción.

5.3. Valoración de los costos y beneficios

5.3.1. Mantenimiento de los carriles confinados

En el flujo económico – social el costo por conservación de los carriles exclusivos aparece hasta el año 2, un año después de concluida la obra de infraestructura. En el año 8 el costo por conservación de la vialidad pasa de 2, 800, 012 millones a 3, 000,000 millones de pesos debido al incremento en los insumos necesarios para tal fin, manteniendo este costo hasta el año 16 cuando sube 200,000 pesos para llegar a la suma de 3, 200,000 millones pesos y así sucesivamente hasta los 30 años de la vida útil del proyecto.

Tabla 5.20: Costos de mantenimiento regular durante todo el horizonte del proyecto

COSTOS DE MANTENIMIENTO CON PROYECTO MANTENIMIENTO REGULAR	
AÑO	
0	\$2,800,012
1	\$2,800,012
2	\$2,800,012
3	\$2,800,012
4	\$2,800,012
5	\$2,800,012
6	\$2,800,012
7	\$2,800,012
8	\$3,000,000
9	\$3,000,000
10	\$3,000,000
11	\$3,000,000
12	\$3,000,000
13	\$3,000,000
14	\$3,000,000
15	\$3,000,000
16	\$3,200,000
17	\$3,200,000
18	\$3,200,000
19	\$3,200,000
20	\$3,200,000
21	\$3,220,000
22	\$3,230,000
23	\$3,240,000
24	\$3,250,000
25	\$3,250,000
26	\$3,250,000
27	\$3,250,000
28	\$3,250,000
29	\$3,250,000
30	\$3,250,000

Fuente: LOGIT

5.3.2. Reinversión y compra de Unidades del Transporte Público

Como puede verse en la siguiente tabla, los montos con signo positivo representan, en el flujo económico-social del proyecto, el costo de reinversión por la reposición de las unidades del transporte público en el sistema propuesto; mientras que, los montos con signo negativo representan un “ahorro” en el flujo económico-social debido a que dejará de reinvertirse en la compra y reposición de las unidades del sistema actual de transporte público. Basados en el supuesto de que se comprarán los vehículos nuevos que circularán por los carriles exclusivos una vez concluida la obra de infraestructura, en el flujo aparecerán dichos montos hasta el año 11 y 21; mientras que, en el caso de los “ahorros”, éstos aparecerán en los años 5, 15 y 25, basados en el hecho de que la edad promedio de la flota que circula en el sistema actual de transporte público es de 5 años.

Tabla 5.21: Valor total de los vehículos de transporte público en el escenario con proyecto

AÑO	COMPRA VEHÍCULOS	REINVERSIÓN VEHICULAR	TOTAL (VEHÍCULOS)	ACUMULADO	VALOR DE RESCATE 15%	VALOR TOTAL	MONTO TOTAL
0	0		0			0	
1	50	0	50	50		\$281,250,000	
2	1	0	1	51		\$5,625,000	\$5,625,000
3	1	0	1	52		\$5,625,000	\$5,625,000
4	1	0	1	53		\$5,625,000	\$5,625,000
5	1	0	1	54		\$5,625,000	-\$156,215,000
6	0	0	0	54		0	\$0
7	1	0	1	55		\$5,625,000	\$5,625,000
8	1	0	1	56		\$5,625,000	\$5,625,000
9	1	0	1	57		\$5,625,000	\$5,625,000
10	0	0	0	57	0	0	\$0
11	1	50	51	58	\$42,187,500	\$244,687,500	\$244,687,500
12	1	1	2	59	\$843,750	\$10,406,250	\$10,406,250
13	1	1	2	60	\$843,750	\$10,406,250	\$10,406,250
14	1	1	2	61	\$843,750	\$10,406,250	\$10,406,250
15	0	1	1	61	\$843,750	\$4,781,250	-\$166,537,073
16	1	0	1	62	0	\$5,625,000	\$5,625,000
17	1	1	2	63	\$843,750	\$10,406,250	\$10,406,250
18	1	1	2	64	\$843,750	\$10,406,250	\$10,406,250
19	1	1	2	65	\$843,750	\$10,406,250	\$10,406,250
20	0	0	0	65	0	0	\$0
21	1	51	52	66	\$36,703,125	\$255,796,875	\$255,796,875
22	1	2	3	67	\$1,560,938	\$15,314,063	\$15,314,063
23	1	2	3	68	\$1,560,938	\$15,314,063	\$15,314,063
24	1	2	3	69	\$1,560,938	\$15,314,063	\$15,314,063
25	1	1	2	70	\$717,188	\$10,532,813	-\$169,291,243
26	0	1	1	70	\$843,750	\$4,781,250	\$4,781,250
27	1	2	3	71	\$1,560,938	\$15,314,063	\$15,314,063
28	1	2	3	72	\$1,560,938	\$15,314,063	\$15,314,063
29	1	2	3	73	\$1,560,938	\$15,314,063	\$15,314,063
30	1	0	1	74	0	\$5,625,000	\$5,625,000

Tabla 5.22: Reinversión de los vehículos en el sistema actual y sistema con proyecto

AÑO	CONCEPTO	MONTO NETO
5	Reinversión (sistema actual)	(\$161,840,000)
15	Reinversión (sistema actual)	(\$171,318,323)
25	Reinversión (sistema actual)	(\$179,824,055.9)

AÑO	CONCEPTO	MONTO NETO
11	Reinversión (sistema con proyecto)	\$244,687,500
21	Reinversión (sistema con proyecto)	\$255,796,875

5.3.3. Ahorro en costos de operación vehicular

Como puede verse en la columna de ahorro optimizada vs proyecto de la tabla 5.17, los ahorros año con año van subiendo, la principal razón es el tamaño de la flota que se tiene para cada uno de los escenarios planteados; siendo más alta en la situación actual optimizada. Cabe señalar que el incremento en las unidades requeridas año con año, para ambos escenarios, es mayor debido a la tasa de crecimiento media anual de la demanda. Es importante mencionar que desde un inicio se consideran los 50 vehículos para los costos de operación ya que se estarán usando para soportar la hora de máxima demanda, y se enrolarán para enviar a mantenimiento a otras unidades.

Tabla 5.23: Ahorro en costos de operación durante la vida útil del proyecto

AÑO	SITUACIÓN OPTIMIZADA				SITUACIÓN CON PROYECTO				AHORRO OPTIMIZADA vs. PROYECTO
	No. DE AUTOBUSES	KM ANUALES RECORRIDOS	COSTO POR KM	COSTO OPERATIVO ANUAL	No. DE AUTOBUSES	KM ANUALES RECORRIDOS	COSTO POR KM	COSTO OPERATIVO ANUAL	
0	746	11,839,932	\$14.13	\$167,298,239	50	4,627,368	\$16.78	\$77,647,235	\$89,651,004
1	757	12,011,488	\$14.13	\$169,679,815	51	4,694,465	\$16.78	\$78,770,069	\$90,909,746
2	768	12,184,454	\$14.13	\$172,123,204	51	4,762,065	\$16.78	\$79,904,358	\$92,218,847
3	779	12,358,692	\$14.13	\$174,584,566	52	4,830,163	\$16.78	\$81,046,990	\$93,537,576
4	790	12,534,185	\$14.13	\$177,063,667	53	4,898,751	\$16.78	\$82,197,857	\$94,865,810
5	801	12,710,917	\$14.13	\$179,560,265	54	4,967,823	\$16.78	\$83,356,847	\$96,203,418
6	812	12,888,870	\$14.13	\$182,074,108	54	5,037,373	\$16.78	\$84,523,843	\$97,550,266
7	823	13,068,025	\$14.13	\$184,604,939	55	5,107,392	\$16.78	\$85,698,724	\$98,906,214
8	835	13,248,364	\$14.13	\$187,152,487	56	5,177,874	\$16.78	\$86,881,367	\$100,271,120
9	846	13,429,866	\$14.13	\$189,716,476	57	5,248,811	\$16.78	\$88,071,641	\$101,644,834
10	858	13,612,513	\$14.13	\$192,296,620	57	5,320,195	\$16.78	\$89,269,416	\$103,027,204
11	869	13,796,281	\$14.13	\$194,892,624	58	5,392,018	\$16.78	\$90,474,553	\$104,418,071
12	881	13,981,152	\$14.13	\$197,504,185	59	5,464,271	\$16.78	\$91,686,912	\$105,817,273
13	893	14,167,101	\$14.13	\$200,130,991	60	5,536,946	\$16.78	\$92,906,348	\$107,224,643
14	904	14,354,107	\$14.13	\$202,772,720	61	5,610,033	\$16.78	\$94,132,712	\$108,640,009
15	916	14,542,146	\$14.13	\$205,429,043	61	5,683,525	\$16.78	\$95,365,850	\$110,063,193
16	928	14,731,193	\$14.13	\$208,099,620	62	5,757,411	\$16.78	\$96,605,606	\$111,494,014
17	940	14,921,226	\$14.13	\$210,784,105	63	5,831,681	\$16.78	\$97,851,819	\$112,932,287
18	952	15,112,217	\$14.13	\$213,482,142	64	5,906,327	\$16.78	\$99,104,322	\$114,377,820
19	964	15,304,143	\$14.13	\$216,193,365	65	5,981,337	\$16.78	\$100,362,947	\$115,830,419
20	976	15,496,975	\$14.13	\$218,917,402	65	6,056,702	\$16.78	\$101,627,520	\$117,289,882
21	989	15,690,687	\$14.13	\$221,653,869	66	6,132,411	\$16.78	\$102,897,864	\$118,756,005
22	1,001	15,885,252	\$14.13	\$224,402,377	67	6,208,452	\$16.78	\$104,173,797	\$120,228,580
23	1,013	16,080,640	\$14.13	\$227,162,526	68	6,284,816	\$16.78	\$105,455,135	\$121,707,391
24	1,026	16,276,824	\$14.13	\$229,933,909	69	6,361,491	\$16.78	\$106,741,688	\$123,192,221
25	1,038	16,473,774	\$14.13	\$232,716,109	70	6,438,465	\$16.78	\$108,033,262	\$124,682,847
26	1,050	16,671,459	\$14.13	\$235,508,703	70	6,515,727	\$16.78	\$109,329,661	\$126,179,042
27	1,063	16,869,849	\$14.13	\$238,311,256	71	6,593,264	\$16.78	\$110,630,684	\$127,680,572
28	1,075	17,068,913	\$14.13	\$241,123,329	72	6,671,064	\$16.78	\$111,936,126	\$129,187,203
29	1,088	17,268,620	\$14.13	\$243,944,472	73	6,749,116	\$16.78	\$113,245,779	\$130,698,693
30	1,101	17,468,936	\$14.13	\$246,774,228	74	6,827,406	\$16.78	\$114,559,430	\$132,214,798

Fuente: LOGIT

5.3.4. Ahorro en tiempo de viaje

Como puede verse en las columnas de costo del tiempo anual para cada escenario (situación optimizada y situación con proyecto), éstos van creciendo cada año, dicho aumento se debe al crecimiento medio anual de la demanda que se ubica en 1.31%.

Tabla 5.24: Ahorro en tiempo de viaje de los usuarios en el horizonte del proyecto

AÑO	SITUACIÓN OPTIMIZADA		SITUACIÓN CON PROYECTO		AHORRO OPTIMIZADA vs. PROYECTO
	TIEMPO RECORRIDO	COSTO TIEMPO ANUAL	TIEMPO RECORRIDO	COSTO TIEMPO ANUAL	
0	43,409	\$309,014,997	23,985	\$170,741,659	\$138,273,338
1	44,675	\$318,030,197	24,444	\$174,012,580	\$144,017,617
2	45,319	\$322,609,832	24,796	\$176,518,361	\$146,091,470
3	45,967	\$327,223,152	25,151	\$179,042,574	\$148,180,579
4	46,620	\$331,869,721	25,508	\$181,584,978	\$150,284,743
5	47,277	\$336,549,084	25,868	\$184,145,327	\$152,403,758
6	47,939	\$341,260,771	26,230	\$186,723,361	\$154,537,410
7	48,605	\$346,004,296	26,595	\$189,318,816	\$156,685,480
8	49,276	\$350,779,155	26,962	\$191,931,416	\$158,847,740
9	49,951	\$355,584,830	27,331	\$194,560,876	\$161,023,954
10	50,630	\$360,420,784	27,703	\$197,206,904	\$163,213,880
11	51,314	\$365,286,464	28,077	\$199,869,197	\$165,417,267
12	52,001	\$370,181,303	28,453	\$202,547,444	\$167,633,858
13	52,693	\$375,104,714	28,831	\$205,241,325	\$169,863,389
14	53,389	\$380,056,096	29,212	\$207,950,511	\$172,105,585

15	54,088	\$385,034,831	29,595	\$210,674,663	\$174,360,169
16	54,791	\$390,040,284	29,979	\$213,413,433	\$176,626,851
17	55,498	\$395,071,804	30,366	\$216,166,466	\$178,905,337
18	56,208	\$400,128,723	30,755	\$218,933,397	\$181,195,326
19	56,922	\$405,210,357	31,145	\$221,713,851	\$183,496,506
20	57,639	\$410,316,008	31,538	\$224,507,446	\$185,808,562
21	58,360	\$415,444,958	31,932	\$227,313,789	\$188,131,169
22	59,083	\$420,596,476	32,328	\$230,132,480	\$190,463,996
23	59,810	\$425,769,812	32,726	\$232,963,109	\$192,806,703
24	60,540	\$430,964,204	33,125	\$235,805,259	\$195,158,945
25	61,272	\$436,178,871	33,526	\$238,658,503	\$197,520,368
26	62,008	\$441,413,017	33,928	\$241,522,405	\$199,890,612
27	62,746	\$446,665,832	34,332	\$244,396,522	\$202,269,310
28	63,486	\$451,936,489	34,737	\$247,280,401	\$204,656,088
29	64,229	\$457,224,146	35,143	\$250,173,581	\$207,050,565
30	64,974	\$462,527,946	35,551	\$253,075,595	\$209,452,351

Fuente: LOGIT

5.3.5. Ahorro en costos de mantenimiento de los carriles confinados

Tabla 5.25: Ahorro en costos de mantenimiento de los carriles confinados

MANTENIMIENTO EN EL HORIZONTE DEL PROYECTO			
AÑO	S/P	C/P	AHORRO
0	\$4,440,000	\$2,800,012	\$1,639,988
1	\$4,896,000	\$2,800,012	\$2,095,988
2	\$4,896,000	\$2,800,012	\$2,095,988
3	\$4,896,000	\$2,800,012	\$2,095,988
4	\$19,696,000	\$2,800,012	\$16,895,988
5	\$4,896,000	\$2,800,012	\$2,095,988
6	\$4,896,000	\$2,800,012	\$2,095,988
7	\$4,896,000	\$2,800,012	\$2,095,988
8	\$56,696,000	\$3,000,000	\$53,696,000
9	\$4,896,000	\$3,000,000	\$1,896,000
10	\$4,896,000	\$3,000,000	\$1,896,000
11	\$4,896,000	\$3,000,000	\$1,896,000
12	\$19,696,000	\$3,000,000	\$16,696,000
13	\$4,896,000	\$3,000,000	\$1,896,000
14	\$4,896,000	\$3,000,000	\$1,896,000
15	\$4,896,000	\$3,000,000	\$1,896,000
16	\$152,896,000	\$3,200,000	\$149,696,000
17	\$4,896,000	\$3,200,000	\$1,696,000
18	\$4,896,000	\$3,200,000	\$1,696,000
19	\$4,896,000	\$3,200,000	\$1,696,000
20	\$19,696,000	\$3,200,000	\$16,496,000
21	\$4,896,000	\$3,220,000	\$1,676,000
22	\$4,896,000	\$3,230,000	\$1,666,000
23	\$4,896,000	\$3,240,000	\$1,656,000
24	\$56,696,000	\$3,250,000	\$53,446,000
25	\$4,896,000	\$3,250,000	\$1,646,000
26	\$4,896,000	\$3,250,000	\$1,646,000
27	\$4,896,000	\$3,250,000	\$1,646,000
28	\$19,696,000	\$3,250,000	\$16,446,000
29	\$4,896,000	\$3,250,000	\$1,646,000
30	\$4,896,000	\$3,250,000	\$1,646,000

5.4. Evaluación de los costos y beneficios (indicadores de rentabilidad)

El Valor Presente Neto (VPN), la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), como indicadores de rentabilidad, son la base para tomar la decisión de realizar o no un proyecto; pues su cálculo permite determinar el beneficio social neto que la sociedad obtendrá por la realización del mismo. Además de estos indicadores de rentabilidad se incluye la razón Beneficio/Costo (B/C). Para aceptar la realización del proyecto propuesto, el VPN debe ser mayor que cero, la TRI y la TIR mayor que la tasa social de descuento que es de 12% y la razón Beneficio sobre Costo mayor que uno³⁵.

Principales hipótesis

- Cálculos en precios constantes
- Tasa de cambio 1 \$US = 12.50 pesos por dólar
- Tasa de actualización real de 12% sobre los 30 años, para el cálculo de los indicadores de rentabilidad
- 16 horas de operación (6 pico; 10 valle)
- 324 días de operación por año

Tabla 5.26: Flujo de Costos nominales, en el horizonte del Proyecto

AÑO	INVERSIÓN INFRAESTRUCTURA	SISTEMA PREPAGO	INVERSIÓN AUTOBUSES	COSTOS MANTENIMIENTO	REINVERSIÓN VEHICULAR	COSTO DESVÍO MOLESTIAS
0	\$737,132,676					\$10,452,391
1	\$383,470,359	\$22,298,548	\$281,250,000			\$15,678,587
2				\$2,800,012	\$5,625,000	
3				\$2,800,012	\$5,625,000	
4				\$2,800,012	\$5,625,000	
5				\$2,800,012	-\$156,215,000	
6				\$2,800,012	0	
7				\$2,800,012	\$5,625,000	
8				\$3,000,000	\$5,625,000	
9				\$3,000,000	\$5,625,000	
10				\$3,000,000	0	
11				\$3,000,000	\$244,687,500	
12				\$3,000,000	\$10,406,250	
13				\$3,000,000	\$10,406,250	
14				\$3,000,000	\$10,406,250	
15				\$3,000,000	-\$166,537,073	
16				\$3,200,000	\$5,625,000	
17				\$3,200,000	\$10,406,250	
18				\$3,200,000	\$10,406,250	
19				\$3,200,000	\$10,406,250	
20				\$3,200,000	0	
21				\$3,220,000	\$255,796,875	
22				\$3,230,000	\$15,314,063	
23				\$3,240,000	\$15,314,063	
24				\$3,250,000	\$15,314,063	
25				\$3,250,000	-\$169,291,243	
26				\$3,250,000	\$4,781,250	
27				\$3,250,000	\$15,314,063	
28				\$3,250,000	\$15,314,063	
29				\$3,250,000	\$15,314,063	
30				\$3,250,000	\$5,625,000	
TOTAL	\$1,120,603,035	\$22,298,547.79450	\$281,250,000	\$89,240,072	\$212,544,184	\$26,130,978

Fuente: LOGIT

³⁵ Un Valor Presente Neto positivo significa que los flujos de beneficios traídos a valor presente son mayores que los flujos de costo.

Tabla 5.27: Flujo de Beneficios nominales en el horizonte del Proyecto

AÑO	AHORROS OPERACIÓN	AHORROS TIEMPO	AHORRO EN COSTOS DE MANTENIMIENTO DE CARRILES	LIBERACIÓN DE RECURSOS	VALOR DE RESCATE
0					
1					
2	\$92,218,847	\$146,091,470	\$2,095,988	\$54,802,500	
3	\$93,537,576	\$148,180,579	\$2,095,988		
4	\$94,865,810	\$150,284,743	\$2,095,988		
5	\$96,203,418	\$152,403,758	\$16,895,988		
6	\$97,550,266	\$154,537,410	\$2,095,988		
7	\$98,906,214	\$156,685,480	\$2,095,988		
8	\$100,271,120	\$158,847,740	\$2,095,988		
9	\$101,644,834	\$161,023,954	\$53,696,000		
10	\$103,027,204	\$163,213,880	\$1,896,000		
11	\$104,418,071	\$165,417,267	\$1,896,000		
12	\$105,817,273	\$167,633,858	\$1,896,000		
13	\$107,224,643	\$169,863,389	\$16,696,000		
14	\$108,640,009	\$172,105,585	\$1,896,000		
15	\$110,063,193	\$174,360,169	\$1,896,000		
16	\$111,494,014	\$176,626,851	\$1,896,000		
17	\$112,932,287	\$178,905,337	\$149,696,000		
18	\$114,377,820	\$181,195,326	\$1,696,000		
19	\$115,830,419	\$183,496,506	\$1,696,000		
20	\$117,289,882	\$185,808,562	\$1,696,000		
21	\$118,756,005	\$188,131,169	\$16,496,000		
22	\$120,228,580	\$190,463,996	\$1,676,000		
23	\$121,707,391	\$192,806,703	\$1,666,000		
24	\$123,192,221	\$195,158,945	\$1,656,000		
25	\$124,682,847	\$197,520,368	\$53,446,000		
26	\$126,179,042	\$199,890,612	\$1,646,000		
27	\$127,680,572	\$202,269,310	\$1,646,000		
28	\$129,187,203	\$204,656,088	\$1,646,000		
29	\$130,698,693	\$207,050,565	\$16,446,000		
30	\$132,214,798	\$209,452,351	\$1,646,000		\$370,542,361

Fuente: LOGIT

Los ahorros en costos de operación vehicular resultan de una magnitud considerable en la evaluación integral del Corredor de transporte para la ZMP, debido a que en dicha zona hay altos niveles de sobreoferta vehicular³⁶.

³⁶ Sin embargo, un proyecto de transporte es capaz de reducir los costos de operación y mantenimiento de toda la infraestructura si la eliminación de la sobreoferta y la chatarrización de los autobuses es extrema; además tendría que haber capacidad de gestión con un esfuerzo político significativo; pues el costo de operación y mantenimiento de la infraestructura es función del volumen del tráfico y de los tipos de vehículos que las usan.

Tabla 5.28: Flujo de saldos e indicadores en el horizonte del Proyecto

AÑO	BENEFICIOS TOTALES	SALDO	VPN (MDP)	TIR (%)
0	-747,585,068	-747,585,067.669		
1	-702,697,493	-702,697,493.240	-1,374,993,543.7756	
2	286,783,793	286,783,793.182	-1,146,371,259.6697	
3	235,389,131	235,389,130.718	-978,825,925.8745	
4	238,821,529	238,821,528.515	-827,050,526.9909	-22.7%
5	418,918,151	418,918,151.306	-589,345,117.5921	-6.2%
6	251,383,652	251,383,651.760	-461,986,336.2554	-0.4%
7	249,262,670	249,262,670.453	-349,232,562.8632	3.8%
8	252,589,848	252,589,847.836	-247,215,759.7642	6.8%
9	307,739,788	307,739,788.216	-136,241,707.0478	9.5%
10	265,137,084	265,137,083.736	-50,874,662.0571	11.1%
11	24,043,838	24,043,838.366	-43,962,633.0760	11.3%
12	261,940,882	261,940,881.900	23,271,067.1320	12.4%
13	280,377,782	280,377,781.955	87,526,418.2419	13.3%
14	269,235,344	269,235,343.977	142,617,303.8759	14.0%
15	449,856,434	449,856,434.304	224,804,392.5289	14.8%
16	281,191,865	281,191,864.954	270,672,876.8369	15.3%
17	427,927,374	427,927,374.112	332,998,077.2059	15.8%
18	283,662,896	283,662,895.700	369,885,483.8942	16.0%
19	287,416,675	287,416,674.651	403,256,507.6125	16.3%
20	301,594,444	301,594,443.901	434,521,827.9781	16.5%
21	64,366,299	64,366,299.450	440,479,547.6604	16.5%
22	293,824,513	293,824,512.913	464,761,943.0328	16.6%
23	297,626,032	297,626,031.591	486,723,159.4787	16.7%
24	301,443,104	301,443,103.539	506,582,865.1767	16.8%
25	541,690,459	541,690,458.520	538,446,889.0746	17.0%
26	319,684,404	319,684,403.730	555,236,972.7180	17.0%
27	313,031,820	313,031,820.109	569,916,155.3670	17.09%
28	316,925,229	316,925,228.724	583,185,582.6141	17.13%
29	335,631,195	335,631,195.231	595,732,575.7985	17.18%
30	704,980,510	704,980,510.121	619,263,361.6022	17.25%

Fuente: LOGIT

Tabla 5.29: Resumen de los flujos nominales en el horizonte del proyecto

Año	Inversión	Mantto.	Cálculo de Indicadores de Rentabilidad					VPN	TIR (%)
			Beneficios		Suma	Beneficio Neto			
			Nominales	Adicionales					
0	(737,132,676)	(10,452,391)				(747,585,068)			
1	(687,018,906)	(15,678,587)				(702,697,493)	(1,374,993,544)		
2		(8,425,012)	240,406,305	54,802,500	295,208,805	286,783,793	(1,146,371,260)		
3		(8,425,012)	243,814,143		243,814,143	235,389,131	(978,825,926)		
4		(8,425,012)	247,246,541		247,246,541	238,821,529	(827,050,527)	-22.67%	
5		(8,425,012)	265,503,163	161,840,000	427,343,163	418,918,151	(589,345,118)	-6.20%	
6		(2,800,012)	254,183,664		254,183,664	251,383,652	(461,986,336)	-0.37%	
7		(8,425,012)	257,687,682		257,687,682	249,262,670	(349,232,563)	3.77%	
8		(8,625,000)	261,214,848		261,214,848	252,589,848	(247,215,760)	6.80%	
9		(8,625,000)	316,364,788		316,364,788	307,739,788	(136,241,707)	9.46%	
10		(3,000,000)	268,137,084		268,137,084	265,137,084	(50,874,662)	11.13%	
11		(247,687,500)	271,731,338		271,731,338	24,043,838	(43,962,633)	11.25%	
12		(13,406,250)	275,347,132		275,347,132	261,940,882	23,271,067	12.37%	
13		(13,406,250)	293,784,032		293,784,032	280,377,782	87,526,418	13.28%	
14		(13,406,250)	282,641,594		282,641,594	269,235,344	142,617,304	13.96%	
15		(7,781,250)	286,319,361	171,318,323	457,637,684	449,856,434	224,804,393	14.84%	
16		(8,825,000)	290,016,865		290,016,865	281,191,865	270,672,877	15.26%	
17		(13,606,250)	441,533,624		441,533,624	427,927,374	332,998,077	15.77%	
18		13,606,250)	297,269,146		297,269,146	283,662,896	369,885,484	16.04%	
19		(13,606,250)	301,022,925		301,022,925	287,416,675	403,256,508	16.27%	
20		(3,200,000)	304,794,444		304,794,444	301,594,444	434,521,828	16.46%	
21		(259,016,875)	323,383,174		323,383,174	64,366,299	440,479,548	16.49%	
22		(18,544,063)	312,368,575		312,368,575	293,824,513	464,761,943	16.62%	
23		(18,554,063)	316,180,094		316,180,094	297,626,032	486,723,159	16.73%	
24		(18,564,063)	320,007,166		320,007,166	301,443,104	506,582,865	16.83%	
25		(13,782,813)	375,649,215	179,824,056	555,473,271	541,690,459	538,446,889	16.96%	
26		(8,031,250)	327,715,654		327,715,654	319,684,404	555,236,973	17.03%	
27		(18,564,063)	331,595,883		331,595,883	313,031,820	569,916,155	17.09%	
28		(18,564,063)	335,489,291		335,489,291	316,925,229	583,185,583	17.13%	
29		(18,564,063)	354,195,258		354,195,258	335,631,195	595,732,576	17.18%	
30		(8,875,000)	343,313,149	370,542,361	713,855,510	704,980,510	619,263,362	17.25%	

Fuente: LOGIT

En la columna de Inversión de la tabla anterior, los montos, repartidos en el año 0 y el año 1 según el Cronograma de Ejecución de las Obras, representan la inversión en Infraestructura, Adquisición de la flota vehicular (50 unidades) y el Sistema de Prepago.

En la columna de Mantenimiento (Mantto.), en el año 0 y el año 1, los montos representan el costo por desvío de molestias durante la construcción e implementación de las obras. Cabe señalar que aun cuando no representan un costo por mantenimiento de ningún tipo, son costos intangibles que deben contemplarse en el flujo nominal para calcular los indicadores de rentabilidad. A falta de un concepto llamado “costos adicionales”, y para no generar algún tipo de distorsión en el monto de inversión total, se sumó en ésta columna.

En la misma columna de Mantenimiento se presentan los montos de los flujos generados por los costos de mantenimiento de los carriles exclusivos (concreto hidráulico), la reinversión de la flota vehicular en el sistema con proyecto (cada 10 años a partir de la entrada en operación del sistema propuesto) y adquisición de la flota vehicular (por incremento en la demanda) a lo largo de la vida útil del proyecto.

En la columna de los Beneficios (nominales), se contemplan los beneficios derivados por los ahorros en operación, ahorros en tiempo de viaje y ahorros en costos de mantenimiento de los carriles (asfalto). En la columna de Beneficios (adicionales) se contempla la liberación de recursos en el año 2; la reinversión de la flota vehicular del sistema actual de transporte público, en los años 5, 15 y 25; finalmente, el concepto por valor de rescate en el año 30, al final de la vida útil del proyecto.

Tabla 5.30: Indicadores Socio-Económicos

INDICADORES	VALOR
B/C	1.44
VPN	\$619,263,362
TIR	17.25%
TRI	20.14%

Fuente: LOGIT

Con base en estos indicadores, se observa que el proyecto es rentable desde el punto de vista económico y social, pues genera la utilidad necesaria, durante 30 años, en comparación con el monto de la inversión, con una tasa de descuento del 12%. El Valor Presente Neto ($VPN > 0$) es positivo, la Tasa de Rentabilidad Inmediata y la Tasa Interna de Retorno son mayores a la tasa de descuento (20.14%, 17.25% > 12%, respectivamente); y obedece a que los ahorros en tiempo, operación y reposición vehicular son mayores que los costos producto de la inversión a lo largo del tiempo de evaluación.

6. Análisis de sensibilidad y riesgos

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad, a continuación se enlistan estos escenarios en función al grado de impacto sobre los indicadores de rentabilidad:

- (i) Caída/aumento en el costo de mantenimiento de los carriles exclusivos
- (ii) Caída/aumento en el costo de inversión en infraestructura
- (iii) Disminución/incremento en los ahorros totales
- (iv) Disminución/incremento sobre los niveles de demanda

Caída/aumento en el costo de mantenimiento de los carriles exclusivos

En el transcurso de operación del proyecto se consideró un costo del material para el mantenimiento normal anual de los carriles exclusivos. Dicho costo pueden incrementarse debido al aumento en el precio de los insumos prioritarios, condiciones físicas del clima y el uso que se le dé a la vialidad. Por tales motivos puede darse el caso de un aumento de hasta el 40% en los costos de mantenimiento; bajo tales circunstancias, los indicadores de rentabilidad caen relativamente poco con respecto a los indicadores del escenario base, como se puede apreciar en la siguiente tabla (columnas a la derecha del escenario base).

Tabla 6.1: Análisis de sensibilidad de los indicadores de rentabilidad ante cambios en el costo de mantenimiento

INDICADORES	CAÍDA			COSTO DE MANTENIMIENTO			AUMENTO		
	-40%	-30%	-20%	-10%	ESCENARIO BASE	10%	20%	30%	40%
B/C	1.45	1.45	1.45	1.45	1.44	1.44	1.44	1.44	1.43
VPN	627,673,693	625,571,110	623,468,527	621,365,944	619,263,362	617,160,779	615,058,196	612,955,613	610,853,030
TIR	17.32%	17.30%	17.28%	17.27%	17.25%	17.23%	17.21%	17.20%	17.18%
COSTO MTTO.	\$53,544,043	\$62,468,050	\$71,392,058	\$80,316,065	\$89,240,072	\$98,164,079	\$107,088,086	\$116,012,094	\$124,936,101

Fuente: LOGIT

Aunque es menos probable, se considera el caso de una caída en los costos de mantenimiento de los carriles exclusivos, como resultado de un buen cuidado y mantenimiento de los carriles, condiciones climáticas no tan drásticas, etcétera. Como puede verse en la tabla anterior, en este escenario los indicadores de rentabilidad tampoco se modifican sustancialmente con respecto al escenario base (columnas a las izquierda del escenario base).

Considerando un caso extremo donde el costo de mantenimiento de los carriles exclusivos durante toda la vida útil del proyecto aumente un 100% sobre el costo estimado para el escenario base, los indicadores de rentabilidad siguen estando por arriba de sus niveles mínimos, donde el Valor Presente Neto es positivo y la TIR está por arriba de la tasa de descuento que es igual a 12%.

Tabla 6.2: Análisis de sensibilidad de los indicadores de rentabilidad ante un incremento del 100% sobre el costo de mantenimiento

B/C	1.42
VPN	\$598,237,534
TIR	17.08%

Fuente: LOGIT

Caída/aumento en el costo de inversión en infraestructura

El monto de la inversión total en infraestructura puede elevarse por el incremento en los precios de los insumos primarios. Dichos costos pueden elevarse hasta un 40% del valor consensado para este análisis, se aplicó este

crecimiento a los dos periodos previstos para la construcción e implantación del sistema de transporte público propuesto. El impacto de éste aumento en el costo de inversión en infraestructura sobre los indicadores de rentabilidad (VPN, TIR, TRI) se presenta en la siguiente tabla, en la que puede verse que dichos indicadores muestran una menor rentabilidad del proyecto en comparación con el escenario base, y sin embargo siguen mostrando signos positivos que sugieren la realización del proyecto (columnas a la derecha del escenario base).

Tabla 6.3: Análisis de sensibilidad de los indicadores de rentabilidad ante cambios en los montos de inversión en infraestructura

INDICADORES	CAÍDA				COSTO DE INVERSIÓN			AUMENTO	
	-40%	-30%	-20%	-10%	ESCENARIO BASE	10%	20%	30%	40%
B/C	2.09	1.88	1.71	1.56	1.44	1.34	1.25	1.17	1.10
VPN	1,051,070,132	943,118,439	835,166,747	727,215,054	619,263,362	511,311,669	403,359,977	295,408,284	187,456,592
TIR	24.55%	22.19%	20.25%	17.25%	17.25%	16.05%	15.00%	14.08%	13.25%
COSTO DE INVERSIÓN	\$672,361,821	\$784,422,125	\$896,482,428	1,008,542,732	\$1,120,603,035	\$1,232,663,339	\$1,344,723,642	1,456,783,945.50	\$1,568,844,249

Fuente: LOGIT

Un escenario menos probable es la caída de hasta un 40% en los costos de inversión inicial total, última columna a la izquierda del escenario base. En este caso, los indicadores de rentabilidad muestran un escenario muy optimista en el que los indicadores de rentabilidad están por arriba de sus niveles aceptables.

Manteniendo todas las demás variables constantes, un **aumento** de alrededor **del 57%** sobre el monto de inversión inicial total de la infraestructura es lo más que pueden soportar los indicadores de rentabilidad para estar en sus niveles críticos de aceptabilidad, es decir, cuando el Valor Presente Neto es igual a cero (**VPN=0**) y la TIR igual a 12% (**TIR=12%**).

Disminución/incremento en los ahorros totales

Tomando en cuenta que los ahorros son producto de los saldos de los costos de operación y de tiempo monetizado, en los escenarios con proyecto y sin proyecto, la caída en los ahorros puede deberse al incremento en los costos de operación por kilómetro o incluso por aumentos de longitudes recorridas producto de la no renovación vehicular. Dicha disminución de los ahorros puede alcanzar hasta un 40% con respecto al escenario base. En la tabla 6.4 se puede ver que los indicadores de rentabilidad caen por debajo de sus niveles críticos, última columna a la izquierda del escenario base.

Tabla 6.4: Análisis de sensibilidad de los indicadores de rentabilidad ante cambios en los ahorros

INDICADORES	DISMINUCIÓN				AHORRO		INCREMENTO		
	-40%	-30%	-20%	-10%	ESCENARIO BASE	10%	20%	30%	40%
B/C	0.86	1.00	1.14	1.28	1.44	1.59	1.73	1.88	2.02
VPN	-203,948,592	-2,234,696	199,479,200	401,193,096	619,263,362	820,977,258	1,022,691,154	1,224,405,050	1,426,118,946
TIR	10.09%	11.98%	13.77%	15.48%	17.25%	18.85%	20.42%	21.95%	23.46%

Fuente: LOGIT

Un incremento en los ahorros de hasta un 40% puede resultar de optimizar la frecuencia de recorrido de los vehículos en función a la demanda en horas pico y horas valle, una disminución en los tiempos de viaje de los usuarios, un mayor número de usuarios beneficiados con el proyecto, etcétera. En este caso, los indicadores de rentabilidad están muy por arriba de sus niveles mínimos aceptables, última columna ubicado a la derecha del escenario base. En este último escenario, los flujos de costos-beneficios traídos a Valor Presente, alcanzan un monto de mil trecientos setenta y siete millones de pesos que es mayor al monto de inversión inicial en infraestructura.

Considerando todo lo demás constante, una **caída** poco **mayor al 30%** en los ahorros, a partir de su nivel base, **genera** un Valor Presente Neto igual a cero y una TIR igual a 12% (**VPN=0, TIR=12%**).

Escenario de estrés de la Demanda (bajo condiciones de crisis)

Bajo un escenario de estrés de la demanda, que implica evaluar la demanda considerando impactos negativos de considerable magnitud en el nivel de sus factores de riesgo como son: la dinámica demográfica, el ritmo de crecimiento económico, el crecimiento del parque vehicular y la movilidad de personas, entre otras. Para tal fin, en la siguiente tabla se presentan los escenarios de crisis sobre los niveles de demanda y su impacto en los indicadores de rentabilidad (columnas a la izquierda del escenario base).

Tabla 6.5: Impacto de una disminución-aumento de la demanda sobre los indicadores de rentabilidad

INDICADORES	DISMINUCIÓN				DEMANDA	INCREMENTO			
	-40%	-30%	-20%	-10%	ESCENARIO BASE	10%	20%	30%	40%
B/C	1.05	1.15	1.25	1.35	1.44	1.54	1.64	1.74	1.84
VPN	72,135,549	208,917,502	345,699,455	482,481,408	619,263,362	756,045,315	892,827,268	1,029,609,221	1,166,391,174
TIR	12.65%	13.84%	15.00%	16.14%	17.25%	18.34%	19.41%	20.46%	21.50%
DEMANDA	64,655	75,431	896,482,428	96,982	107,758	118,534	129,309	140,085	150,861

Fuente: LOGIT

Dado un escenario en condiciones de crisis que afecte negativamente la demanda estimada para el Metrobús Puebla, como resultado de condiciones económicas adversas que reduzca los niveles de actividad económica e incremente considerablemente las tasas de desempleo y, por ende los niveles de ingreso, cuyo resultado genere una caída en los niveles de demanda por transporte público de hasta 40%; bajo este escenario, los indicadores de rentabilidad son positivos; es decir, el Valor Presente Neto es mayor que cero y la Tasa Interna de Retorno es mayor que la tasa social de descuento (12.65% > 12%, respectivamente).

Caso contrario, donde los niveles de demanda por transporte público pueden incrementar debido a una mayor actividad económica en el País y en el Estado, producto de un mayor dinamismo económico mundial, así como por políticas públicas que incentiven el uso del transporte público. En este escenario, donde los niveles de demanda pueden incrementarse hasta en un 40%, los indicadores de rentabilidad estarían muy por arriba de sus niveles mínimos de aceptabilidad para la realización del proyecto propuesto, tan es así que el monto de los beneficios totales traídos a Valor Presente Neto (que es igual a mil ciento cuarenta y tres millones de pesos) es apenas mayor al monto de inversión inicial total en infraestructura. Resulta conveniente destacar que los resultados de la tabla 6.5, partieron de considerar constante la Tasa Media de Crecimiento Anual de la demanda.

Una **caída** de alrededor del **45%** en los niveles de demanda base, que se traducen en una disminución de hasta 59,051 mil viajes sobre la base de 107, 758 viajes diarios, genera un Valor Presente Neto igual a cero y una TIR igual a 12% (**VPN=0, TIR=12%**).

Considerando el monto de infraestructura, material rodante y sistema de prepago, el escenario de sensibilidad es el que se presenta en la siguiente tabla.

INDICADORES	CAÍDA				COSTO DE INVERSIÓN	AUMENTO			
	-40%	-30%	-20%	-10%	ESCENARIO BASE	10%	20%	30%	40%
B/C	2.35	2.03	1.79	1.56	1.44	1.32	1.21	1.12	1.04
VPN	1,159,480,327	1,024,426,086	889,371,844	727,215,054	619,263,362	484,209,120	349,154,879	214,100,637	79,046,396
TIR	27.24%	23.80%	21.13%	18.63%	17.25%	15.78%	14.53%	13.45%	12.50%
TRI	33.56%	28.77%	25.17%	20.21%	18.62%	18.31%	16.78%	15.49%	14.38%

Manteniendo las demás variables constantes, un aumento de hasta el 45.85% del costo de inversión los indicadores de rentabilidad socioeconómica llegan a sus niveles críticos.

Estimación de la elasticidad de la demanda

Elasticidad directa (elasticidad tarifa): la elasticidad precio (tarifa) mide el cambio en la demanda por viajes en transporte público con respecto a un cambio en su tarifa.

Características de la elasticidad precio/tarifa en el transporte público

En muchos estudios empíricos se ha encontrado que la demanda por transporte masivo es muy inelástica, sobretodo en el **corto plazo (entre -0.1 y -0.4)** pues para un amplio segmento de la población, el transporte público masivo es la única forma factible de desplazarse hacia sus centros de trabajo, escuela o actividades en las grandes urbes. En el **largo plazo la elasticidad es mayor a -0.5** ya que otros factores determinantes de la elasticidad suelen variar. La gente puede cambiar de trabajo o de lugar de residencia, u otros operadores surgir en la escena.

Para el caso de Puebla, tomando como base las encuestas Origen-Destino, de Preferencia Declarada y de Preferencia revelada, que muestran que más del 60% de la población no cuenta con vehículos, por lo que la forma más factible de desplazarse es el transporte público ya que alrededor del 70% de la población consume un tiempo de viaje mayor a 16 minutos para trasladarse de su lugar de origen a su lugar de destino, y cuyo principal motivo de viajes es el trabajo (30%) y la escuela (15%); la estimación de la elasticidad de la demanda por transporte público ante un cambio en la tarifa, como una primera aproximación, es igual a **-0.3**, por lo que es posible incrementar la tarifa, con la finalidad de incrementar los ingresos, pues la caída en la demanda es porcentualmente menor que el incremento porcentual en la tarifa (ir al anexo del presente documento para profundizar sobre la estimación de la elasticidad de la demanda).

Sin embargo, el incremento en la tarifa para incrementar los ingresos no es algo deseable socialmente, ni benéfico para el para el proyecto mismo; pues un incremento en la tarifa implica necesariamente una caída en la demanda, aun cuando la estimación de la elasticidad resultó ser inelástica. Lo peor es que un alza en las tarifas de transporte público genera, en la mayoría de los casos, un cambio modal, específicamente un cambio hacia el transporte privado.

Como puede verse en la siguiente tabla, un incremento en la tarifa provoca una caída en la demanda por viajes en transporte público. El ejercicio que se plantea en la siguiente tabla es que aumentando un peso la tarifa, es decir un 16.67 por ciento, sobre la tarifa vigente en la Zona Metropolitana de Puebla, la caída en la demanda para el escenario esperado es de 5736 viajes diarios sobre los 107, 758 estimados para el proyecto. Según este escenario, conforme aumente la tarifa del transporte público, y tomando en cuenta que hay un máximo de tarifa que los usuarios del transporte público están dispuestos a pagar, la caída en la demanda será mayor, provocando un cambio modal hacia cualquier modo de transporte motorizado que en el corto, mediano o largo plazo generará un círculo vicioso poco deseable, donde en número de vehículos particulares aumentará y por ende la contaminación al medio ambiente también.

Tabla 6.6: Elasticidad de la demanda

	TARIFA	AUMENTO (TARIFA)	CAMBIO %
ACTUAL	\$6.00		
INCREMENTO DE UN PESO	\$7.00	\$1.00	16.67%

	DEMANDA (DIARIA)					
	ESCENARIO					
	PESIMISTA	CAÍDA	CAMBIO %	ESPERADO	CAÍDA	CAMBIO %
DEMANDA ESTIMADA	107,758			107,758		
DEMANDA (APLICANDO ELASTICIDAD)	101,314	6,444	-5.98%	102,022	5,736	-5.32%

Fuente: LOGIT

Riesgos asociados a la ejecución del proyecto

Los riesgos asociados a la ejecución del proyecto se vinculan con la intervención de los distintos actores que participan en él, desde su ejecución hasta la puesta en operación del nuevo sistema de transporte público, así como a factores exógenos. Dichos riesgos se pueden caracterizar de la siguiente manera:

e) Elementos que pueden encarecer y/o dificultar la construcción y equipamiento del corredor de transporte planeado para el Centro Metropolitano son:

- Líneas de alta tensión, las cuales corren a lo largo de un tramo de la Diagonal Defensores de la República, por lo que ha sido necesario negociar con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para considerar la modificación de las líneas o en algunos puntos se levante la catenaria.
- La autorización del derecho de vía del FFCC (FERROSUR), el cual corre paralelamente al corredor en 6.2 km a partir de la Avenida Tecnológico hasta la Colonia Santa Margarita, la cual está en proceso de liberación, con el propósito de construir la infraestructura del corredor (sembrado de las estaciones, construcción de puentes sobre barrancas, pasos peatonales y puente vehicular elevado). A la fecha, los directivos de FERROSUR están de acuerdo en compartir el derecho de vía, siempre que se respete la ejecución del proyecto tal cual se presenta en el Proyecto Ejecutivo; solo se está en espera de la autorización por escrito por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes Federal (SCT).

f) Elementos de riesgo asociados con la implementación y/o participación del primer corredor desde el punto de vista de la organización de los concesionarios:

- De acuerdo al trazo del primer corredor troncal se requiere la participación de 13 rutas de transporte directamente involucradas. A la fecha, el Gobierno del Estado de Puebla se encuentra en proceso de negociación con ellas. Los logros y alcances resultado de las reuniones que se han tenido entre el Gobierno y los concesionarios se reflejan en las firmas de oficios en los que los concesionarios de las rutas que estarían participando en el proyecto, están de acuerdo en conocer el proyecto propuesto para posteriormente dar su consentimiento formal para participar activamente en la realización, ejecución y operación del mismo. En este sentido, a la fecha el proceso de negociación puede considerarse a favor de la implementación del proyecto del primer Corredor troncal de la Zona Metropolitana de Puebla.

g) Elementos de riesgo asociados con la anuencia de los 3 municipios que participarán directamente en el proyecto propuesto:

- Partiendo del hecho de que los municipios de San Andrés Cholula, Puebla y Amozoc están gobernados por el mismo partido político, la posibilidad de un desacuerdo entre estos Municipios para la no realización del proyecto es mínima. Además, el impulsor del presente proyecto, el Gobierno del Estado, también pertenece al mismo partido político. En este sentido, la probabilidad de riesgo de la no implementación y operación del proyecto del primer corredor troncal de la Zona Metropolitana de Puebla es baja.

Con respecto a los riesgos asociados al proyecto se puede abundar en lo siguiente:

- **Participación de los concesionarios:**

Los concesionarios participantes en el proyecto, han firmado cartas de intención desde un inicio y se ha elevado el compromiso a un convenio de colaboración, donde la autoridad se obliga al otorgamiento exclusivo de una concesión a la sociedad anónima a ser constituida por ellos. Por su parte, los concesionarios se ven obligados precisamente a la constitución de dicha sociedad mercantil. En caso de que alguno no esté convencido, se tiene contemplado que se podrán realizar permutas de concesiones. Esto significa poder rediseñar su derrotero hacia alguna otra área hoy desatendida o similar, siempre y cuando no genere competencia con el corredor. Así mismo, existe la apertura entre ellos para poder vender sus concesiones con la previa autorización de la Secretaría.

- **Participación de los municipios involucrados:**

Recién iniciada la administración actual, se firmó un convenio de colaboración entre el Gobierno del Estado y los 217 Municipios del Estado. Dicho Convenio Marco establece la posibilidad de suscripción de convenios adicionales entre las Secretarías y los Municipios con los que se desarrollen proyectos. En ese sentido, la Secretaría de Transportes a través de su titular, firmó un acuerdo de colaboración con los tres Municipios involucrados, mismo que se anexa. Adicionalmente, la composición política-partidista de los tres al emanar del mismo gobierno de coalición garantiza la estabilidad necesaria para lo conducente.

- **Inclusión de Rutas alimentadoras:**

El éxito del Proyecto se sustenta en la posibilidad de transportar un número creciente de pasajeros. Algunas de las rutas involucradas son ya rutas foráneas o que alimentan el eje troncal. Éstas dejarán de prestar el servicio sobre el derrotero propuesto, pero mantendrán su trayectoria complementaria fuera del mismo. La posibilidad de la instalación de mecanismos de cobro electrónico vía prepago, garantizará su inclusión formal como alimentadoras gozando del beneficio de una tarifa integrada por trasbordo. Esto generará incentivos para la atracción de más pasajeros al sistema. El proyecto contempla este objetivo, una vez concretado el primer paso de la puesta en marcha del corredor inicial.

- **Desarrollo tecnológico presente y hacia el futuro:**

Se ha tenido el cuidado de conocer los avances tecnológicos en materia de recaudo y telemática con la asesoría del ITDP y del CTS, ONG's que comparten la filosofía del establecimiento de sistemas de transporte eficientes para el futuro que conlleven a menores emisiones de contaminantes. Gracias a su participación, se han conocido diversos avances, marcas, diseños y opciones de tecnología. La licitación respectiva cuidará que el “mapping” del sistema sea propiedad del promotor del Proyecto y se maneje dentro del centro de control operacional. Se tendrá especial cuidado en que los sistemas de prepago sean compatibles con futuros ejes a establecer.

- **Convivencia ferroviaria:**

Ferrosur, S.A. de C.V. como concesionaria del tramo en convivencia y el Gobierno del Estado de Puebla, han signado un convenio donde acuerdan las partes coadyuvar en la realización del proyecto, y para ello, han realizado conjuntamente un proyecto constructivo de máxima seguridad que evitará los cruces a nivel. En contraprestación, el GEP a través de actos de gobierno y acciones constructivas posteriores, ayudará a clausurar cruces clandestinos ubicados sobre otros cadenamamientos de la concesionaria.

- **Cambios sexenales (riesgos políticos):**

A través de la emisión de los acuerdos en el Diario Oficial del Estado de Puebla, se han publicado tanto la creación del Sistema como la introducción del primer eje troncal como obras de utilidad pública. Este marco, y la creación del área encargada del seguimiento de la concesión y operación del sistema, garantizarán la operación clara y permanente a través del fideicomiso que para esta operación también se crea. Adicionalmente los plazos de otorgamiento de la concesión (ilimitada sujeta a estándares de calidad de

servicio) y de los contratos de operación a largo plazo, garantizan que la prestación de los servicios y su administración esté garantizada sin importar cambios sexenales.

- **Riesgos cambiarios:**

El total de las inversiones a realizar son en moneda nacional. Sólo en el caso de la adquisición de vehículos importados, existe la posibilidad de que el precio de referencia se denomine para efectos de cotización en dólares americanos. Sin embargo los contratos de adquisición de los equipos se realizarán en moneda nacional. De ahí que no se prevea un riesgo hacia la puesta en marcha del proyecto.

7. Conclusiones

Los resultados de la evaluación económico-social indican que el proyecto es rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debido a ahorros en el tiempo de recorrido de viaje para los usuarios y ahorros en costos de operación, los cuales son superiores a los costos de inversión y conservación necesarios a lo largo de la vida útil del proyecto.

Con la construcción de los carriles confinados se espera que mejoren las condiciones de circulación del tránsito local y en mayor medida del tránsito de largo itinerario; también se estimulará el desarrollo económico de la región, al contar con una comunicación de mejores características que eleve la seguridad y permita hacer más eficiente el transporte público urbano.

En síntesis, con la construcción del corredor público de transporte de la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla, la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.
- Reducción en los tiempos de recorrido.
- Reducción en los costos de operación en los diferentes tipos de vehículo.
- Se Agilizará el tránsito local de la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla.
- La operación de los vehículos del transporte público será más segura, reduciendo significativamente la posibilidad de accidentes³⁷.

El rendimiento social se expresa en:

- La reducción del tiempo de desplazamiento.
- Una menor tarifa. En este sentido, la tarifa integrada baja el costo para el usuario, ya que el 43% de los pasajeros realiza trasbordos.
- Una disminución de la accidentalidad.
- Una mejor organización del transporte en la ZMP.
- Una menor contaminación.
- Un mejor consumo de energía.
- Una disminución de ruido (los buses articulados producen un ruido de 30 a 50 db, frente a 70 db de los buses viejos).
- La mejor convivencia ciudadana (los estratos sociales conviven en este sistema).
- Un mejor espacio urbano.

Estos beneficios terminan expresándose en un aumento de la productividad del trabajo en la ZMP, ya que el tiempo es una de las variables que entran como insumo en una función de producción.

Por todo lo anterior, se recomienda la construcción del corredor de transporte público urbano con los alcances planteados en este informe.

³⁷ Con la implementación del corredor de transporte público para la ZMP, la probabilidad de ocurrencia de accidentes relacionados con el transporte público tenderá a reducir como consecuencia de la disminución en el tamaño del parque vehicular de este modo de transporte.

Anexo 1. Periódicos Oficiales del Estado

- **ACUERDO del Secretario de Transportes del Estado de Puebla, por el que implementa el Sistema de Transporte Público Masivo, denominado Corredor de Transporte Público de Pasajeros de la Zona Metropolitana de Puebla.**
H. Puebla de Z., Lunes 25 de Abril de 2011

- **ACUERDO del Secretario de Transportes del Estado de Puebla, por el que se aprueba el establecimiento del Primer Corredor Troncal de Transporte Público de la Zona Metropolitana de Puebla.**
H. Puebla de Z., Miércoles 27 de Abril de 2011

Anexo 2. Resolutivo de Impacto Ambiental

- **Resolutivo de Impacto Ambiental del Proyecto “Preparación, Construcción y Operación del Corredor BRT Chachapa – Tlaxcalancingo, Paraderos y Terminales” para la Introducción del Sistema de Movilidad Urbano Sustentable. Oficio No: SSAOTIA 01.601.4-11/0093. Expediente: DEPIA-072/11.H.**

Anexo 3. Oficios de solicitud de permisos, autorizaciones y licencias para ejecución de obra.

- **Oficio SPD 041/2011 dirigido a la Gerencia de Operación y Mantenimiento de MaxiGas Natural**
H. Puebla de Z., 12 de Abril de 2011
- **Oficio SPD 042/2011 dirigido al Departamento de Planeación Zona Poniente de la Comisión Federal de Electricidad**
H. Puebla de Z., 13 de Abril de 2011
- **Oficio SPD 043/2011 dirigido a la Sría. de Desarrollo Urbano y Ecología de San Andrés Cholula**
H. Puebla de Z., 13 de Abril de 2011
- **Oficio SPD 044/2011 dirigido a la Dirección de Obra del Ayuntamiento de Amozoc**
H. Puebla de Z., 13 de Abril de 2011
- **Oficio SPD 045/2011 dirigido a la Delegación Federal de la Secretaría de Medio Ambiente**
H. Puebla de Z., 13 de Abril de 2011
- **Oficio SPD 046/2011 dirigido a la Sría. de Gestión Urbana y Obra Pública del Municipio de Puebla**
H. Puebla de Z., 13 de Abril de 2011
- **Oficio 00837 dirigido a la Secretaría de Gestión Urbana y Obra Pública del Municipio de Puebla**
H. Puebla de Z., 19 de Abril de 2011
- **Oficio DIRPROY-2011/377 dirigido a la Dirección en Puebla de la Comisión Nacional del Agua**
H. Puebla de Z., 20 de Abril de 2011

Anexo 4. Minuta de trabajo Centro SCT Puebla.

- **Minuta de trabajo firmada en la Dirección de Carreteras Federales del Centro SCT en Puebla, a fin de conjuntar acciones para la revisión y propuesta de alternativas que permitan la alimentación de la terminal Norte de CENTRAN Chachapa para el sistema BRT.**
H. Puebla de Z., 11 de Agosto de 2011

Anexo 5. Carta Intención firmada por la Secretaría de Transportes y FERROSUR.

- **Carta de intención que celebran el Estado de Puebla, por conducto de su Secretaría de Transportes, y por la otra parte, Ferrosur S.A. de C.V., con objeto de establecer los acuerdos que regirán la construcción del Corredor Metropolitano de Puebla en parte del Derecho de Vía de la línea ferroviaria VB que tiene otorgada Ferrosur en concesión.**
H. Puebla de Z., 15 de Agosto de 2011

Anexo 6. Análisis de sensibilidad de la demanda.

La demanda de viajes en la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla

La demanda de viajes en la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla depende entre otras variables de la dinámica demográfica, el ritmo de crecimiento económico, el crecimiento del parque vehicular y la movilidad de personas. Por ejemplo, se estima que mientras más alta sea la dinámica demográfica y el ritmo de crecimiento económico, mayor será la demanda por viajes. Sin embargo, bajo condiciones de crisis, las variables anteriormente mencionadas pueden afectar negativamente la demanda por viajes y, por tanto, su tasa de crecimiento media anual. Bajo dicho escenario, la rentabilidad social como financiera podrían afectarse negativamente, en este sentido resulta imprescindible plantear escenarios de estrés de la tasa de crecimiento medial anual de la demanda en función del impacto en el nivel de los factores de riesgo, antes mencionados.

Estrés de la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de la demanda

Con el fin de evaluar márgenes de variación posible de la demanda se plantea un análisis de sensibilidad, modificando los valores iniciales de los componentes más significativos de la demanda (dinámica demográfica, ritmo de crecimiento económico, crecimiento del parque vehicular y movilidad de personas) para estimar el comportamiento de cada una de las variables bajo escenarios de estrés.

Escenarios de estrés, en función de la situación a considerar:

Escenarios extremos estilizados: cambios moderados en los diversos factores de riesgo, tales como la dinámica demográfica, el ritmo de crecimiento económico, el crecimiento del parque vehicular y la movilidad de personas.

Cambios moderados en la dinámica demográfica

Tabla 1: Tasa de crecimiento poblacional, Puebla y Nacional, para los años 2001 a 2009

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL		
Año	Puebla	Nacional
2001	1.21	1.21
2002	1.15	1.16
2003	1.09	1.11
2004	1.04	1.06
2005	1.11	0.89
2006	1.09	0.89
2007	1.05	0.85
2008	1.01	0.82
2009	0.97	0.8

Fuente: Consejo Nacional de Población

Como se puede observar en la tabla anterior, la tasa de crecimiento poblacional para el estado de Puebla es menor conforme transcurre en tiempo, esto es cierto considerando la tasa de crecimiento poblacional de 2005 a 2009. Esta caída en la tasa de crecimiento poblacional impacta de manera negativa la demanda por viajes en general y en particular para el transporte público. Por lo tanto, la tasa de crecimiento media anual de la demanda para el proyecto propuesto de transporte público (BRT) es conservadora, en promedio 1.31% a lo largo de la vida útil del proyecto, si se observa que desde el año 2005 la tasa de crecimiento poblacional en Puebla es mayor que el promedio Nacional.

El ritmo de crecimiento económico

La tasa de crecimiento del PIB de Puebla, ha estado por arriba del promedio de la tasa de crecimiento del PIB nacional; sin embargo, dicha tasa de crecimiento real ha llegado a ser tan baja que en el año 2002 la tasa de crecimiento del PIB de Puebla fue negativa, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2: Tasa de crecimiento del PIB nacional y de Puebla

PUEBLA Y NACIONAL						
(Miles de pesos)						
1998 - 2006						
	PIB Precios Corrientes	PIB Precios Constantes	PIB Precios Corrientes	PIB Precios Constantes	Crecimiento Real	
	Puebla		Nacional		Puebla	Nacional
1998	129,119,652	45,899,365	3,517,781,860	1,334,586,475		
1999	163,274,576	49,733,852	4,206,742,894	1,384,674,491	8.35	3.75
2000	187,412,866	51,878,101	4,983,517,681	1,475,927,095	4.31	6.59
2001	198,867,176	52,440,757	5,269,653,640	1,475,438,954	1.08	-0.03
2002	209,142,847	51,789,486	5,734,645,816	1,486,792,334	-1.24	0.77
2003 p/	229,458,535	53,368,545	6,245,546,945	1,507,449,991	3.05	1.39
2004 p/	247,502,771	53,612,134	6,964,058,586	1,570,126,305	0.46	4.16
2005 p/	273,253,053	57,077,362	7,466,437,979	1,613,526,995	6.46	2.76
2006 p/	301,185,835	60,242,264	8,191,341,266	1,691,168,729	5.54	4.81

Fuente: INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales de México

Como puede observarse en la tabla anterior, la tasa de crecimiento real del PIB del Estado de Puebla está directamente correlacionado con las condiciones económicas del país y de los mercados internacionales; pues ante movimientos desfavorables de las condiciones macroeconómicas, tanto nacionales como extranjeras, afectan negativamente la tasa de crecimiento del PIB del Estado de Puebla y, por tanto, la tasa de desempleo; la cual tiende a incrementarse y con él la demanda por viajes en general y en particular en transporte público.

El crecimiento del parque vehicular

El crecimiento del parque vehicular, es una variable clave para determinar la demanda por viajes en transporte público, como puede verse en la siguiente tabla, la tasa de crecimiento del parque vehicular ha sido cada vez mayor en el Estado de Puebla y sus municipios. Esto implica que un porcentaje cada vez mayor hace viajes en transporte privado, reduciendo la demanda por viajes en transporte público e impactando negativamente la tasa de crecimiento de la demanda por este último modo de transporte. Cabe destacar que un caso particular de Puebla y su Zona conurbada es que la tasa de motorización ha incrementado en los últimos años; sin embargo esto no ha implicado una reducción considerable en la demanda por viajes en transporte público, pues ello responde a que hay una concentración de vehículos particulares en menos del 50% de la población, pues mientras la gran mayoría de las familias no cuenta con ningún vehículo en casa, otras familias tienen más de 2 vehículos a su disposición.

Tabla 3: Vehículos de motor, registrado en circulación en el Estado de Puebla

Año	Total	Automóviles	Camiones para pasajeros	Motocicletas
1980	196,445	123,357	2,816	13,625
1981	228,030	142,788	2,918	14,263
1982	239,249	150,399	2,960	14,894
1983	275,423	173,131	3,388	17,131
1984	284,043	178,390	3,589	17,003
1985	295,252	186,774	3,757	14,132
1986	303,042	192,749	3,890	12,009
1987	294,383	189,161	3,782	11,313
1988	306,984	196,668	3,913	11,209
1989	332,950	214,089	4,065	11,192
1990	355,022	228,538	4,113	11,079
1991	389,966	251,390	4,523	11,632
1992	409,070	262,294	4,167	11,283
1993	331,840	217,211	1,266	803
1994	532,952	327,724	7,588	1,510
1995	386,052	248,138	3,846	2,180
1996	402,092	260,723	3,922	3,165
1997	431,931	277,914	4,605	3,981

1998	427,038	273,802	5,086	4,617
1999	448,769	288,387	5,388	4,698
2000	523,127	330,517	5,957	5,825
2001	581,218	364,471	7,024	6,789
2002	604,097	372,952	7,465	8,133
2003	624,306	384,334	7,964	8,495
2004	703,813	428,082	8,352	10,972
2005	751,523	454,878	8,387	12,974
2006	863,728	524,913	8,885	17,365
2007	970,154	592,917	9,117	21,183
2008	1,065,016	650,954	9,121	25,048
2009	1,138,679	695,365	9,237	27,961

Fuente: INEGI

La movilidad de personas

En general, en el Estado de Puebla las políticas públicas en materia de movilidad no se han diseñado instrumentos y medidas efectivas para favorecer al transporte público. Por el contrario, las soluciones viales que se han construido para mejorar la circulación, se han diseñado pensando más en el flujo de automóviles. Las experiencias en diversas partes del mundo indican que el transporte privado (automóvil) ha ganado terreno al transporte público. De allí que el objetivo de una mayor participación del transporte público en los viajes cotidianos en el Área Metropolitana de Puebla es un objetivo deseable pero no fácil de alcanzar.

Prospectiva

La preferencia de viaje entre el transporte público y el privado es el indicador para medir el impacto de las políticas del transporte, para la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla se observa una tendencia decreciente en términos absolutos de las preferencias de viajes en transporte público.

En resumen, se observa un crecimiento en el total de viajes, producto principalmente del comportamiento de las variables o factores claves mencionados anteriormente. Sin embargo la tasa de crecimiento en la preferencia modal para el transporte público apunta a concluir que los nuevos excedentes en cuanto a total de viajes, están inclinándose por transportarse en modos privados, tendencia que debe revertirse. Por lo tanto, se considera una tasa de crecimiento media anual de la demanda de 1.31%, tasa de crecimiento conservadora.

Tabla 4: Tasa de crecimiento media anual de la demanda, con sus respectivos indicadores de rentabilidad

PROMEDIO TCMA		1.31%
B/C		1.44
VPN		619,263,362
TIR		17.25%
TRI		20.14%

Fuente: LOGIT

Escenarios extremos históricos: se valorará la Tasa de Crecimiento Media Anual de la demanda por transporte público para la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla, tomando en cuenta la TCMA real de otros BRT's.

Tabla 5: Comportamiento de la demanda en los distintos ejemplos de BRTS en América

NOMBRE	CIUDAD	INICIO DE OPERACIÓN	CORREDORES	DEMANDA INICIAL	ACTUAL	DEMANDA 2009	TIEMPO EN OPERACIÓN (AÑOS)	TCMA
CURITIBA	BRASIL	1974	1	54,000	5	2.26 MILLONES	37	1.1
(METROBUS Q)	ECUADOR QUITO	1995	1	459,000	3	595,000	16	0.25
1.El Trole		2001	1					
2.Ecovia		2004	1					
3.Corr.Central Nte								
Transmilenio	Bogota, Colombia	2000-2002		676,140		1,599,718	11	0.12
		2003-2006						
		2008-2009						
SIT-Optibus	Mexico, Leon Gto.	2003		220,000		600,000	8	0.22
Interligado	Sao Paulo	1980-1990		200,000		6,000,000	31	0.94
Transantiago	Santiago de Chile	2005-2007					6	
METROBus	Cd. Mexico	2006		260,000		450,000	5	0.15
Metrovia	Guayaquil, Ecuador	1 y 27 Agosto 2006		90,000		300,000	5	4.82
PROMEDIO								1.08

Fuente: EMBARQ

Con base a la Tasa de Crecimiento Media Anual de la demanda en los distintos BRT's en América, se determinó un promedio igual a 1.08 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6: Tasa de Crecimiento Media Anual de la demanda de los distintos BRTS en América, con sus respectivos indicadores de rentabilidad

PROMEDIO TCMA		1.08%
B/C		4.62
VPN		554,607,981
TIR		16.85%
TRI		14.08%

Fuente: LOGIT

Escenarios extremos hipotéticos: Consiste en realizar supuestos sobre los valores que podrían tomar los factores de riesgo en caso de que se presentara alguna situación totalmente imprevista sobre la cual no se tiene ningún antecedente: un terremoto de proporciones catastróficas, un ataque terrorista o determinada situación política que genere una caída drástica en el Producto Interno Bruto, caída en la tasa de empleo y aumento en la tasa de inflación, etcétera, que implique una tasa de crecimiento media anual de la demanda igual a 0, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7: Nula tasa de crecimiento media anual de la demanda, con sus respectivos indicadores de rentabilidad

PROMEDIO TCMA		0.00%
B/C	3.66	
VPN	362,466,659	
TIR	15.42%	
TRI	13.74%	

Fuente: LOGIT

En todos los casos en los que se estresa la Tasa de Crecimiento Media Anual de la demanda, los indicadores de rentabilidad (VPN, TIR y TRI) son positivos. Es decir, el VPN es mayor que cero y la TIR y TRI están por arriba de la tasa de descuento social que es igual a 12%.

Análisis de sensibilidad de cambios cuando la demanda aumenta

Se espera que debido a la mayor velocidad promedio de viaje y a la eficiencia en su operación, el sistema Metrobús sea más atractivo para aquellos usuarios que utilizan otros modos de transporte.

Los estudios de demanda, la vinculación de las rutas con los patrones de origen-destino de la ZMP, la imposibilidad de migrar a otro modo de transporte en los sistemas tronco-alimentadores, puesto que crea esquemas de monopolio operativo, la mayor frecuencia, el mejor servicio, los mayores estándares de seguridad, el menor costo integral del pasaje son variables que brindan una mayor certidumbre sobre un posible crecimiento de la tasa de crecimiento media anual de la demanda de la demanda.

Por todo lo anterior, las **proyecciones de la tasa de crecimiento media anual de la demanda pueden utilizar una tasa de 2.54 por ciento.**

Tabla 8: Proyecciones positivas de la tasa de crecimiento medial anual

PROMEDIO TCMA		2.54%
B/C	6.34	
VPN	845,459,077	
TIR	18.64%	
TRI	14.49%	

Fuente: LOGIT

Con una tasa de crecimiento media anual de la demanda igual a 2.54 por ciento, los indicadores de rentabilidad mejoran sustancialmente. Dicha tasa de crecimiento es factible siempre que las políticas públicas en materia de movilidad sean capaces de incentivar el cambio modal a favor del transporte público; además dichas políticas deben complementarse con un sistema de transporte público que sea capaz de mejorar sustancialmente el tiempo de viaje de los pasajeros, una mejora sustancial en la calidad del servicio ofrecido y una política tarifaria que sea capaz de atraer a más usuarios de éste modo de transporte, digamos una tarifa integrada³⁸.

Estimación de la elasticidad de la demanda

La elasticidad precio (tarifa) mide el cambio en la demanda por viajes en transporte público con respecto a un cambio en su tarifa.

³⁸ Se consideró la TCMA de la Demanda igual a 2.54%, que es la TCMA del PIB calculada por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP). La recomendación del CEPEP de utilizar esta tasa se debe a que el crecimiento económico propicia una mayor demanda por bienes y servicios, ya que las personas tienen recursos para gastar; mientras que el crecimiento poblacional no necesariamente implica ingresos suficientes para adquirir bienes y servicios.

Para estimar la elasticidad tarifa para el transporte público propuesto en este documento, resultó conveniente partir de la teoría de la utilidad para plantear una función de utilidad en base a la información recabada por las encuestas Origen-Destino, de preferencia declarada y de preferencia revelada; enseguida se planteó un modelo econométrico que relaciona las variables en cuestión y finalmente se estimó dicho modelo econométrico con un modelo de elección discreta llamado PROBIT.

Teoría de la utilidad

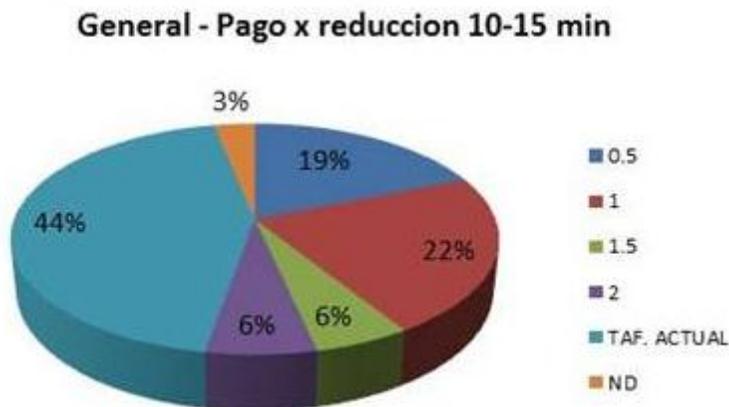
Según la teoría de la Utilidad, cuando existen varias opciones de viaje (diferentes destinos) o diferentes posibles maneras de llegar a un destino (modo), aquella con la mayor utilidad será seleccionada por el viajero.

Dentro de los costos que debe asumir el viajero (pago de pasaje, costo del combustible, costo de mantenimiento vehicular, etcétera), el recurso más valioso para las personas es el tiempo de viaje que consumen, por lo que partiendo del hecho de que la actividad de transporte solo genera costos, el viajero utilizará aquella que minimice dichos costos y, por ende, aumente su utilidad.

La demanda por servicio de transporte urbano, sea público o privado, es derivada; pues resulta necesario para realizar actividades diarias como: trabajar, estudiar, mantener relaciones sociales, efectuar compras y abastecerse, etc. En esta forma, el tiempo dedicado al transporte (así como las incomodidades y demás) podrían considerarse como un costo para poder acceder al sitio deseado. Este costo, al menos teóricamente, puede medirse y cuantificarse.

Con base en los datos obtenidos de las encuestas Origen-Destino, Preferencia Declarada y Preferencia Revelada, aplicados en la Zona de estudio, muestran que al menos el 53% de la población encuestada está dispuesta a pagar una tarifa mayor a la tarifa actual por reducir su tiempo de viaje entre 10 y 15 minutos, manifestando con ello que el tiempo es un bien con valor, y que por lo tanto incorporan esta variable, dándole un peso bastante significativo, al momento de decidir las posibles maneras de llegar a su destino (transporte público, taxis, vehículo privado, etcétera).

Figura 1: Disposición a pagar por reducción en el tiempo de viaje

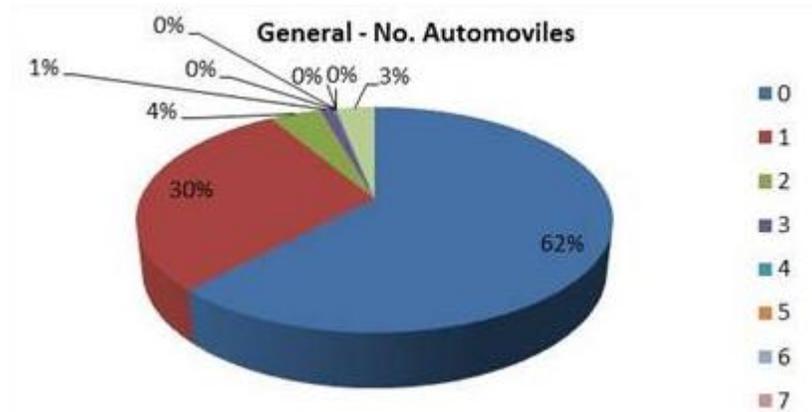


Fuente: Encuesta de Preferencia Declarada, LOGIT

En muchos estudios empíricos se ha encontrado que la demanda por transporte masivo es altamente inelástica, particularmente en el **corto plazo (entre -0.1 y -0.4)** pues para un amplio segmento de la población, el transporte público masivo es la única forma factible de desplazarse hacia sus centros de trabajo, escuela o actividades en las grandes urbes. En el **largo plazo (la elasticidad es mayor a -0.5)** ya que otros factores determinantes de la elasticidad suelen variar. La gente puede cambiar de trabajo o de lugar de residencia, u otros operadores aparecer en la escena.

Para el caso de Puebla, los datos obtenidos de las encuestas Origen-Destino, de Preferencia Declarada y de Preferencia Revelada muestran que más del 60% de la población no cuenta con vehículos, por lo que la forma más factible de desplazarse es el transporte público ya que alrededor del 70% de la población consume un tiempo de viaje mayor a 16 minutos para trasladarse de su lugar de origen a su lugar de destino, y cuyo principal motivo de viajes es el trabajo (30%) y la escuela (15%); la estimación de la elasticidad de la demanda por transporte público ante un cambio en la tarifa, como una primera aproximación, es igual a **-0.3**, por lo que es posible incrementar la tarifa, con la finalidad de incrementar los ingresos, pues la caída en la demanda es porcentualmente menor que el incremento porcentual en la tarifa.

Figura 2: Número de automóviles por familia



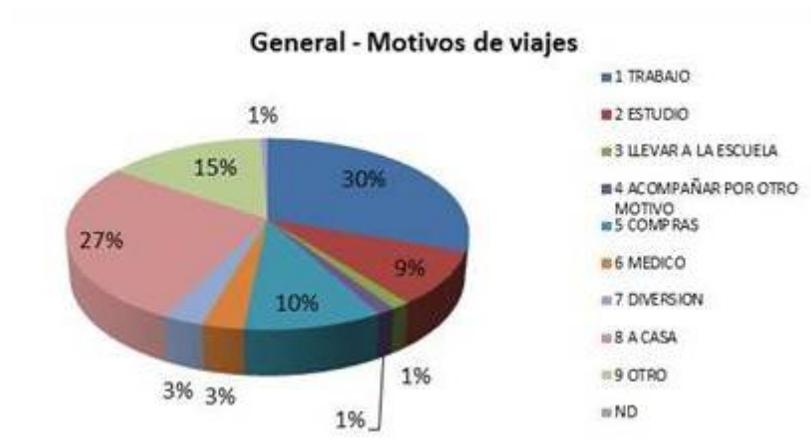
Fuente: Encuestas de Preferencia Declarada, LOGIT

Figura 3: Tiempo de viaje promedio, en minutos



Fuente: Encuestas de Preferencia Declarada, LOGIT

Figura 4: Motivos de viaje



Fuente: Encuestas de Preferencia Declarada, LOGIT

Además, generalmente, se ha encontrado que las elasticidades en periodos de máxima demanda son menores que en periodos fuera de ella, desde que una alta proporción de los viajes en periodos de máxima demanda son esenciales (viajes al trabajo o a la escuela) y tienen destinos fijos (al menos en el corto plazo). Una proporción más grande de viajes en el periodo fuera del Período de Máxima Demanda (PDM) son discrecionales (viajes sociales o de placer).

También, considerando otras variables que el usuario del transporte público toma en cuenta en su decisión del uso modal para trasladarse de un lugar a otro como son: la velocidad del servicio, la seguridad, la frecuencia del servicio, la calidad del servicio, la comodidad, la confiabilidad, y la imagen del servicio, que en conjunto caracterizarán el tipo de servicio ofrecido por Metrobús Puebla, garantizarán la compensación al usuario por incremento en la tarifa. Pues el reclamo recurrente hacia el sistema actual del transporte público es un alza en las tarifas sin que ocurra una mejora en el servicio ofrecido.

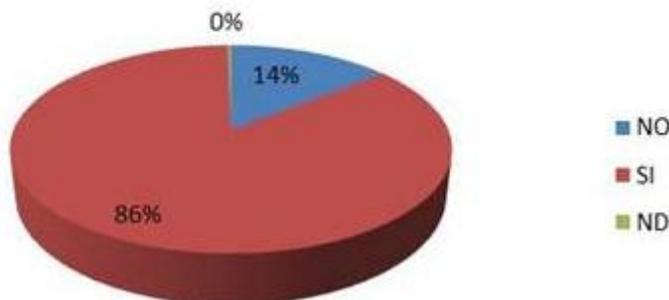
Figura 5: Variables que el usuario del transporte público incluye en su toma de decisión de viaje



Fuente: Encuestas de Preferencia Declarada, LOGIT

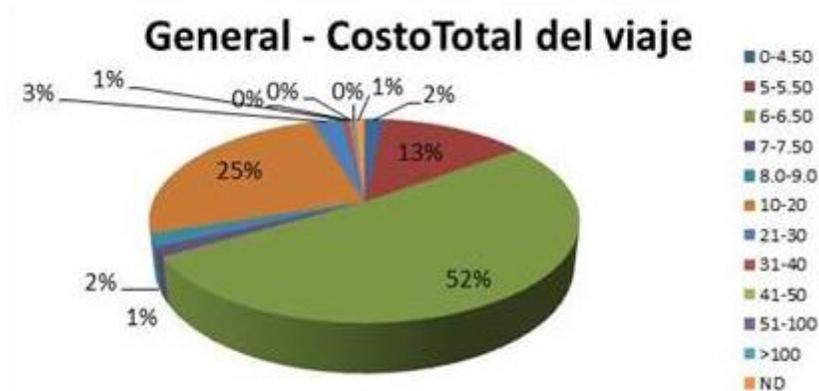
Figura 6: Disposición a viajar en Metrobús

General - Uso de Metrobus



Fuente: Encuestas de Preferencia Declarada, LOGIT

Figura 7: Costo total del viaje, incluido transbordos



Fuente: Encuestas de Preferencia Declarada, LOGIT

Por si fuera poco, la política federal de incremento paulatino pero permanente del precio de los combustibles de automotores provoca el progresivo encarecimiento de los viajes motorizados. Entre enero 20 de 1997 y diciembre de 2003, la gasolina Magna elevó su precio en un 207.56 por ciento y la Premium en un 239.5 por ciento en el mismo periodo.

La racionalidad económica plantea que el encarecimiento de los combustibles es un factor que desalienta el transporte individual y favorece la opción del transporte público, ya que el encarecimiento resulta proporcionalmente mayor por pasajero en el transporte individual, si esto resulta efectivo, se esperará que los viajeros en la Zona Metropolitana de Puebla utilicen el Metrobús más que el uso de vehículos particulares debido al aumento en el precio del combustible y a la mejora en el sistema de transporte público.

Metodologías para estimar la elasticidad

Se han aplicado diversas metodologías para estimar la elasticidad precio de la demanda del transporte público urbano en situaciones particulares (según la Comisión Europea, 1996).

- **Análisis de series temporales con datos agregados: uso de modelos econométricos basados en datos mensuales, trimestrales o anuales de variables macroeconómicas como el PIB, el tipo de cambio, etcétera.**
- **Investigación de mercados hipotéticos: inferencia de elasticidades a partir de comportamientos declarados con respecto a la movilidad.**

Para la estimación de la elasticidad de la demanda para el proyecto propuesto de transporte público, se partió de valores medios y extremos de la elasticidad que han sido publicados, sin la necesidad de abordar un estudio específico.

Posteriormente, dado que no se disponen de suficientes datos para aplicar un análisis de series temporales con modelos econométricos (ARIMA), se estimó la elasticidad de la demanda basado en los comportamientos declarados de los usuarios del transporte público, recolectados por medio de las encuestas de Preferencia Declarada, acompañado de encuestas de Preferencia revelada y de Origen-Destino.

A partir de los datos obtenidos de las encuestas, se generó una función de utilidad, la cual se estimó usando técnicas econométricas de elección discreta como los **modelos LOGIT-PROBIT**, aplicados según la teoría de la utilidad aleatoria, donde el individuo o usuario del transporte público maximiza su utilidad. Para la estimación del modelo econométrico se supuso una distribución de probabilidad normal de los residuos por lo que se utilizó el modelo PROBIT.

Anexo 7. Desglose de Inversión en Infraestructura.

Los costos aquí reflejados son un parámetro ya que el proceso licitatorio no. LO-921007998-N8-2011 se concursó a precio alzado, lo que incluye la ejecución del proyecto ejecutivo.

8. Incluir mayor descripción de las estructuras del proyecto, los puentes ferroviarios y viales, muros, terminales incluyendo número de estructuras.

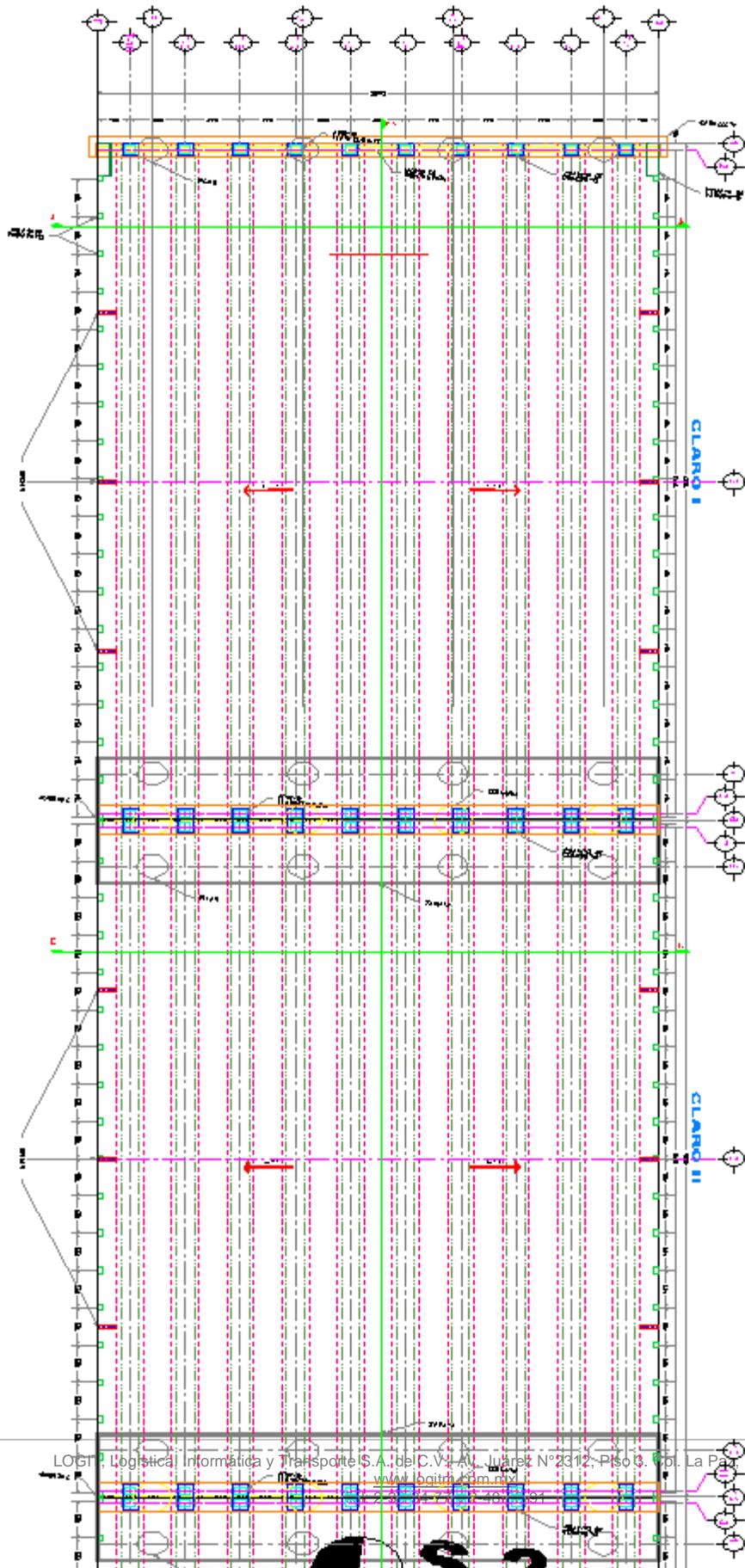
Viaducto 18 de noviembre

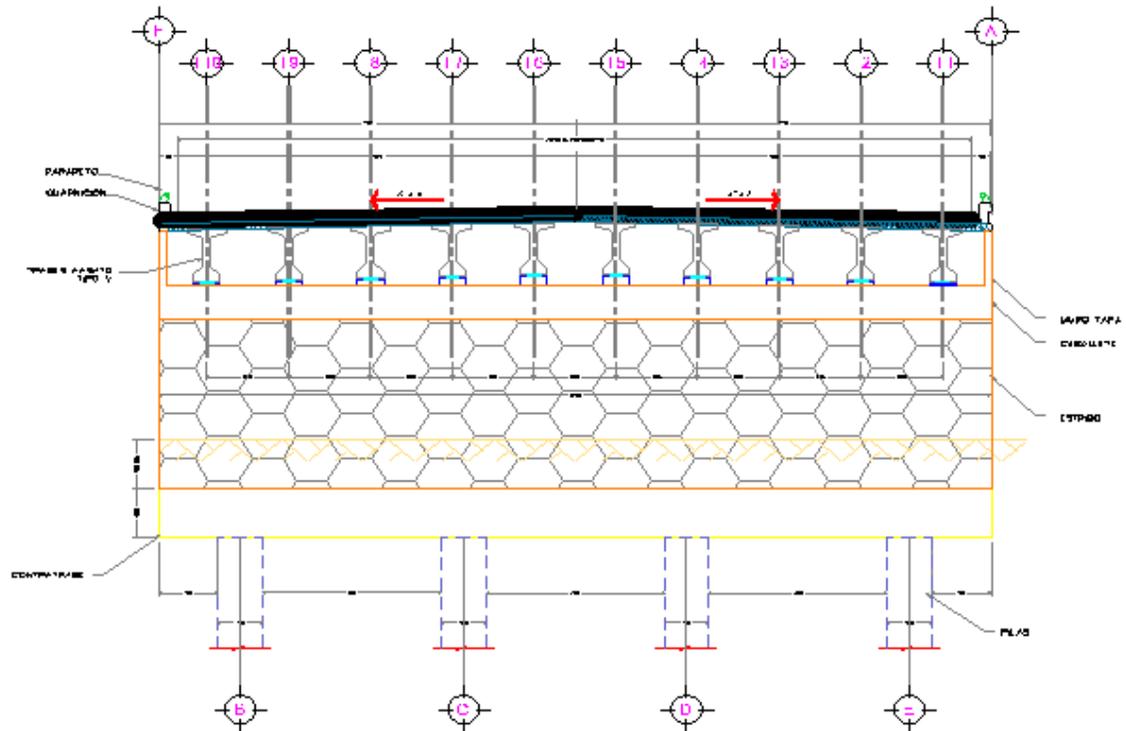
El viaducto está formado por cinco claros de 35.00 m, con un ancho de calzada de 21.35 m, banquetas y guarniciones de 0.50 m. en los extremos, desarrollando un ancho total de 22.34 m, de acuerdo al proyecto geométrico la estructura se encuentra dentro de una tangente, en cuanto al proyecto vertical está alojada en una cresta con pendientes de entrada y salida del 8%.

El estribo de arranque en el cadenamiento 0+276.72 está constituido por un caballete de concreto armado para contener el terraplén de acceso y recibir las descargas de la superestructura del puente con una altura promedio en la parte más alta de 4.50 m. y un nivel de desplante de 2210.29 m.s.n.m. El estribo de llegada ubicado en el cadenamiento 0+452.02 está resuelto de la misma manera su altura es de 5.90 m y su nivel de desplante es 2209.42.

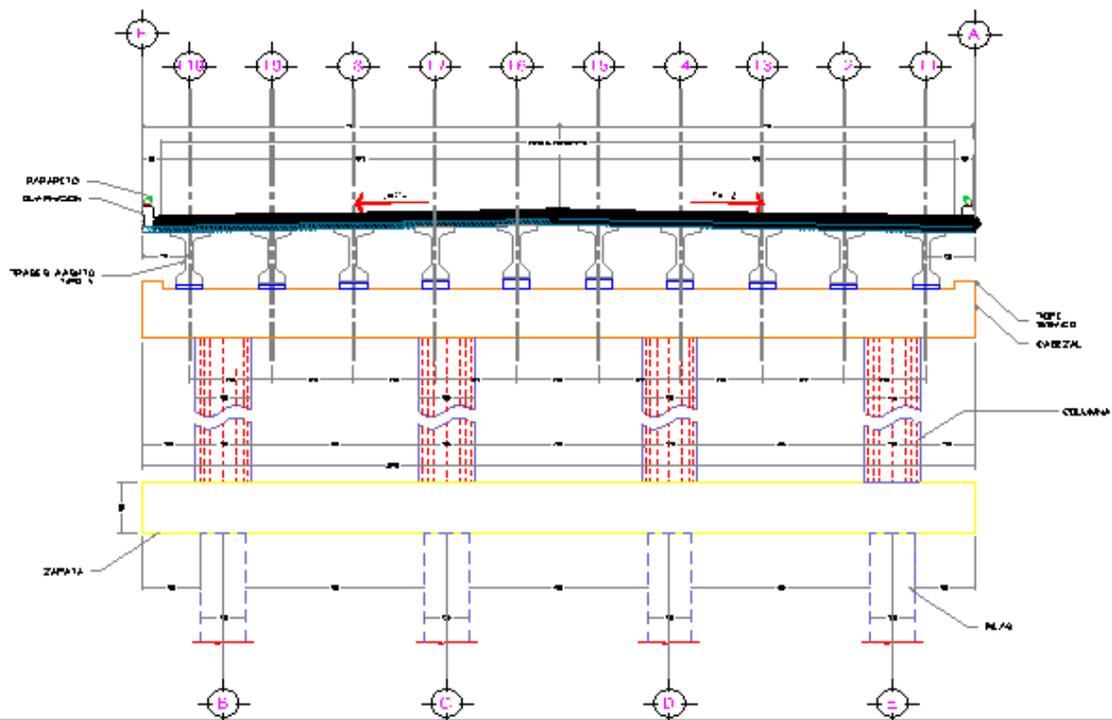
Los estribos se remataron con caballetes de sección trapezoidal de 100 x 30 x 100 cm de base mayor, menor y altura respectivamente, en los que se colocaran los bancos y apoyos elastoméricos, para formar la superestructura se montaran travesaños presforzados AASHTO tipo V y sobre de estas la losa de compresión de 20 cm de peralte para formar la curva vertical, por último, se colocaran los drenes y el parapeto metálico de protección.

La geometría de la planta, elevaciones y detalles se muestran en las figuras siguientes:



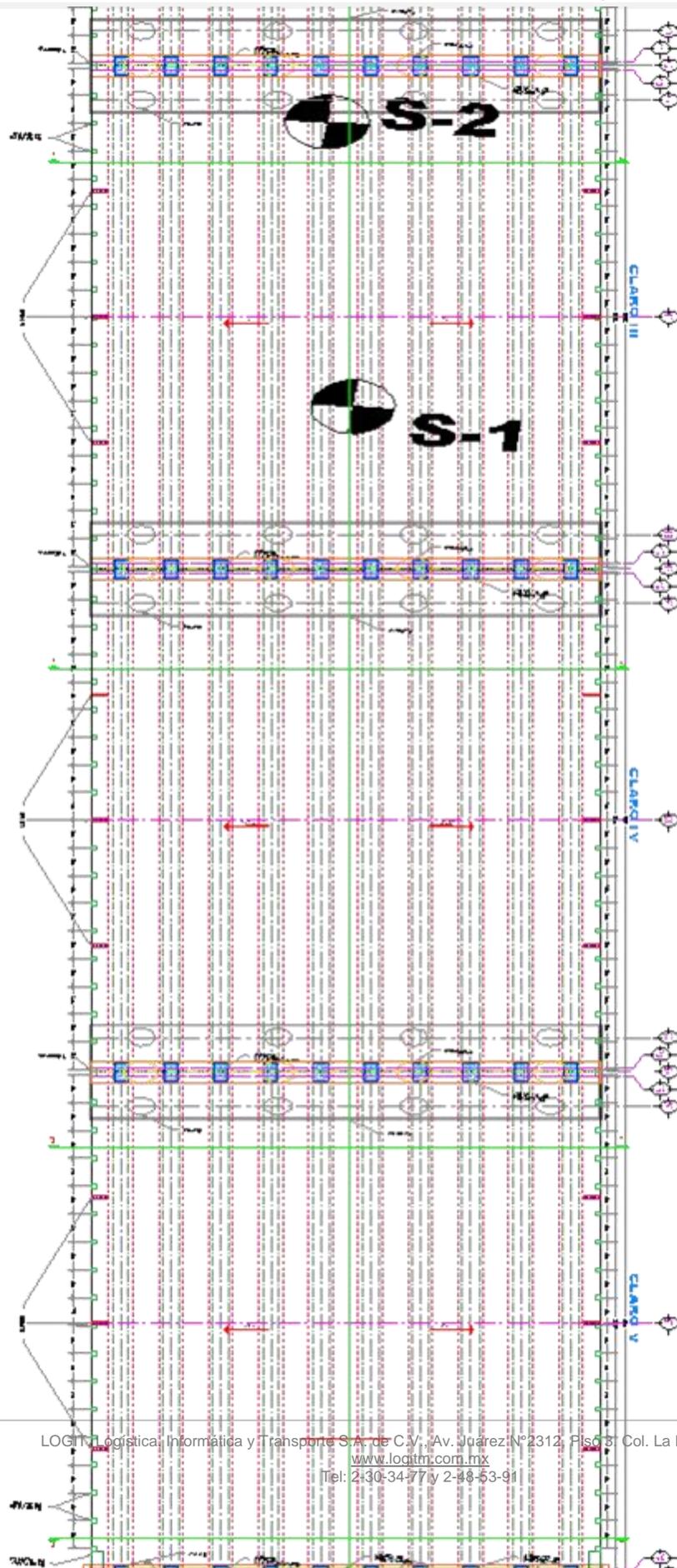


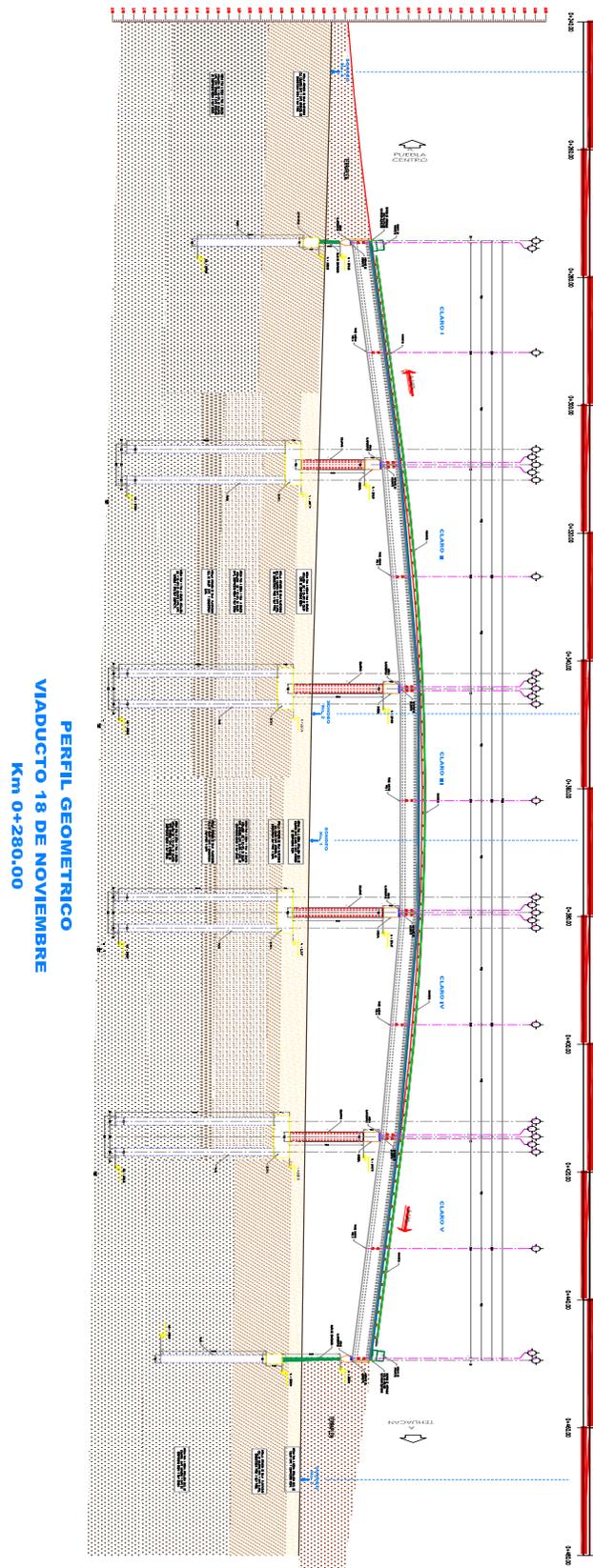
CORTE TRANSVERSAL "A - A"



CORTE TRANSVERSAL "B - B"

“Estudio de Costo - Beneficio del Primer Corredor Troncal de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla”





Puente Mixactlatl

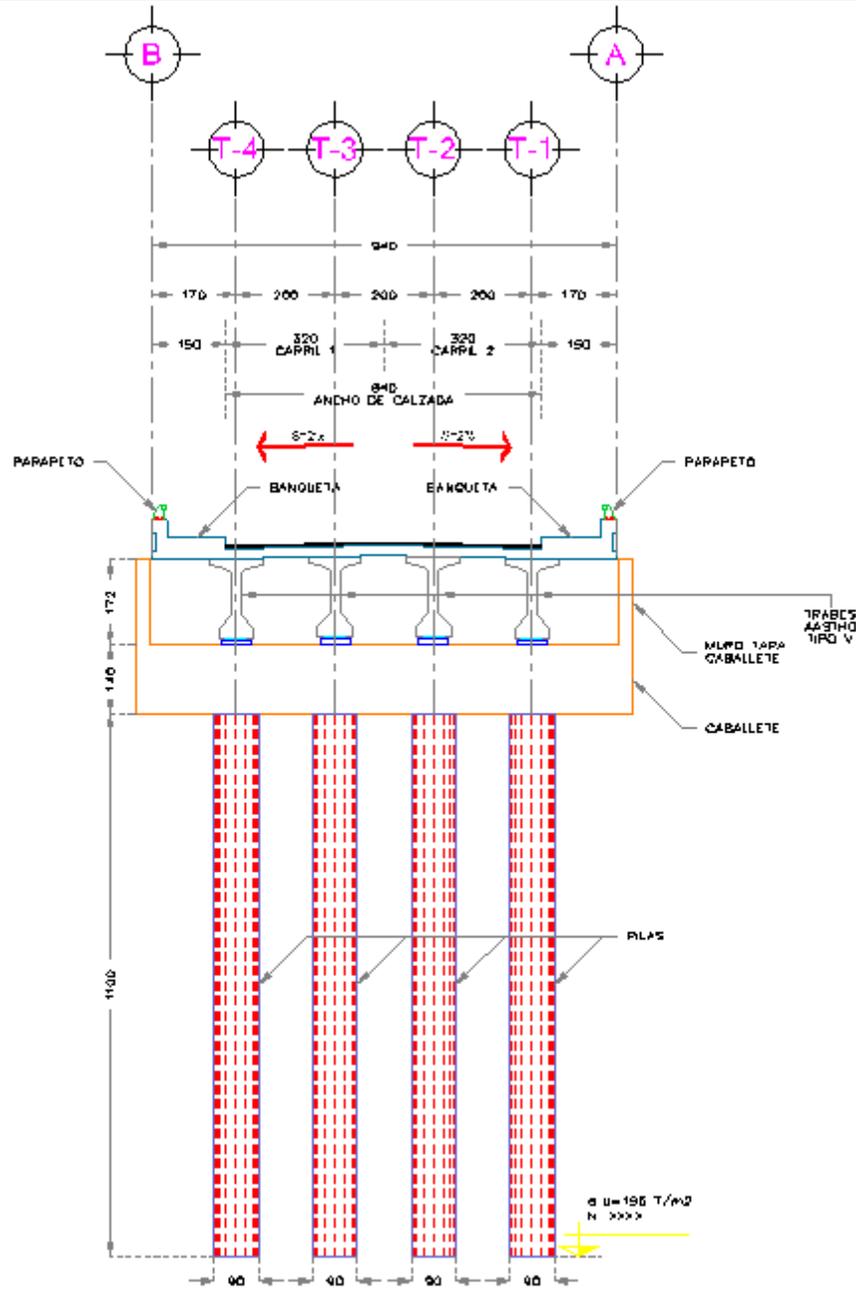
El puente está formado por un solo claro de 35.00 m, con un ancho de calzada de 6.40 m, banquetas y guarniciones de 1.50 m. en los extremos, desarrollando un ancho total de 9.40 m, de acuerdo al proyecto geométrico la estructura se encuentra dentro de una tangente horizontal.

El arranque y la llegada del puente está conformado por cuatro pilas de concreto reforzado las cuales tienen una altura de 11 m. desplantadas por lo menos un metro por debajo del estrato resistente. Las pilas rematan en un caballete de concreto armado para recibir las descargas de la superestructura del puente con una altura promedio en la parte más alta de 3.40 m.

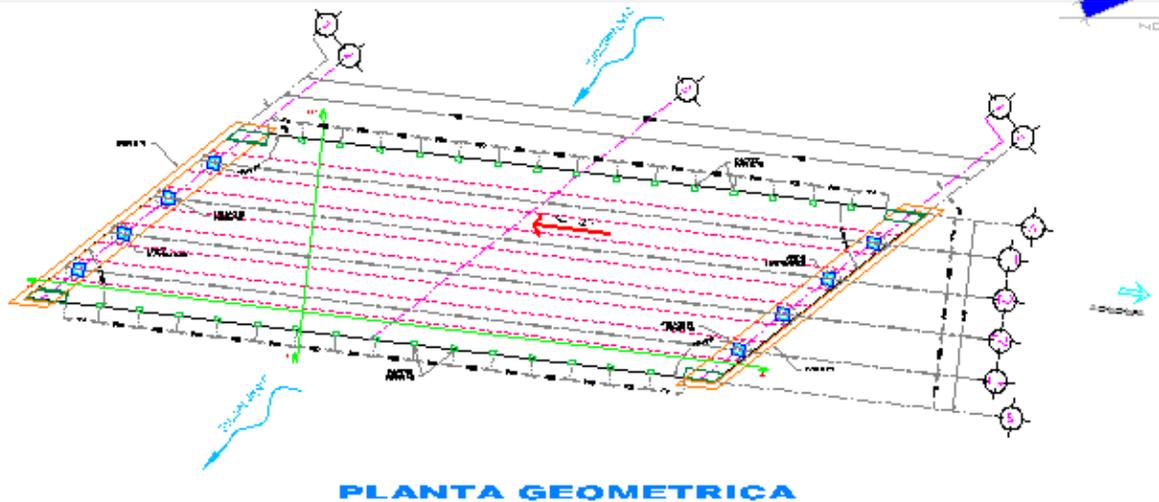
Los caballetes tienen una sección cuadrada de 140 x 140 cm de base y de altura respectivamente en los que se colocaran los bancos de concreto y apoyos elastoméricos.

Para formar la superestructura se montaran traveses presforzados AASHTO tipo V y sobre de estas la losa de compresión de 20 cm de peralte, por último, se colocaran los drenes y el parapeto metálico de protección.

La geometría de la planta, elevaciones y detalles se muestran en las figuras siguientes:



CORTE TRANSVERSAL



Viaducto Tlanixahuatl

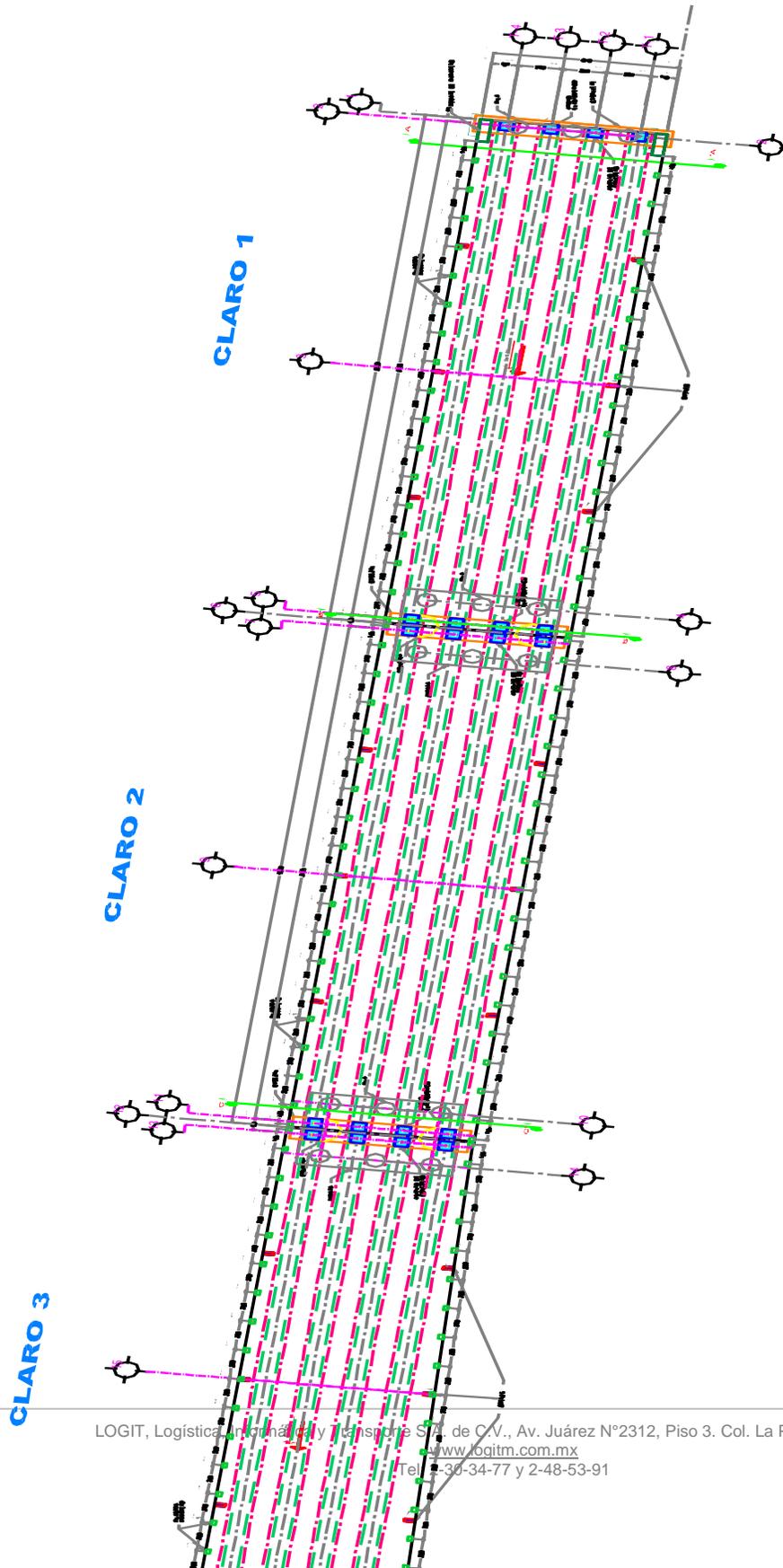
El viaducto está formado por nueve claros siendo de 35.00 m el claro 1, 2, 8 y 9 con un ancho de calzada de 7.40 m, banquetas y guarniciones de 0.50 m. en los extremos, desarrollando un ancho total de 8.40 m. Los demás claros tienen dimensiones muy variables debido a que se encuentran situados en una doble curva horizontal.

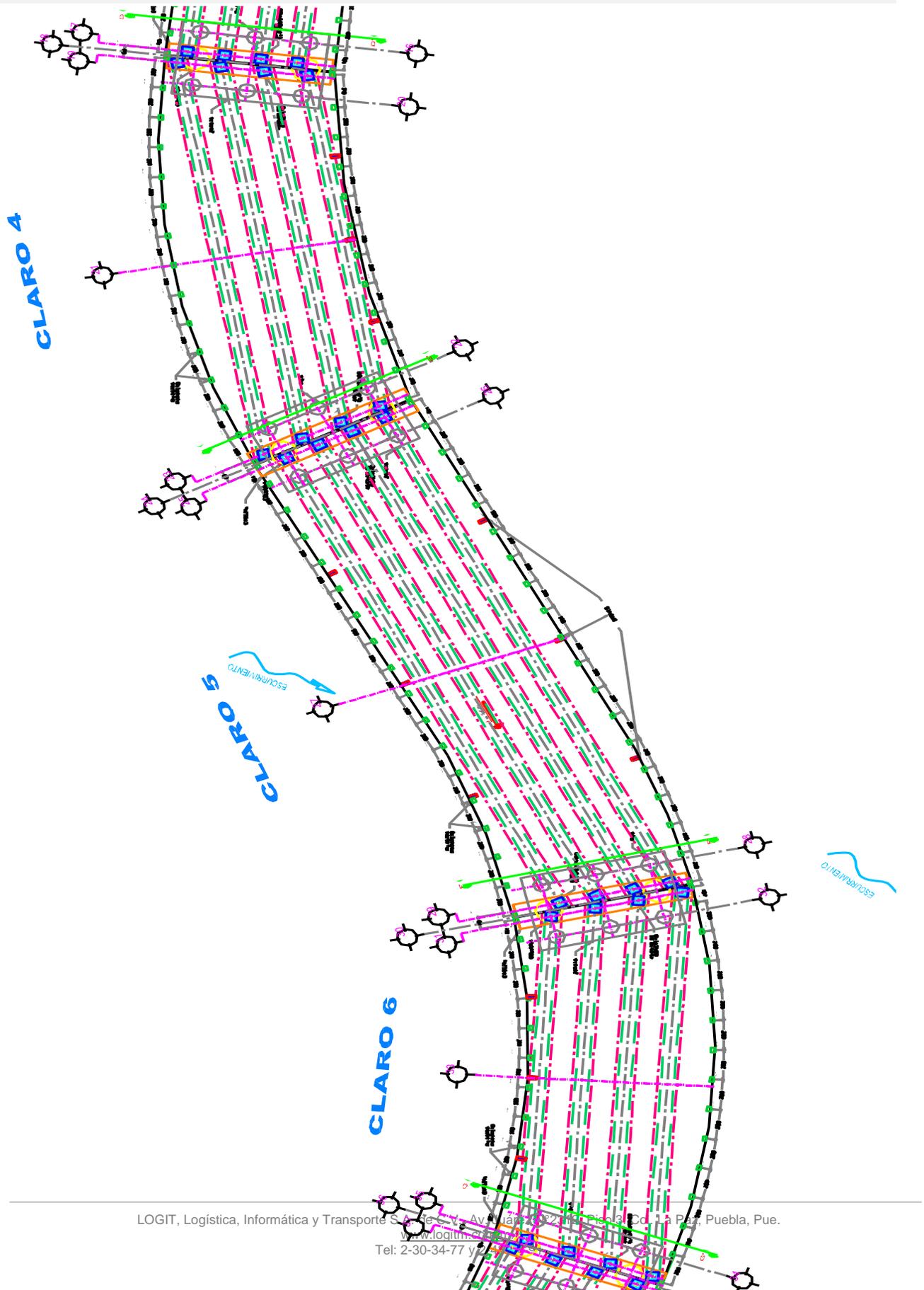
El arranque y la llegada del viaducto está conformado por tres pilas de concreto reforzado las cuales tienen una altura de 15 m. desplantadas por lo menos un metro por debajo del estrato resistente. Las pilas rematan en un caballete de concreto armado para recibir las descargas de la superestructura del puente con una altura promedio en la parte más alta de 3.10 m.

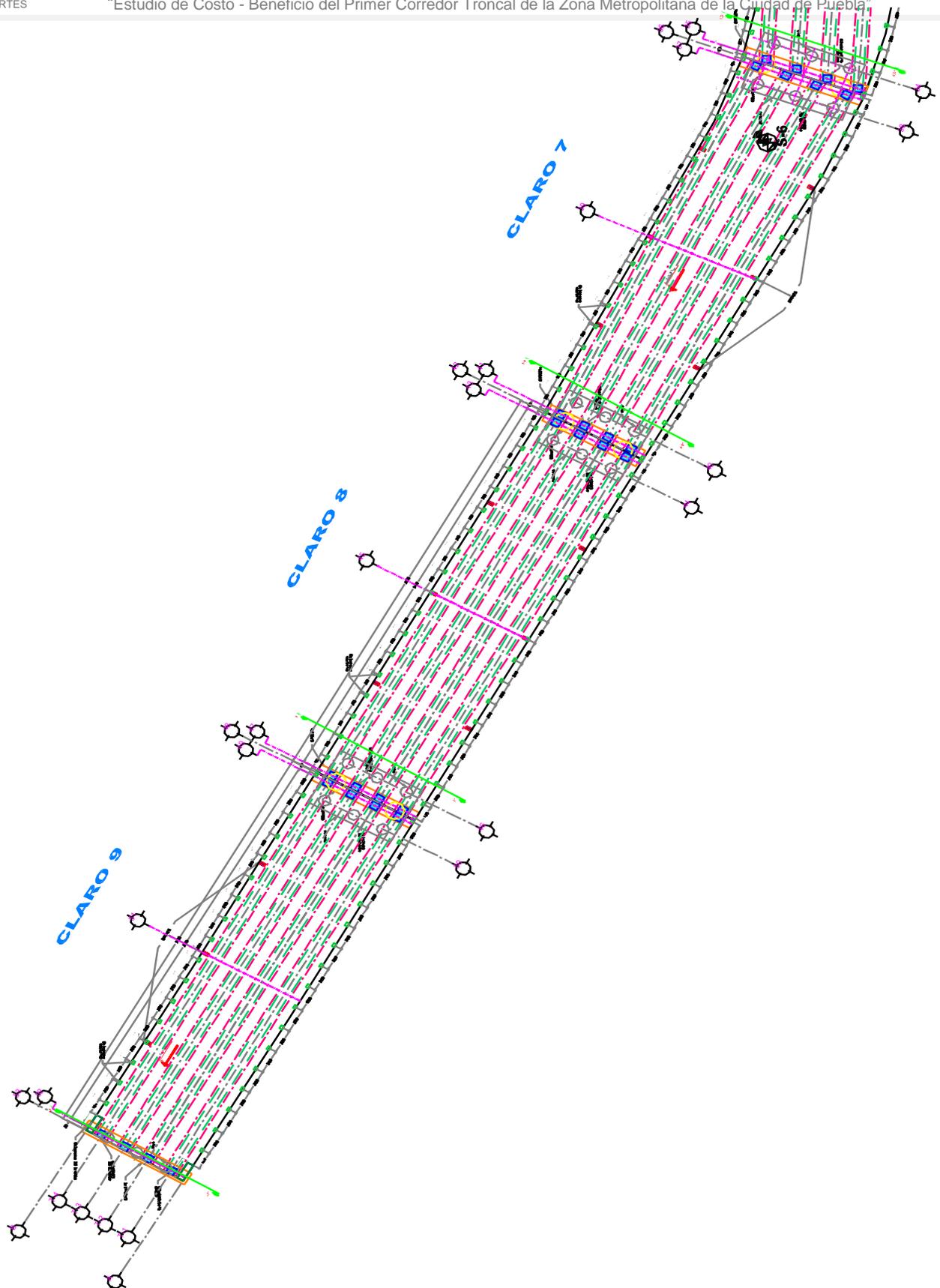
Los cabezales tienen una sección cuadrada de 150 x 150 cm y de 170 x 170 cm de base y de altura respectivamente, en los que se colocaran los bancos de concreto y apoyos elastoméricos.

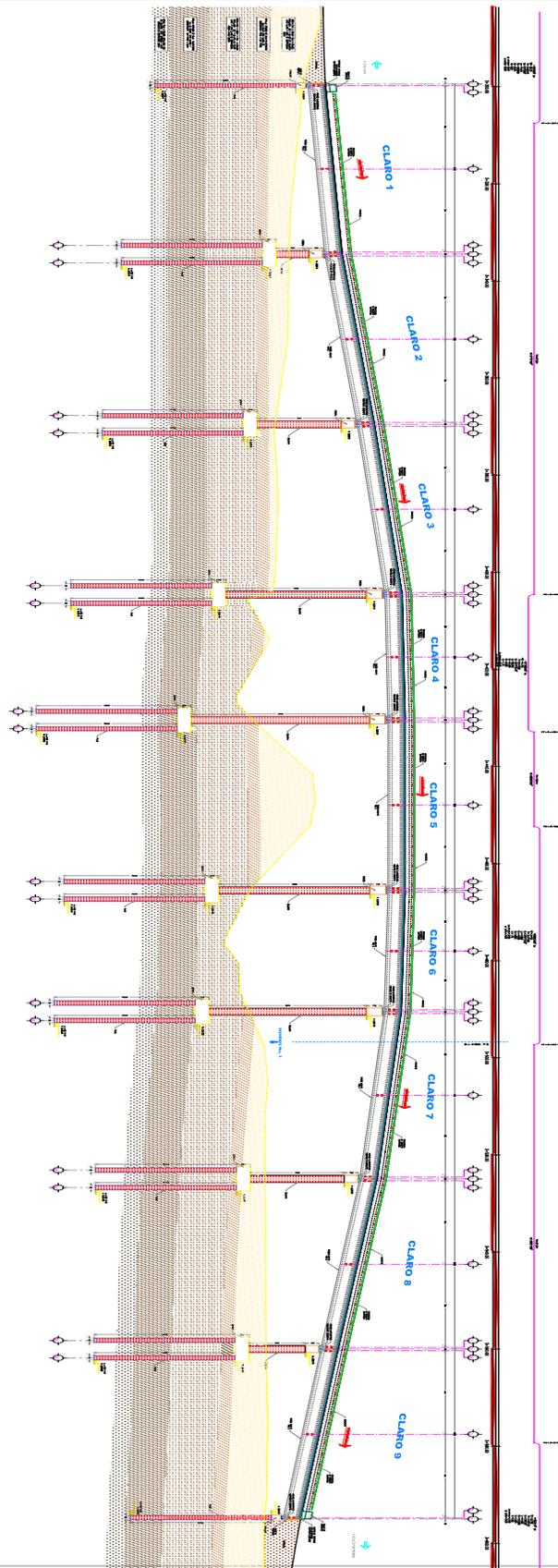
Cada cabezal está sostenido por 2 columnas de altura variable, las cuales a su vez se apoyan en zapatas desplantadas un metro y medio por debajo del terreno natural. Se utilizaron pilas de 15 metros de altura para garantizar el apoyo sobre un estrato resistente.

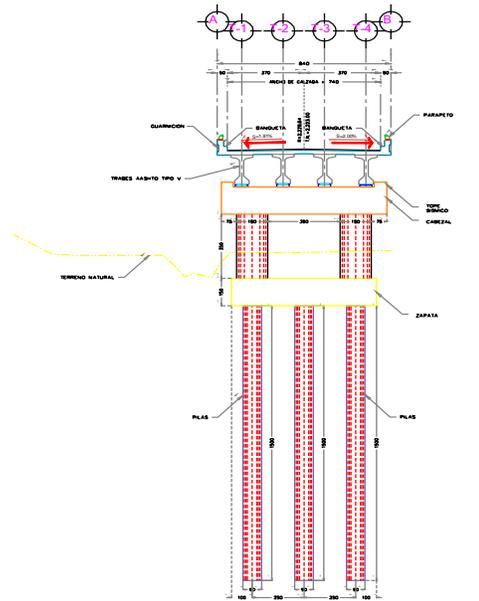
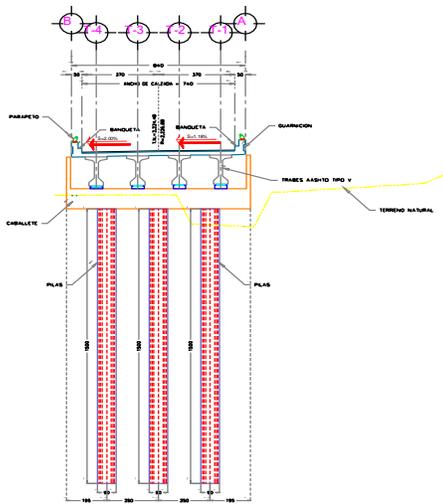
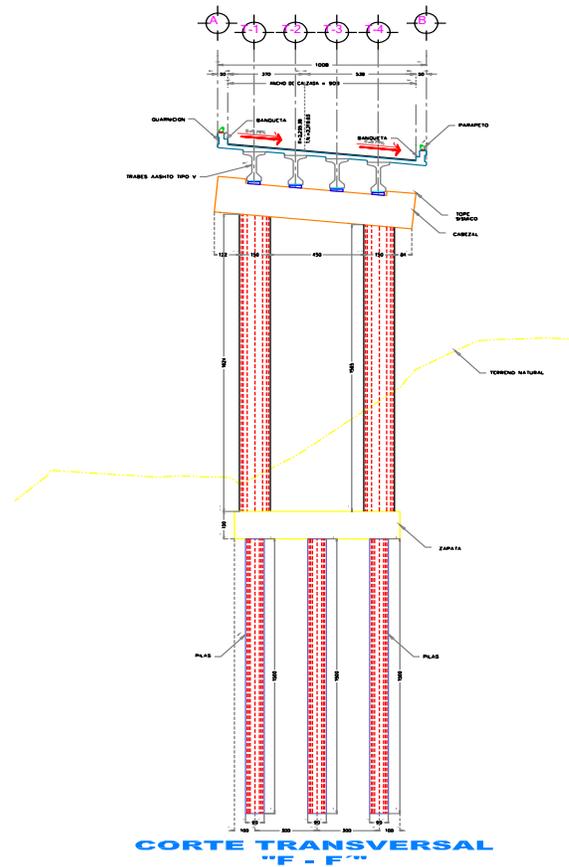
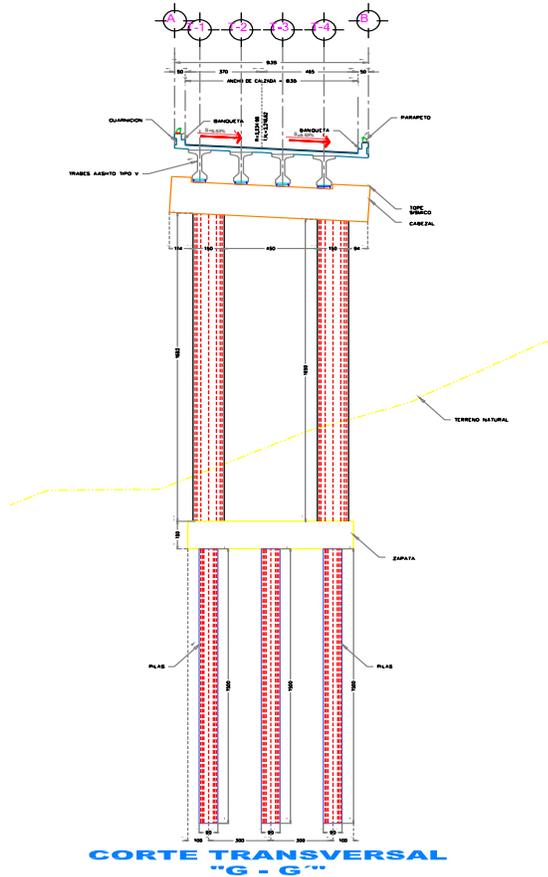
Para formar la superestructura se montaran travesaños presforzados AASHTO tipo V y sobre de estas la losa de compresión de 20 cm de peralte, por último, se colocaran los drenes y el parapeto metálico de protección. La geometría de la planta, elevaciones y detalles se muestran en las figuras siguientes:











Puente Manzanilla

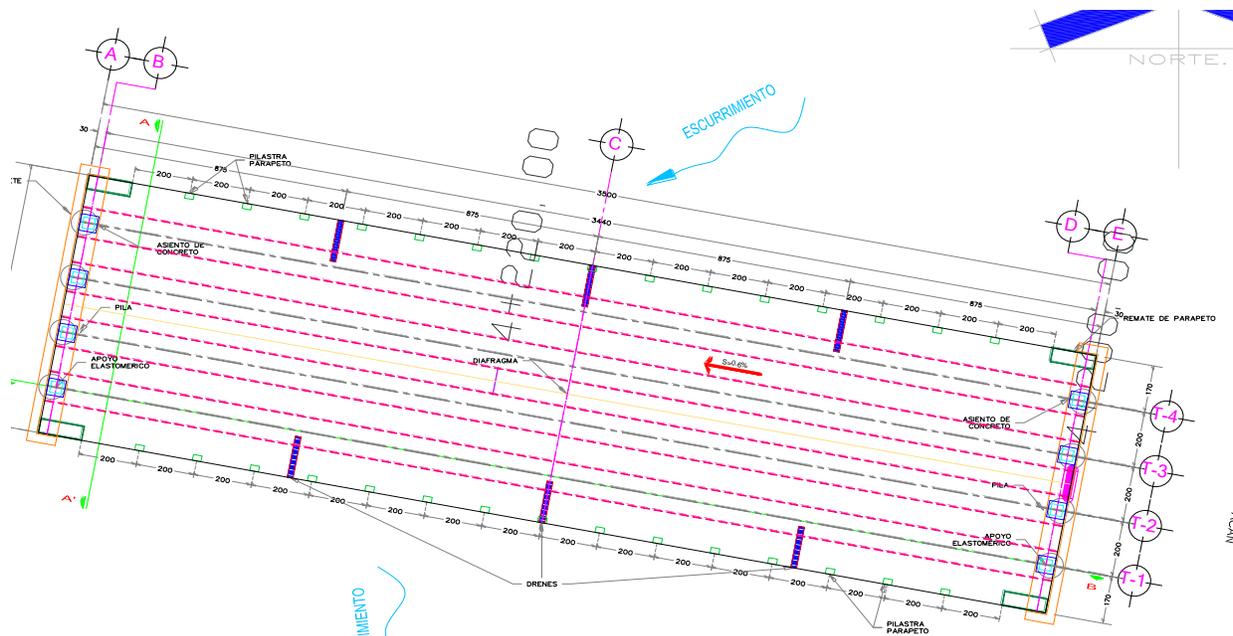
El puente está formado por un solo claro de 35.00 m, con un ancho de calzada de 6.40 m, banquetas y guarniciones de 1.50 m. en los extremos, desarrollando un ancho total de 9.40 m, de acuerdo al proyecto geométrico la estructura se encuentra dentro de una tangente horizontal.

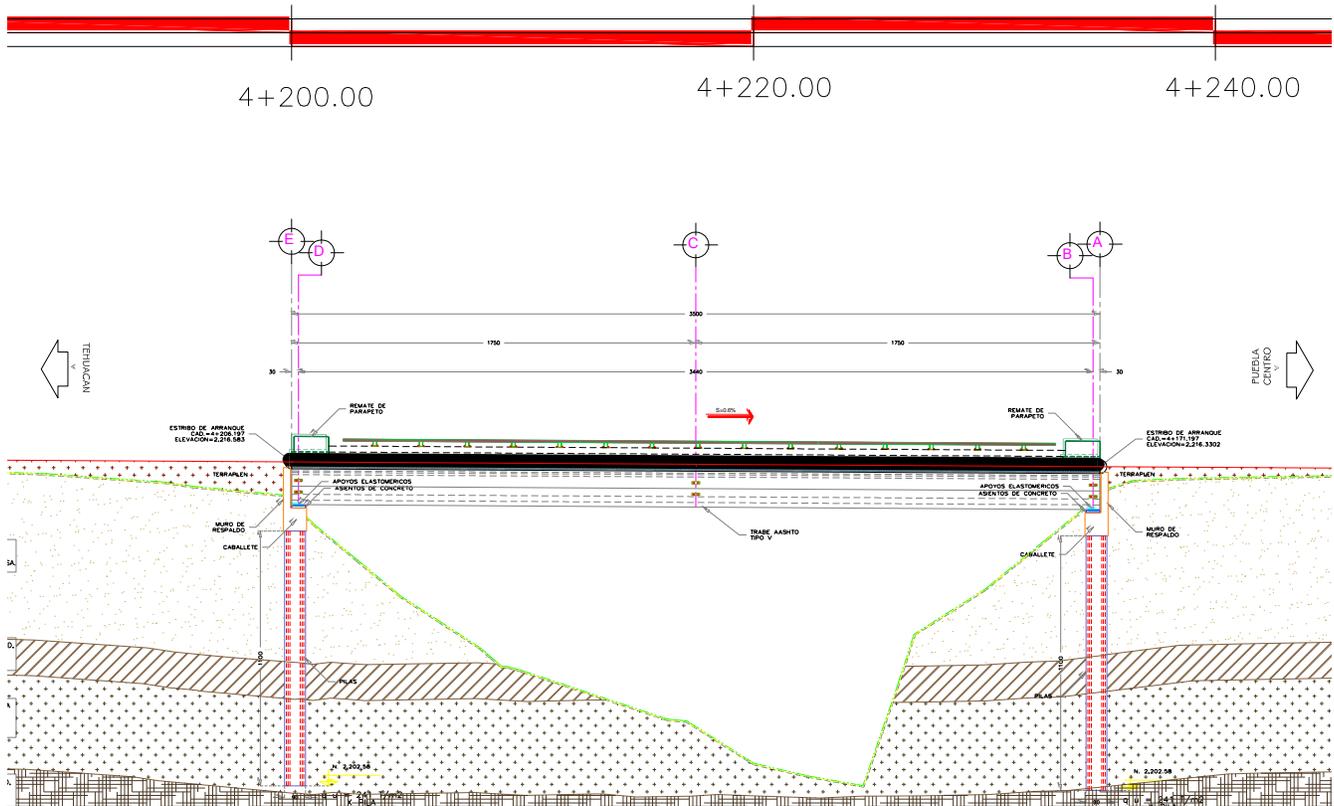
El arranque y la llegada del puente está conformado por cuatro pilas de concreto reforzado las cuales tienen una altura de 11 m. desplantadas por lo menos un metro por debajo del estrato resistente. Las pilas rematan en un caballete de concreto armado para recibir las descargas de la superestructura del puente con una altura promedio en la parte más alta de 3.40 m.

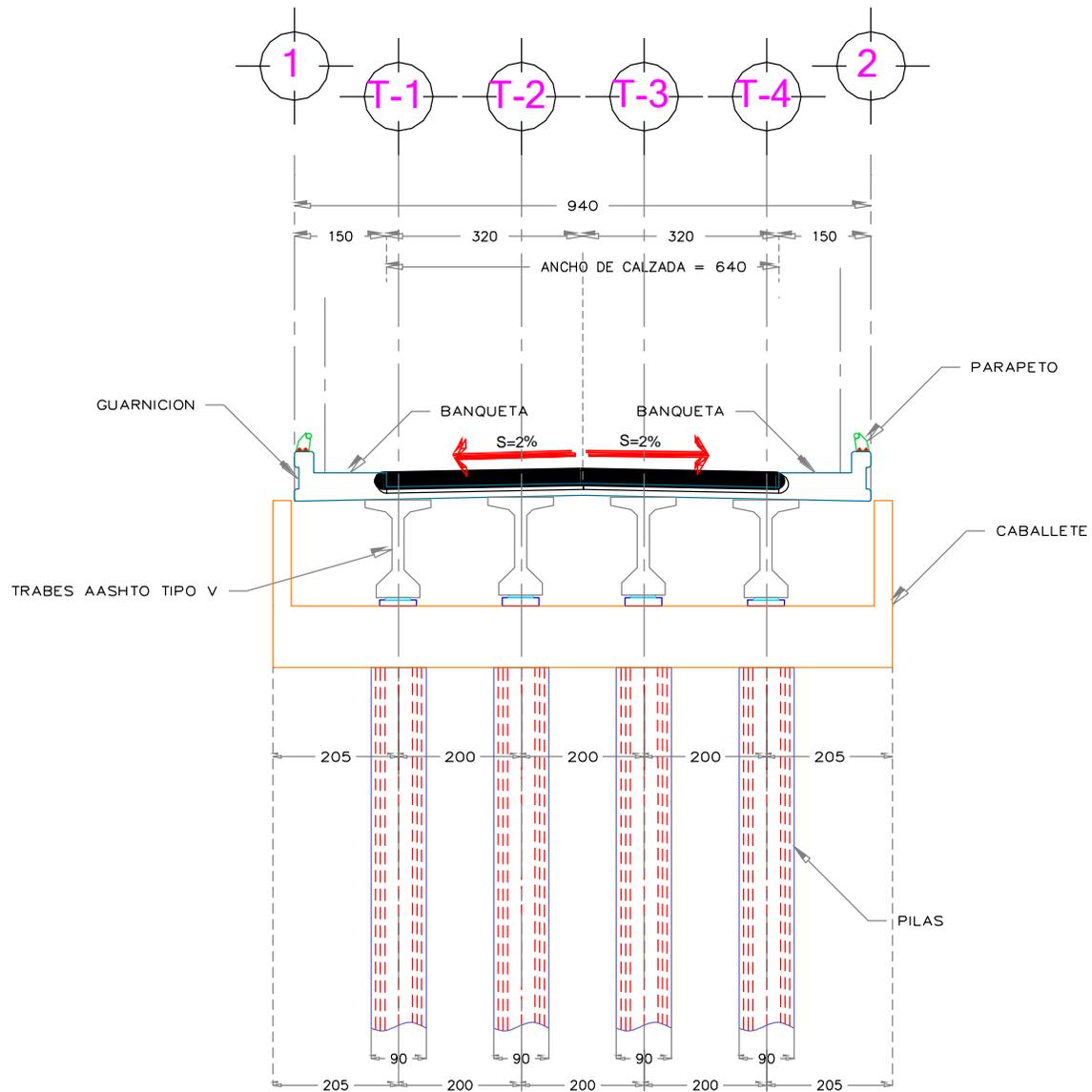
Los caballetes tienen una sección cuadrada de 100 x 100 cm de base y de altura respectivamente en los que se colocaran los bancos de concreto y apoyos elastoméricos.

Para formar la superestructura se montaran traveses presforzados AASHTO tipo V y sobre de estas la losa de compresión de 20 cm de peralte, por último, se colocaran los drenes y el parapeto metálico de protección.

La geometría de la planta, elevaciones y detalles se muestran en las figuras siguientes:







CORTE TRANSVERSAL

Puente San Antonio

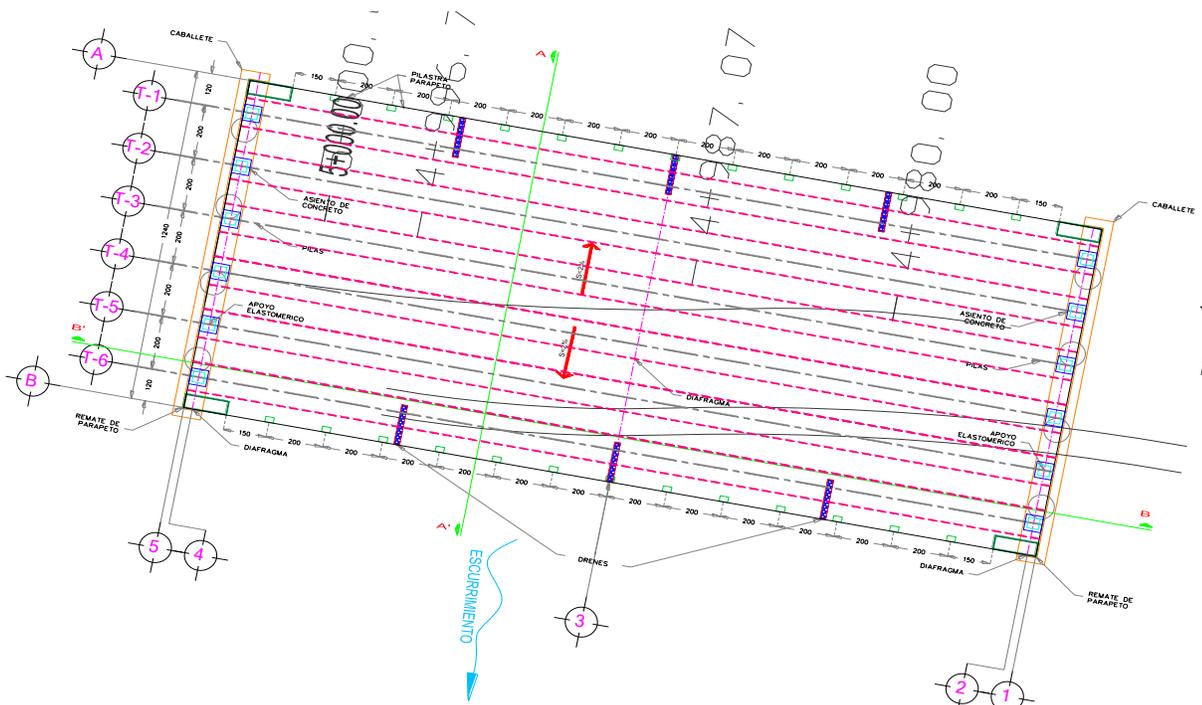
El puente está formado por un solo claro de 35.00 m, con un ancho de calzada de 6.40 m, banquetas y guarniciones de 1.50 m. en los extremos, desarrollando un ancho total de 9.40 m, de acuerdo al proyecto geométrico la estructura se encuentra dentro de una tangente horizontal.

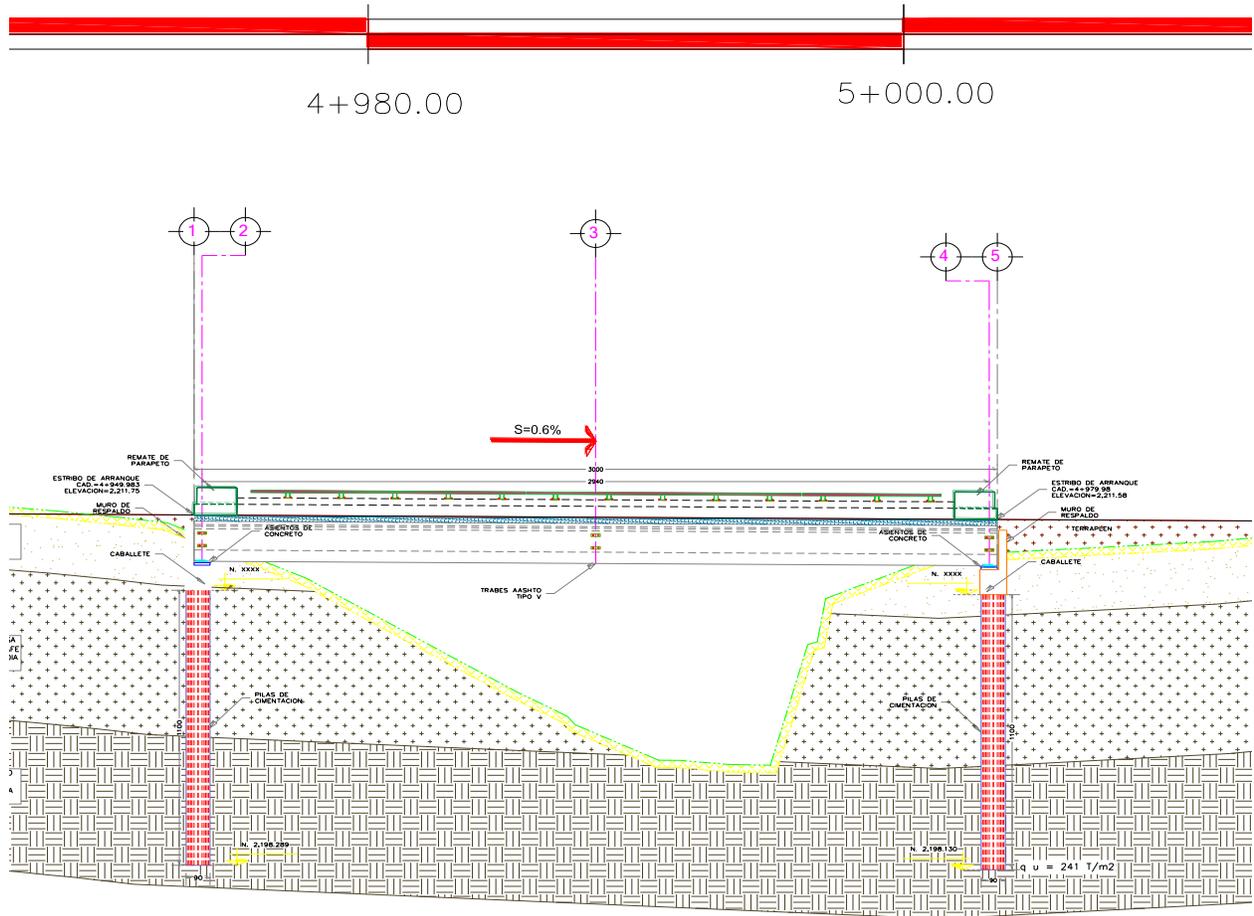
El arranque y la llegada del puente esta conformado por cuatro pilas de concreto reforzado las cuales tienen una altura de 11 m. desplantadas por lo menos un metro por debajo del estrato resistente. Las pilas rematan en un caballete de concreto armado para recibir las descargas de la superestructura del puente con una altura promedio en la parte más alta de 3.40 m.

Los caballetes tienen una sección cuadrada de 100 x 100 cm de base y de altura respectivamente en los que se colocaran los bancos de concreto y apoyos elastoméricos.

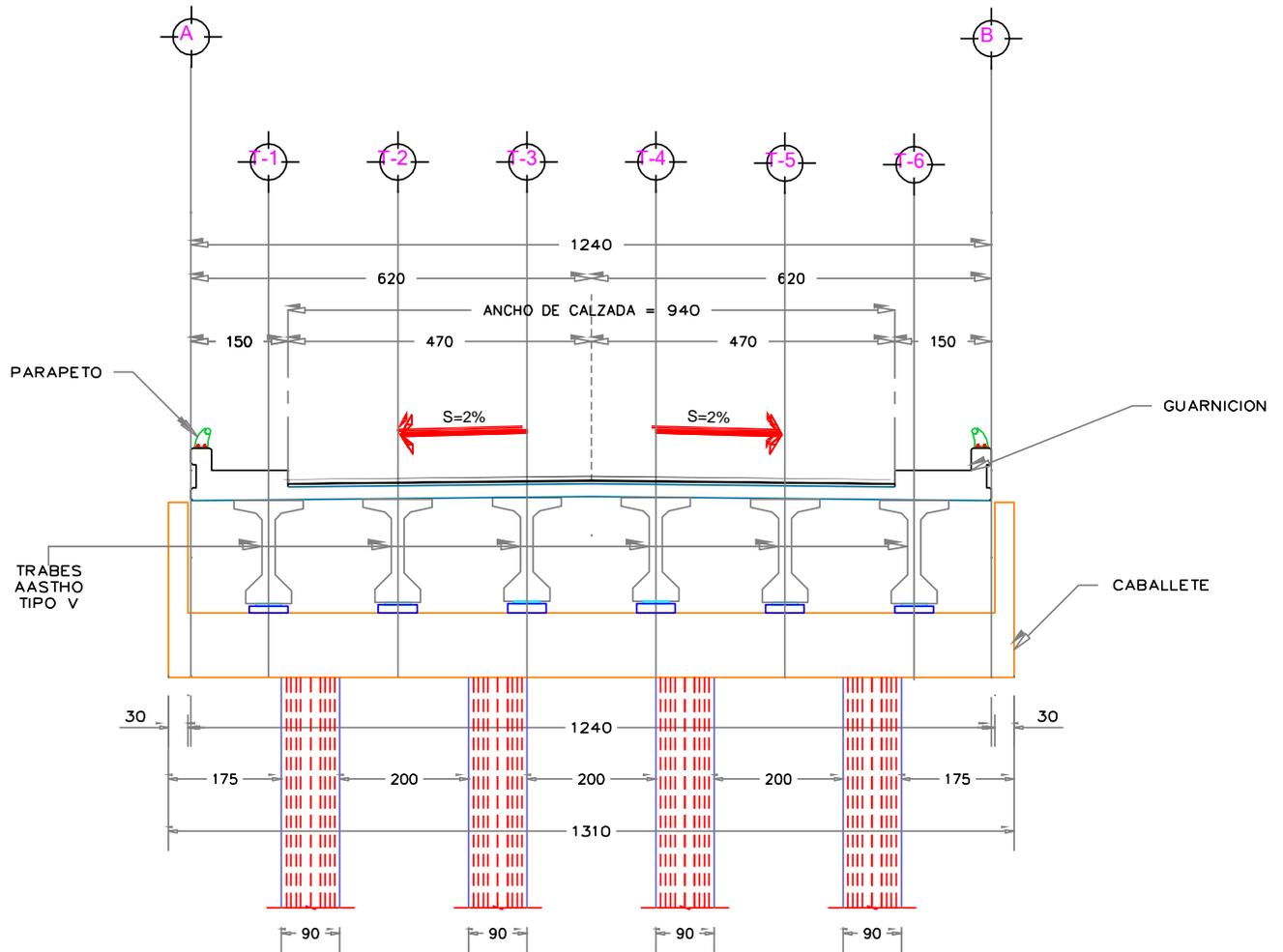
Para formar la superestructura se montaran traveses presforzados AASHTO tipo V y sobre de estas la losa de compresión de 20 cm de peralte, por último, se colocaran los drenes y el parapeto metálico de protección.

La geometría de la planta, elevaciones y detalles se muestran en las figuras siguientes:





ALZADO LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL

DISTRIBUIDOR VIAL "JUAREZ-SERDAN"

Se desarrollaran los trabajos consistentes en la ampliación del paso a desnivel de largo itinerario denominado Juárez - Serdán para alojar dos nuevos carriles de circulación ya que actualmente se forma un "cuello de botella", al pasar de una sección mínima de seis carriles de circulación (2 vehiculares en cada sentido y dos centrales para el transporte público), a cuatro carriles de circulación sin espacio central para el metrobus, por esta razón es necesario ampliar el túnel existente en una longitud de 120 m y un ancho de 9 m para alojar dos nuevos carriles de circulación y formar una vialidad continua, los trabajos consistirán en:

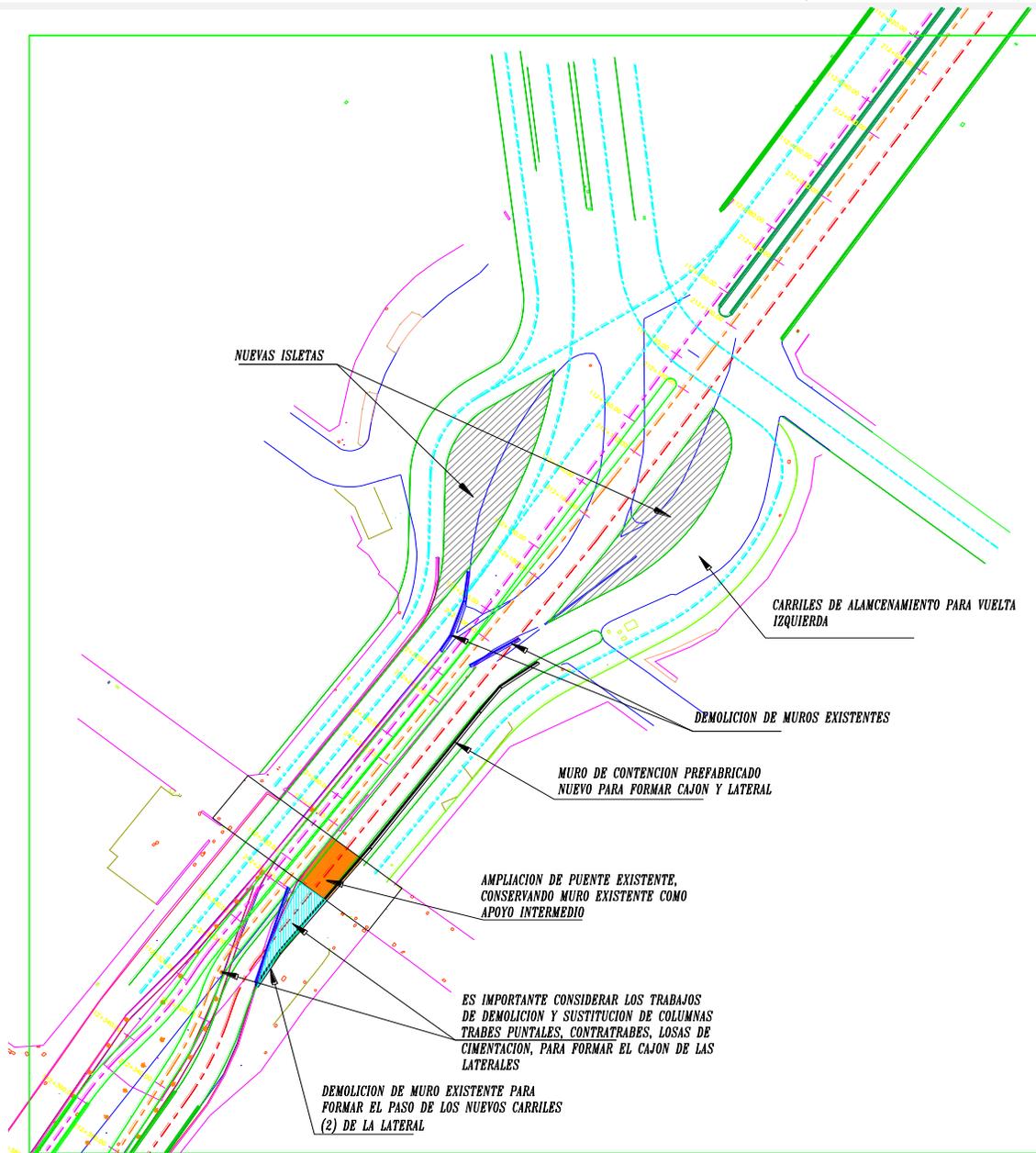
*Excavación de las zanjas aproximadamente de 15 m. de profundidad y 120 m de longitud en la zona de los carriles laterales para colocar en el sitio los muros de contención denominados "Muros Milán", mediante módulos de concreto reforzado prefabricados y colocados en el sitio mediante grúas.

*Excavación de carriles laterales en la zona comprendida entre los dos muros de contención, (existente y nuevo), para posteriormente realizar la demolición de los muros de contención existentes, así como de las columnas y losas de circulación superior para ampliar el ancho de circulación del túnel.

*Se desarrollara la ampliación del puente existente en la calle 2 Norte para librar los nuevos carriles de circulación del túnel y dejar el espacio necesario para la circulación de los autobuses del metrobus en la parte central, este puente se formara por un nuevo claro de 10 m de largo por 20 m de ancho apoyado en los muros de contención y formado por tabletas prefabricadas de concreto reforzado con una losa en la parte superior de 20 cm de peralte armada con acero de refuerzo.

* Se construirán las nuevas columnas y losas superiores para restituir los carriles de circulación de las laterales existentes que se encuentran a nivel.

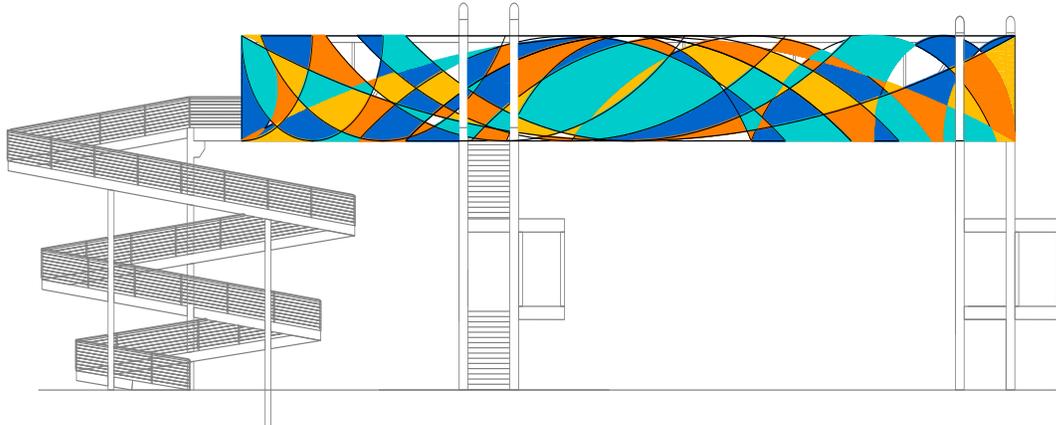
* Se modificaran los camellones y banquetas existentes en la salida del túnel para desarrollar un distribuidor vial a nivel mas eficiente para los movimientos vehiculares del metrobus y de los vialidades existentes que interceptan en este punto.



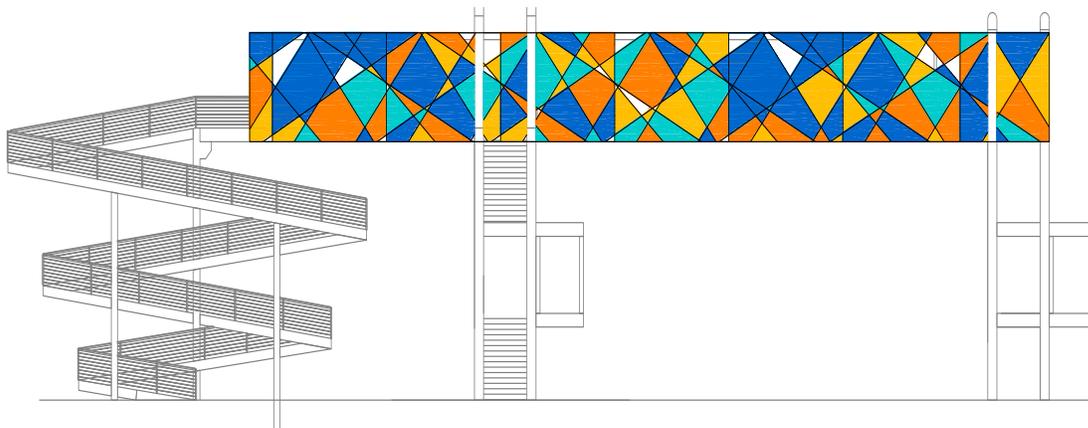
ESQUEMA DE TRABAJOS POR DESARROLLAR EN EL DISTRIBUIDOR VIAL JUAREZ SERDAN

PUENTES PEATONALES

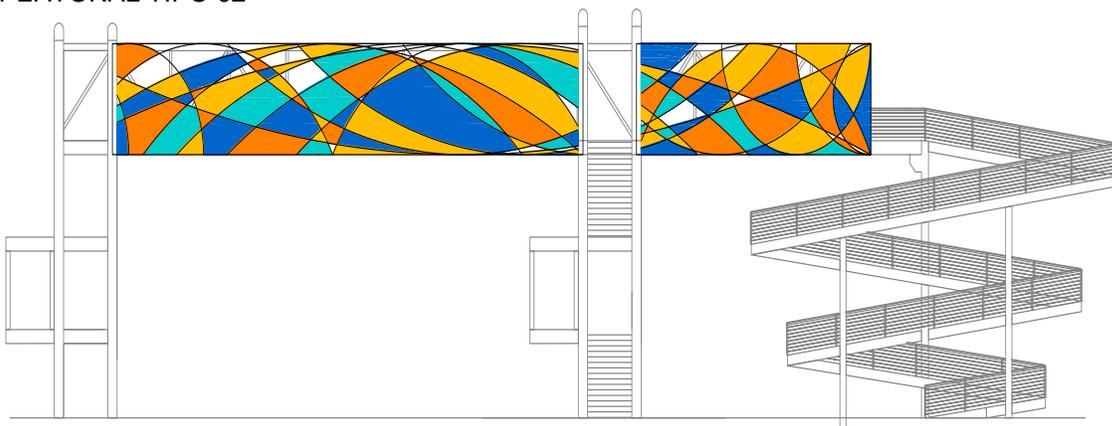
Se desarrollaran 19 puentes peatonales a lo largo del 18.5 Kms de desarrollo del metrobus los cuales estarán formados por rampas de acceso para minusválidos de concreto reforzado en forma de rampas lineales o de forma helicoidal, se apoyaran en columnas de concreto y tendrán una altura libre de 5.5 m para el caso de vialidades y de 7.5 m para el cruce sobre las vías del ferrocarril, la zona del andador peatonal estar formada por una "armadura" de acero con sistema de piso del sistema losacero y contarán con un imagen urbana compuesta por fachadas formadas por paneles de Aluminio compuesto tipo Alucobond, Reynobond, Reynolux, Sabic o similar en ambas caras con formas poligonales irregulares de acuerdo a las imágenes siguientes:



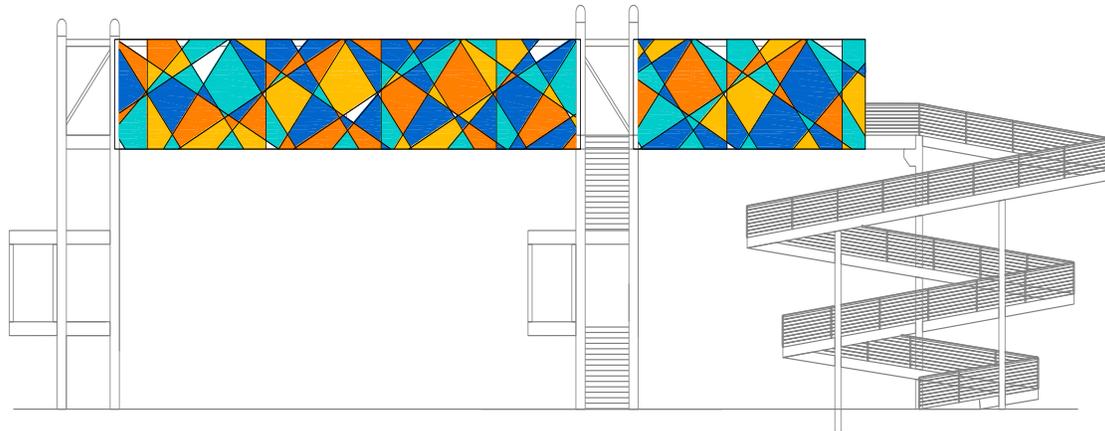
PEATONAL TIPO 01



PEATONAL TIPO 02



PEATONAL TIPO 03



PEATONAL TIPO 04



PANORAMICA DE LAS RAMPAS DE LOS PUENTES PEATONALES



PANORAMICA DE LAS RAMPAS DE LOS PUENTES PEATONALES



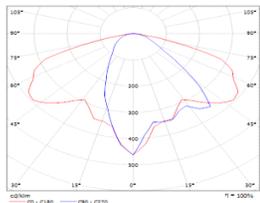
PANORAMICA DE LAS RAMPAS DE LOS PUENTES PEATONALES



VISTA DE LOS PUENTES PEATONALES CON EL SISTEMA DE ILUMINACION NOCTURNA

Para el caso de la iluminación en el interior del puente peatonal en la cubierta se colocaran las celdas solares que alimentaran la red de iluminación en el pasillo a base de luminarias de leds en color blanco, así mismo otro circuito alimentara las fachadas del puente peatonal que llevaran “líneas” de iluminación a base de leds a cada 30 cm, en todas las líneas perimetrales de los polígonos en color azul, estas líneas de iluminación tendrán únicamente un fin estético por lo que su luminosidad será baja.

 <p>EJECUCION Y CONTROL DE OBRA CATALOGO DE CONCEPTOS</p>			
OBRA. PAVIMENTACIÓN DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO DEL "BRT" (AMBOS SENTIDOS)			
No.	CONCEPTO		IMPORTE
A	PRELIMINARES		\$6,810,000
B	REUBICACIONES (" MOVIMIENTO Y MODIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE LÍNEAS PRIMARIAS AÉREAS Y/O SUBTERRANEAS".)		\$23,005,059
C	TERRACERIAS		\$128,957,000
D	AGUA POTABLE		\$4,665,000
E	DRENAJE PLUVIAL		\$4,510,000
F	ALBAÑILERIA		\$6,450,800
G	PAVIMENTO		\$121,360,000
I	SEÑALAMIENTO PREVENTIVO		\$1,310,000
J	TRABAJOS VARIOS		\$2,890,000
GRAN TOTAL			\$299,957,859

 <p>EJECUCION Y CONTROL DE OBRA CATALOGO DE CONCEPTOS</p>			
OBRA. ALUMBRADO PUBLICO SOBRE EL CORREDOR			
No.	CONCEPTO		IMPORTE
A	<p>SISTEMA DE ILUMINACION SOLAR QUE INCLUYE LUMINARIO DE 52 LEDS DE 122 LM ON/OF FABRICADO DE ALUMINIO INYECTADO ALEACIÓN ESPECIAL PARA DISIPACIÓN DE TEMPERATURA EN SOPORTE GIRATORIO, ÓPTICA MULTIDIRECCIONAL DE PRISMAS IRREGULARES DE PMMA CURVA DE DISTRIBUCIÓN TIPO III.</p> <p>PANEL SOLAR MONO CRISTALINO DE 190W, BATERÍA SELLADA DE 250AH Y CARGADOR SOLAR DE 20 A CON SOPORTE PARA MONTAJE EN POSTE , POSTE CÓNICO CIRCULAR DE 8 METROS DE ALTURA CON ANCLAS DE 1"X 1 METRO.</p> <p>DISTANCIA INTERPOSTAL 25 METROS.</p>	 <p>ALUMBRADO PUBLICO=</p>	\$8,816,654
GRAN TOTAL			\$8,816,654

No.	CONCEPTO	IMPORTE
1	LIMPIEZA Y TRAZO DE LA ZONA , EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS, PERFORACION DE POZO, RELLENO DE MATERIAL DE BANCO EN ZAPATAS EN MATERIAL TIPO II.	\$22,210,244
2	PLANTILLA DE CONCRETO SIMPLE	\$10,900,449
3	CONCRETO PREMEZCLADO PARA DIVERSAS ESTRUCTURAS	\$77,508,258
4	ACERO DE REFUERZO CUALQUIER DIAMETRO	\$59,600,003
5	TRABES PRESFORZADAS TIPO CAJON	\$54,199,958
6	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO	\$3,800,000
7	OBRAS COMPLEMENTARIAS: (Drenaje, Alumbrado, etc.)	\$25,370,450
GRAN TOTAL		\$253,589,363

No.	CONCEPTO	IMPORTE
1	SERVICIOS PRELIMINARES	\$5,340
2	CIMENTACIÓN, PLATAFORMA, ESTRUCTURA METÁLICA.	\$2,134,201
3	INSTALACIONES ELÉCTRICAS, LUMINARIO DE 1W 24V MONOCROMATICOS	\$527,518
4	MOBILIARIO Y EQUIPO, COMUNICACIÓN VISUAL	\$216,770
5	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	\$105,645
TOTAL POR PARADERO		\$2,989,474
GRAN TOTAL POR 38 PARADEROS		\$113,600,000

 EJECUCION Y CONTROL DE OBRA CATALOGO DE CONCEPTOS			
OBRA. SEÑALAMIENTO VIAL			
No.	CONCEPTO		IMPORTE
A	ADECUACION DE INTERSECCIONES (42), SEMAFOROS, ETC.		\$7,066,770
B	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL DE TRANSITO INCLUYE SUMINISTRO Y MANO DE OBRA POR KILOMETRO EN AMBOS CUERPOS VIALES		\$2,134,201
C	SEÑALAMIENTO VERTICAL DE TRANSITO INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION EN AMBOS CUERPOS VIALES		\$3,275,180
D	SEPARADOR FISICO DE TRAFICO TIPO VIALETON PARA EL CONFINAMIENTO PARCIAL DEL CARRIL DERECHO. INCLUYE SUMINISTRO Y MANO DE OBRA, VIALETON A CADA 3.00 MTS.		\$1,070,946
TOTAL POR PARADERO			\$13,547,097

 EJECUCION Y CONTROL DE OBRA CATALOGO DE CONCEPTOS			
OBRA. INSTALACION PARA EQUIPO CCO			
No.	CONCEPTO		IMPORTE
	SERVICIO DE SONORIZACIÓN DE TERMINAL		\$23,309
	SERVIDORES, ESTACIONES DE TRABAJO Y EQUIPOS PARA RED		\$284,008
	TERMINAL SOLAMENTE CON CCT		\$326,329
	SERVIDORES, ESTACIONES DE TRABAJO Y EQUIPOS PARA RED DE CCT		\$203,063
	EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL DE TRÁFICO		\$14,447,560
	SISTEMA DE MONITOREO DE IMAGENES		\$2,645,575
	SISTEMA DINÁMICO DE INFORMACIÓN		\$282,240
	SISTEMA DE SONIDO AMBIENTAL		\$327,340
	SISTEMA DE MONITOREO EN AUTOBUS		\$5,791,418
	RED WIRELESS PARA COMUNICACIÓN CON EQUIPOS A BORDO DE AUTOBUS		\$3,525,000
TOTAL POR PARADERO			\$27,855,843

 EJECUCION Y CONTROL DE OBRA CATALOGO DE CONCEPTOS			
OBRA. ADECUACIÓN DE SALIDA DEL VIADUCTO JUAREZ - SERDAN			
No.	CONCEPTO		IMPORTE
1	PRELIMINARES		\$3,400,000
2	PERFORACION PARA COLADO DE MURO MILAN DE 20 CM DE ESPESOR, EN MATERIAL TIPO B, UTILIZANDO ADEME METALICO Y LODO BENTONIFICO.		\$2,955,205
3	MURO MILAN DE 20 CM DE ESPESOR		\$12,388,430
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS: (Drenaje, Alumbrado, etc.)		\$9,865,491
TOTAL POR PARADERO			\$25,209,126



 EJECUCION Y CONTROL DE OBRA CATALOGO DE CONCEPTOS			
OBRA. PASOS PEATONALES (TUNELES Y SUPERIORES)			
No.	CONCEPTO		IMPORTE
1	PRELIMINARES		\$8,450,000
2	ACERO DE REFUERZO CUALQUIER DIAMETRO		\$10,565,000
3	CONCRETO PREMEZCLADO PARA DIVERSAS ESTRUCTURAS		\$11,596,392
4	TRABAJOS VARIOS		\$1,422,772
TOTAL POR PARADERO			\$32,034,164

 EJECUCION Y CONTROL DE OBRA CATALOGO DE CONCEPTOS			
OBRA. MUROS DE PROTECCION EN DERECHOS DE VÍA (FERROSUR).			
No.	CONCEPTO		IMPORTE
1	PRELIMINARES		\$1,309,000
2	ALBAÑILERIA		\$580,000
3	ACERO DE REFUERZO CUALQUIER DIAMETRO		\$2,350,000
4	CONCRETO PREMEZCLADO PARA DIVERSAS ESTRUCTURAS		\$3,549,091
5	TRABAJOS VARIOS		\$688,000
TOTAL POR PARADERO			\$8,476,091

 <p>EJECUCION Y CONTROL DE OBRA CATALOGO DE CONCEPTOS</p>			
OBRA. SEÑALAMIENTO (OBRAS DE PROTECCION EN TRAMO DE VIAS DE FFCC)			
No.	CONCEPTO		IMPORTE
1	PRELIMINARES		\$1,500,890
2	SEÑALETICA Y DISPOSITIVOS DE PROTECCION EN VIAS DE FFCC.		\$4,472,094
3	ACERO DE REFUERZO CUALQUIER DIAMETRO (PARA ESTRUCTURA DE PROTECCION, PLUMAS METALICAS, CIMENTACIONES, ETC.)		\$5,812,000
4	CONCRETO PREMEZCLADO PARA DIVERSAS ESTRUCTURAS		\$6,900,218
5	CERCA DE PROTECCION (MALLA CERO)		
6	TRABAJOS VARIOS		\$1,447,560
TOTAL POR PARADERO			\$20,132,762

Anexo 8. Dimensionamiento de flota vehicular.

Organización de la Información

Dentro de este punto es importante tomar en cuenta varios aspectos entre los cuales destacan:

Las variables del sistema de transporte tienen un componente espacial. De manera inicial la mayoría de la información resultante está contenida en tablas, para fines de análisis esta información debe ser representada sobre una base geográfica.

Los SIG son sistemas que unen la información resultante a su componente geográfico. Utilizando sistema de coordenadas (latitudes y longitudes), y el sistema UTM (Puebla se encuentra el UTM 14), cuando la información es transformada a formato SIG este sistema agrega una ubicación común a cada registro

El SIG trata 3 tipos de entes geométricos:

- Puntos que en transporte pueden representar señalamientos y ubicación de generadores de tránsito
- Segmentos pueden representar tramos de vías o itinerarios de transporte público.
- Polígonos representan límites como AGEBS, zonas de transporte, colonias, delegaciones, municipios, estados o cualquier área que se desee representar.

Etapas del Modelaje para la Planeación del Transporte

El Proceso de Modelaje generalmente es tratado en cuatro etapas:

- i. -Generación de viajes o de la demanda**
- ii. -Distribución de viajes**
- iii. -División o selección modal**
- iv. -Distribución de las redes de transporte**

La 3 primeras etapas tiene por óptica central la simulación del comportamiento de la demanda por transportes, la primera etapa se basa en informaciones socioeconómicas y socio demográficas de la población o actividades económicas en el área de estudio además de características de uso ocupación y capacidad de suelo.

Principales aéreas generadoras de viajes encontradas de acuerdo a resultados de matriz OD

Distribución con Modelo Gravitacional

Incorporan en la distribución la demanda una función de impedancia $f(g_{ij})$ en cada pareja de zonas de tráfico donde :

Con respecto a los atributos del usuario son: tipo de automóviles, ingreso familiar o individual, nivel cultural, estructura familiar.

Los atributos del transporte son: costo del viaje, tiempos del viaje tiempos de espera, confort y conveniencia, seguridad, regularidad y confiabilidad y accesibilidad.

Modelos de Selección discreta

Los modelos de elección discreta permiten estimar viajes a partir de la probabilidad de que cada individuo realice un viaje.

Teoría de la Utilidad Aleatoria.

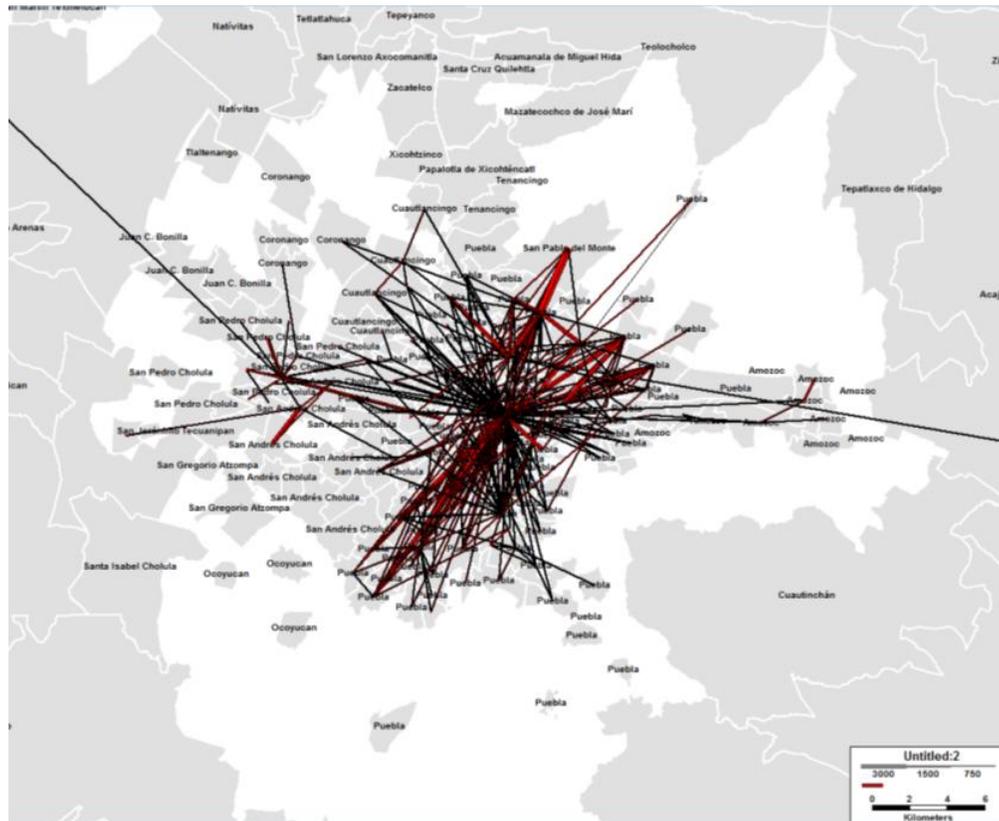
Los individuos pueden separarse en grupos, de tal manera que cada uno de ellos pertenezca a una categoría homogénea en cuanto a las características socioeconómicas y al conjunto A_q de alternativas disponibles.

Al hacer una selección los individuos buscan la alternativa que maximice su utilización

Modelo Logit multinomial

Es el modelo más conocido y utilizado. Es el producto del cambio de la expresión de probabilidad a partir de las hipótesis de que las variables aleatorias CEK son independientes e idénticamente distribuidas según la distribución de weibull.

Figura a. Deseos de Viajes de Transito General – Escenario Base 2008-2009



En 1994 se realizó un estudio denominado “Estudio Integral de Vialidad y Transporte”³⁹, se elaboró una encuesta de O-D domiciliaria⁴⁰ que registraba en la zona de estudio una total de 2,250,075 viajes, para 2010 son un total de 3,561,312 viajes un incremento de 58% en un periodo de 16 años. De los cuales 1,887,751 viajes diarios para 2011 son en transporte público.

³⁹ LOGIT LOGISTICA INFORMATICAY TRANSPORTE.

⁴⁰ GIM, Encuesta Origen – Destino 1993-1994.

Tabla a. Principales Zonas Generadoras y Atractoras de Viajes 2011.

Descripción de la Zona	ZONA 2011	POBLACIÓN TOTAL	TOTAL DE VIVIENDAS HABITADAS	GENERACIÓN TRANSPORTE PÚBLICO	ATRACCIÓN TRANSPORTE PÚBLICO	% de Viajes Generados en la Zona	Índice de Desplazamientos por habitante
Delimitación de la 18 poniente- 5 Norte- 4 Norte y 5 Poniente - Zona Centro	3	4,419	1,236	95,936	95,345	15%	21.71
Ciudad Universitaria	122	6,859	1,947	39,294	39,656	6%	5.73
Zona de la Central de Abasto	84	25,133	6,115	38,855	41,370	6%	1.55
Zona del Mercado Hidalgo	81	3,717	853	30,047	30,868	5%	8.08
Parque Industrial Puebla 2000	91	22,140	4,824	29,741	30,407	5%	1.34
San Pablo del Monte	257	55,760	10,158	27,799	28,196	4%	0.50
Barrio de San Pablo	5	5,582	1,651	23,934	24,591	4%	4.29
18 Poniente - 11 Norte- 5 Norte- 5 Oriente	4	3,282	931	23,722	24,386	4%	7.23
Zona Comercial Plaza Dorada	22	6,539	1,968	23,305	22,604	4%	3.56
Zona Infonavit Agua Santa	156	20,693	5,087	22,361	22,800	4%	1.08
Zona CAPU	58	4,723	1,173	19,664	20,156	3%	4.16
Zona de Xonacatepec	101	28,945	7,049	18,588	18,733	3%	0.64
Zona Centro Comercial Angelópolis - IBERO	161	7,162	1,879	18,264	18,392	3%	2.55
Zona del Alto - Paseo de San Francisco	1	5,506	1,613	18,231	19,595	3%	3.31
Zona de Infonavit San Bartolo	145	28,443	7,074	18,165	18,765	3%	0.64
Centro de San Pedro Cholula	191	6,168	1,571	16,945	16,808	3%	2.75
Zona de la subestación de la bosque de Santa Anita	97	19,500	4,240	16,898	16,912	3%	0.87
11 Norte Sur - 19 Poniente, 16 de Sept-5ote	7	5,742	1,743	16,384	16,130	3%	2.85
Zona del Barrio de San Antonio	65	8,747	2,407	16,143	15,122	2%	1.85
zona de Infonavit Mayorazgo- san francisco Mayorazgo	157	25,377	6,806	16,120	16,141	3%	0.64
Zona Centro de San Andrés Cholula	178	10,052	2,101	15,712	15,910	2%	1.56
Zona de Ciudad Judicial	185	14,703	4,195	15,438	14,400	2%	1.05
Zona de Parque Ecológico - Colonia Azcarate	19	6,746	1,999	14,999	14,351	2%	2.22
Zona Colonia México 68	9	6,128	1,485	14,938	14,837	2%	2.44
Zona del Barrio de Santiago	6	4,414	1,322	13,991	14,404	2%	3.17
Zona de la Rivera Anaya	100	10,104	2,346	13,791	14,003	2%	1.36
Planta de la VW.	90	1,031	256	13,684	16,227	3%	13.27
		347,615	84,029	632,948	641,109	100%[1]	1.82

Fuente: LOGIT

Figura b . Principales Zonas Generadoras y Atractoras de Viajes
Modalidad: Transporte Público
Periodo: Todo el día.



Fuente: LOGIT

Dentro del corredor seleccionado y la información obtenida se determina el comportamiento de la demanda de la siguiente manera:

Fueron realizados todos y cada uno de los estudios necesario para la obtención de la demanda:

- Encuesta Origen destino Domiciliaria⁴¹- Que permitió la obtención de la demanda además e otros indicadores para todos los modos de movilidad.
- Encuesta origen destino a bordo de las unidades en un conjunto total de 84 rutas.
- Frecuencia de paso y ocupación visual para todo el sistema de transporte público de la zona metropolitana que permitió determinar la demanda puntual (demanda en un solo punto de ida y de regreso para calibrar el modelo, así como el número de vehículos de cada una de las rutas del sistema actual).
- Ascenso y descenso en 84 rutas muestras.

De ahí nos permitió determinar la demanda sobre el corredor determinado como alternativa propuesta, en base a 3 coberturas de corredor

- a) Cobertura de 500 mts.
- b) Cobertura de 1000 mts.
- c) Cobertura de 1500 mts.

Las informaciones resultantes del modelo necesitan ser calibradas con la información en campo permitiendo una corrección y ajustes de los datos finales.

⁴¹ Información resultante de las líneas de deseo del modelo de Planeación TRANSCAD.

a) Cobertura de 500 mts.

En base a una cobertura de 500 mts. de influencia sobre el corredor se obtuvieron las principales líneas de deseo, es decir los deseos principales de desplazamiento de los usuarios a pie de corredor, en donde se puede definir la demanda sobre el corredor con distancia menores de 500 mts. a caminar.

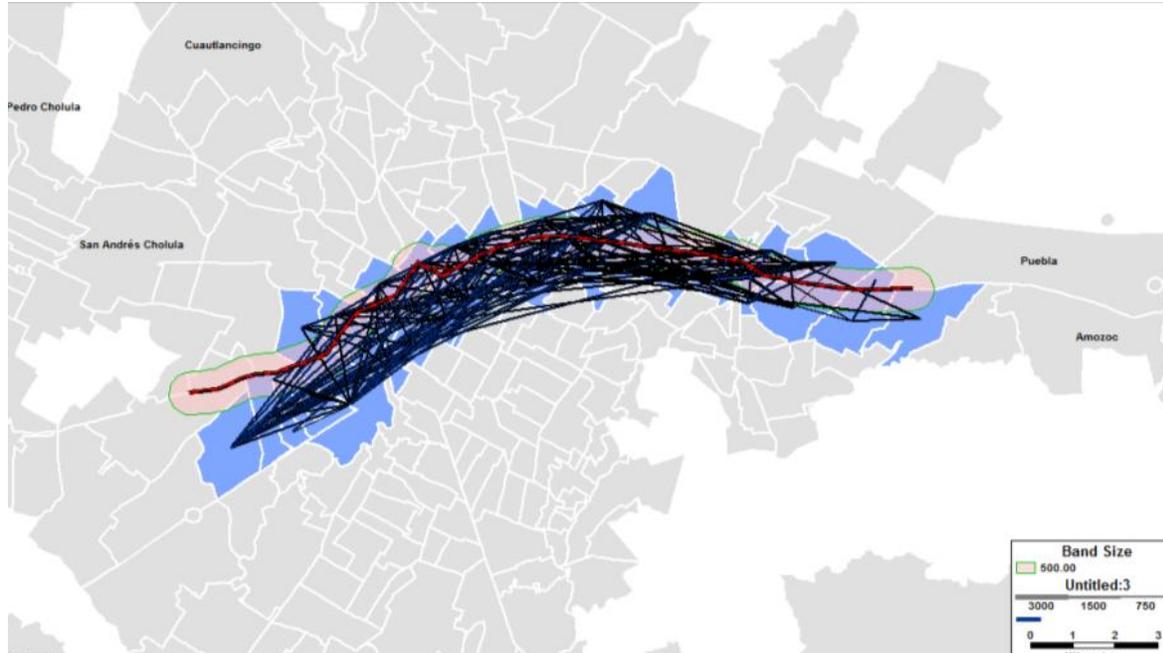
Tabla b. Resultados del modelo en relación a una demanda en una cobertura de 500 mts. - 2011.

Field	Count	Sum	Minimum	Maximum	Mean	[Std. Dev.]
ID	215	509508.00	126.00	5055.00	2369.8047	1220.0065
Length	215	675.59	0.43	11.29	3.1423	2.1914
Dir	215	-1.00	-1.00	1.00	-0.0047	0.4774
ORIGEN	215	12177.00	2.00	214.00	56.6372	39.6395
DESTINO	215	22257.00	4.00	300.00	103.5209	49.9434
AB	190	35208.14	27.98	1148.53	185.3060	168.3504
BA	191	36196.91	27.98	1408.74	189.5126	184.4593
[Core ID]	215	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000

Fuente: LOGIT

Nos define que con dicha cobertura de 500 mts. Se tiene una demanda en el sentido 1 (AB) de 35,208 y en el otro sentido 2 (BA) de 36,196 para un volumen diario de 71,404 viajes diarios en transporte público.

Figura c. Patrones de movilidad (Líneas de Deseo de viajes), en una cobertura de 500 mts. A eje del corredor – 2011.



Fuente: LOGIT

b) Cobertura de 1000 mts.

En base a una cobertura de 1000 mts. de influencia sobre el corredor se obtuvieron las principales líneas de deseo, es decir los deseos principales de desplazamiento de los usuarios, en donde se puede definir la demanda sobre el corredor con distancia menores de 1000 mts., lo que implica transferencias dentro de las rutas seleccionadas dentro de modelo.

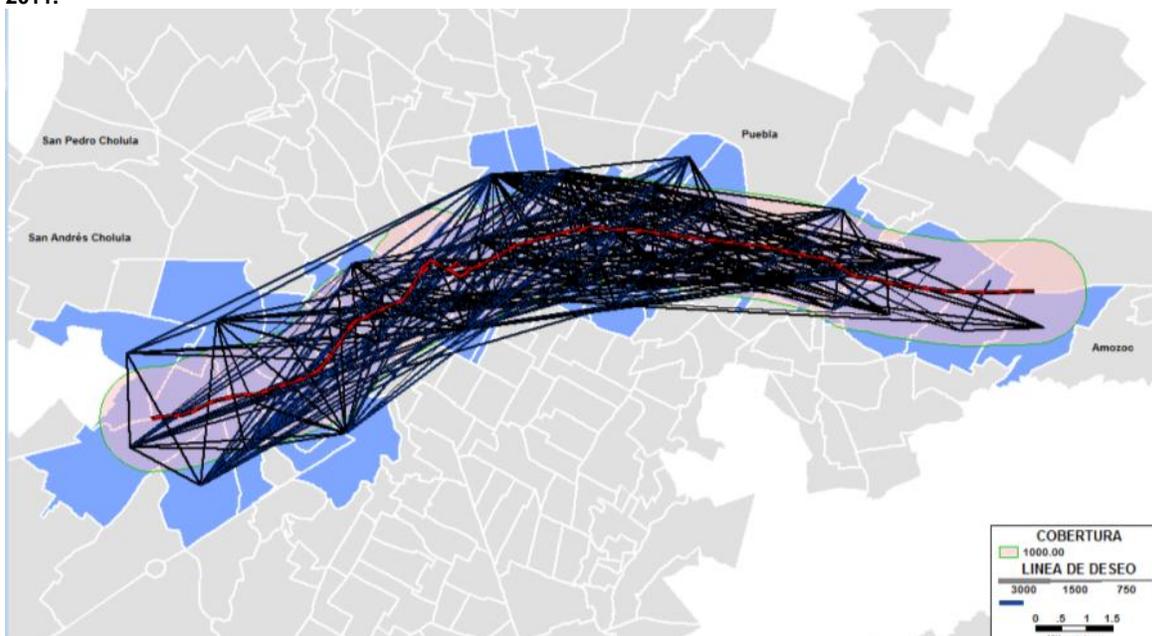
Tabla c. Resultados del modelo en relación a una demanda en una cobertura de 1000 mts. - 2011.

Dataview95 - TP2011-OD Matrix Des Statistics						
Field	Count	Sum	Minimum	Maximum	Mean	[Std. Dev.]
ID	354	875076.00	126.00	5144.00	2471.9661	1145.8794
Length	354	1258.23	0.43	11.29	3.5543	2.3939
Dir	354	-3.00	-1.00	1.00	-0.0085	0.4663
ORIGEN	354	21131.00	2.00	264.00	59.6921	40.2500
DESTINO	354	38986.00	4.00	300.00	110.1299	57.3973
AB	314	52571.27	15.03	1148.53	167.4244	137.0785
BA	317	54943.68	15.03	1408.74	173.3239	151.9507
[Core ID]	354	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000

Fuente: LOGIT

Nos define que con dicha cobertura de 1000 mts. Se tiene una demanda en el sentido 1 (AB) de 52,571 y en el otro sentido 2 (BA) de 54,943 para un volumen diario de 107,514 viajes diarios en transporte público.

Figura d. Patrones de movilidad (Líneas de Deseo de viajes), en una cobertura de 1000 mts. A eje del corredor – 2011.



Fuente: LOGIT

c) Cobertura de 1500 mts.

En base a una cobertura de 1500 mts. de influencia sobre el corredor se obtuvieron las principales líneas de deseo, , en donde se puede definir la demanda sobre el corredor con distancia menores de 1500 mts., ya lo que implica transferencia a de otras rutas una demanda exclusiva de las rutas alimentadoras.

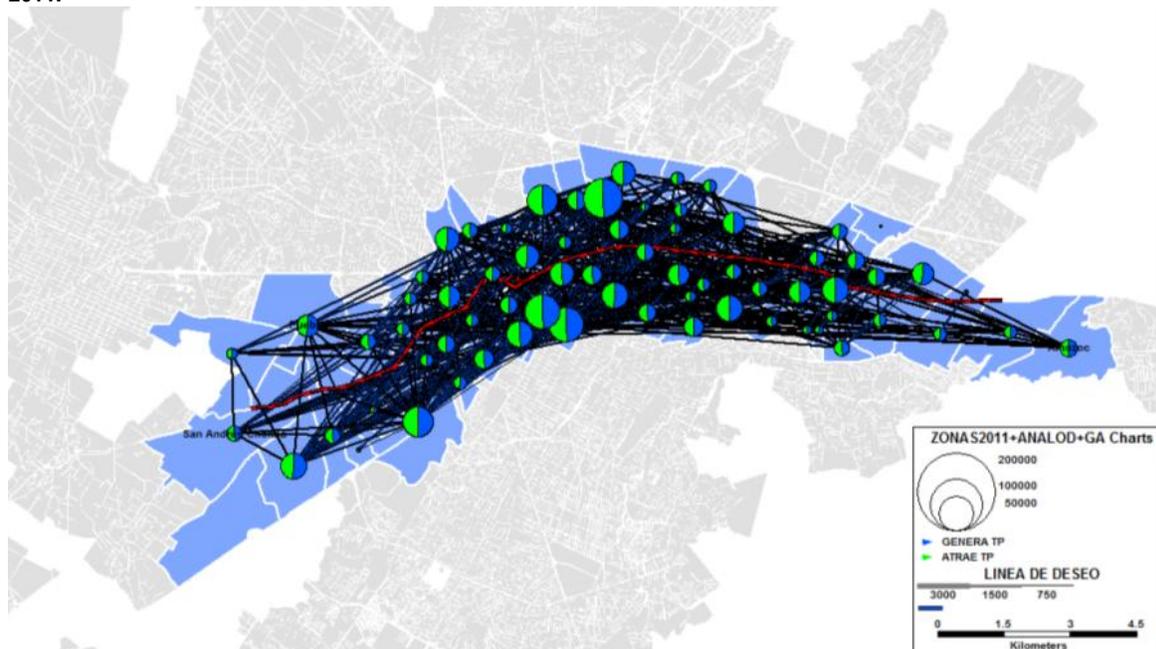
Tabla c. Resultados del modelo en relación a una demanda en una cobertura de 1000 mts. - 2011.

Dataview121 - TP2011-OD Matrix Des Statistics						
Field	Count	Sum	Minimum	Maximum	Mean	[Std. Dev.]
ID	603	1335297.00	126.00	5144.00	2214.4229	1221.5511
Length	603	2220.05	0.27	13.45	3.6817	2.4790
Dir	603	-9.00	-1.00	1.00	-0.0149	0.4551
ORIGEN	603	31215.00	2.00	264.00	51.7662	41.1187
DESTINO	603	66241.00	4.00	300.00	109.8524	58.7683
AB	536	95203.22	15.03	1148.53	177.6179	144.7842
BA	545	96805.57	15.03	1408.74	177.6249	145.8309
[Core ID]	603	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000

Fuente: LOGIT

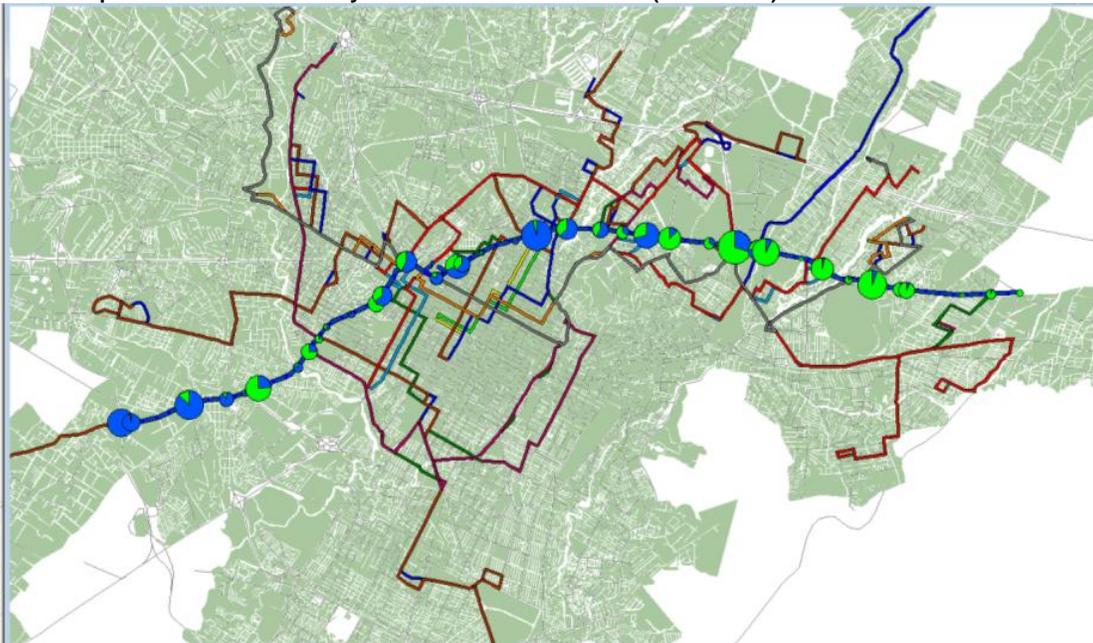
Nos define que con dicha cobertura de 1500 mts. Se tiene una demanda en el sentido 1 (AB) de 52,571 y en el otro sentido 2 (BA) de 54,943 para un volumen diario de 107,514 viajes diarios en transporte público.

Figura e. Patrones de movilidad (Líneas de Deseo de viajes), en una cobertura de 1500 mts. A eje del corredor – 2011.



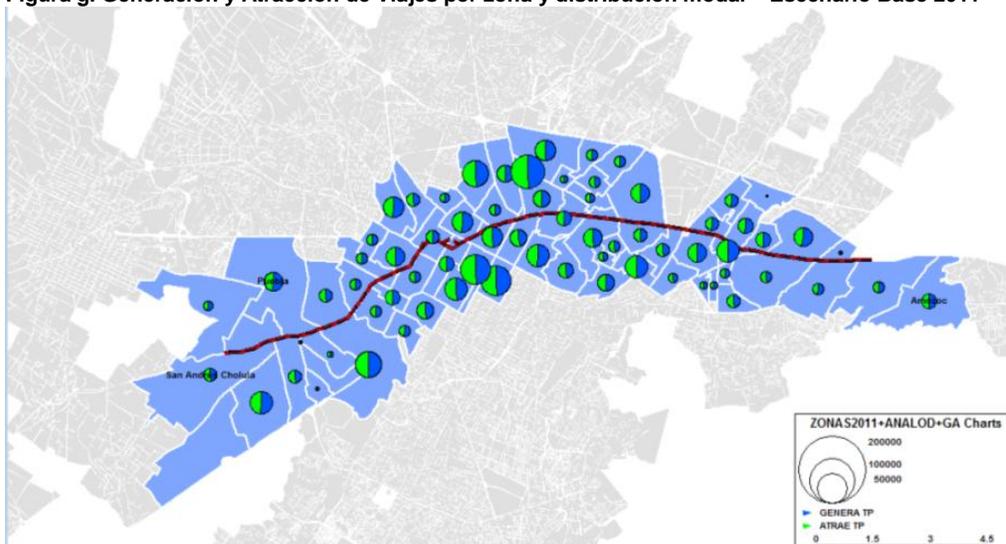
Fuente: LOGIT

Figura f. Comportamiento de ascenso y descenso sobre el corredor (sentido ida) – 2011.



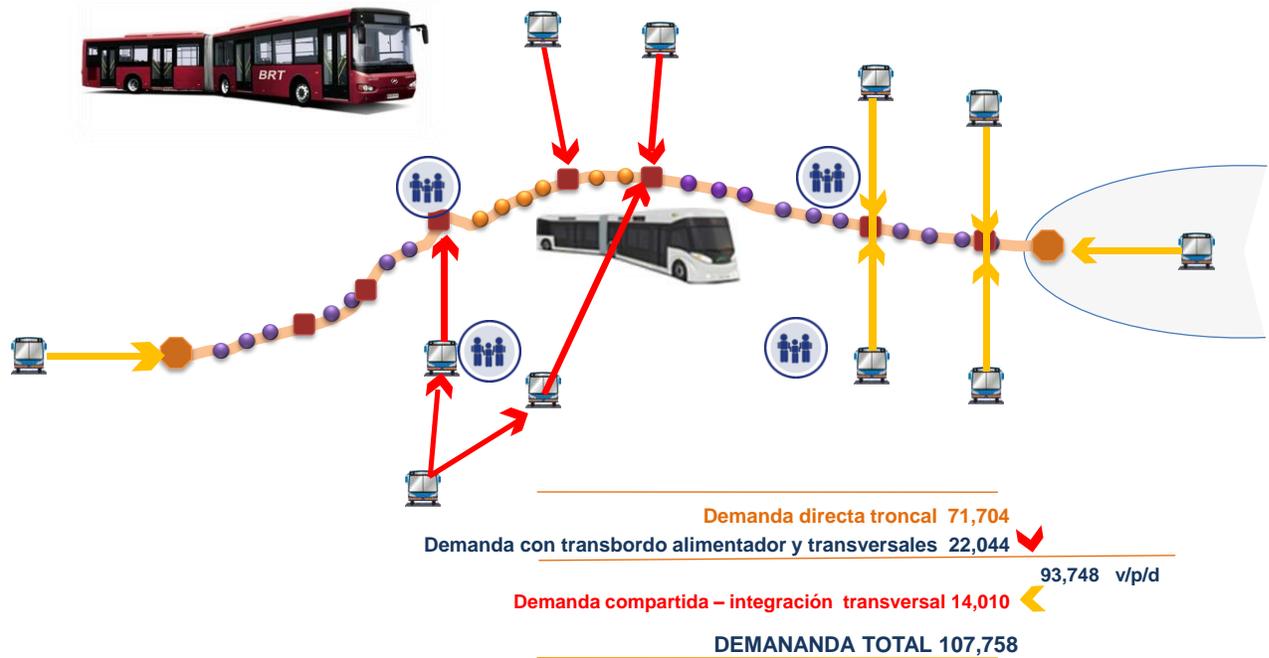
Fuente: LOGIT

Figura g. Generación y Atracción de Viajes por zona y distribución modal – Escenario Base 2011



Fuente: LOGIT

Figura h. Demanda calculada para el corredor propuesto – Escenario Base 2011



Fuente: LOGIT

Con el análisis del modelo permite definir el tamaño de los vehículos por modalidad, número de vehículos, frecuencias y elementos operacionales.

Tabla d. Número de Vehículos requeridos por modalidad

Año: 0 Demanda Diaria: 107,758 Capacidad Típica: Pax/Hr/Sentido: 5,927											
	Bus Mercedes Benz, Volvo, etc	Bus Volvo Híbrido	Bus Hyundai GNC	Bus Mercedes Benz, Volvo, etc	Bus Volvo, etc	Bus Mercedes Benz, Volvo, etc	Translorh Trolley	Vehículo sobre neumáticos Phileas (guiado magnéticamente)	Vehículo sobre neumáticos Bexco (guiado magnéticamente)	Bombardier Tren/rail	Metro/rail
MODALIDAD	CONVENCIONAL DE ALTA CAPACIDAD			ARTICULADOS		BIARTICULADOS		BIMODAL		TREN LIGERO	METRO
Capacidad (Pasajero)	90	90	90	160	160	200	221	188	188	221	335
Tipo de piso del Vehículo (Acceso)	Entrada Baja	Piso Bajo	Piso Bajo	Piso Alto	Piso Bajo	Piso Alto	Piso Bajo	Piso Bajo	Piso Bajo	-	-
Longitud de vehículo (m)	12	12	12	18	18	22	32	24.4	24	-	-
Número de vehículos por sentido	44	44	44	25	25	20	18	21	21	18	12
Número de vehículos ambos sentidos	89	89	89	50	50	40	36	43	43	36	24
Frecuencia (Minutos)	1	1	1	2	2	2	3	2	2	3	4
Numero de vueltas por vehiculo	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Precio / Vehículo (Millon US\$)	0.225	0.45	0.2	0.375	0.45	0.57	2	1.6125	1.4	2.5	5
Inversión inicial en vehículos (Millón US\$)	20.0	40.0	17.8	18.8	22.5	22.8	72.5	68.7	59.6	90.6	119.5
Vida útil (años)	10	10	10	10	10	10	15	20	20	20	20
Inversiones (carril nuevo) (Millón US\$/Km)	5.125	5.125	5.125	5.125	5.125	5.125	7	5.375	5.375	12.375	93.75
Costo de operación (Costo / km / vehículo) (US\$/Km)	1.142	1.142	1.142	1.5	1.5	2.45	2.506	3.276	2.6824	3.584	4.746
Mantenimiento vehículo (US\$/Km)	0.2	0.2	0.2	0.336	0.336	0.55	0.7	0.91	0.63	1.12	1.4
Kilómetros por día en el corredor	25734	25734	25734	14475	14475	11580	10480	12320	12320	10480	6914
Pasajeros por día/vehículo	1211	1211	1211	2153	2153	2691	2973	2529	2529	2973	4507
Capacidad máxima del Vehículo	995	995	995	1769	1769	2211	2443	2079	2079	2443	3704
Costo de operación diario (US\$/Km)	29,388.34	29,388.34	29,388.34	21,713.15	21,713.15	28,371.84	26,262.75	40,358.73	33,045.87	37,560.14	32,812.13

El dimensionamiento de una ruta de autobuses o la elaboración de su esquema de operación puede ser realizado manualmente siguiendo los procedimientos señalados a continuación o bien mediante la utilización de programas informáticos que permiten definir los intervalos óptimos de una determinada ruta, entre los que se encuentran los programas HASTUS, EPON, Busman y Rucus AUTOBUS⁴²

A fin de realizar el dimensionamiento de una ruta es necesario tomar en cuenta los siguientes elementos:

- Capacidad del vehículo
- Intervalo
- Horarios de servicio
- Elaboración de itinerarios
- Determinación del tipo de vehículo

Descripción Metodológica para el dimensionamiento⁴³.

Programación del servicio	Formulación	Proyecto
Intervalo	La frecuencia que dará la capacidad necesaria para cumplir con la demanda se obtiene dividiendo la carga en la sección de máxima demanda entre el número promedio de pasajeros asignados a cada vehículo a través de la selección de un valor para el factor de ocupación (α). Esta frecuencia se expresa como: $f = \frac{P}{\alpha \cdot C_v} \quad \text{o bien} \quad i = \frac{60 \cdot \alpha \cdot C_v}{P}$	$i = \frac{60 \cdot 1.9 \cdot 160}{9304} = 2$ Donde P= demanda por sentido
Índice de Rotación	El factor de rotación (α) es el cociente del número de pasajeros en un vehículo entre la capacidad del vehículo. Es usual que el operador determine un valor para α para cada período de programación de horarios (mayor para las horas pico, menor para las horas valle) calculando primeramente el cociente del número de asientos y la capacidad total del vehículo C_s/C_v .	Se detectó un factor de ocupación de 1.7 a 1.9 en el corredor., para efectos de dimensionamiento se utilizó solo 1.5.
Frecuencia de servicio	$f = \frac{60}{i}$ dónde: 60 = Factor de conversión de minutos a horas f = Frecuencia [vehículos/hora] i = Intervalo [minutos]	$30 = \frac{60}{2}$ dónde: 60 = Factor de conversión de minutos a horas 30=Frecuencia [vehículos/hora] 2 = Intervalo [minutos]
Capacidad vehicular	Número de asientos más los espacios de pie.	160 (más la capacidad de rotación)
Volumen de pasajeros	El volumen de pasajeros (p) es el número de usuarios que pasan por un punto fijo durante una hora, u otro período de tiempo específico.	VPHP= 9304 por sentido ⁴⁵ VPD= 53,878 por sentido (107,757 ambos sentidos).

⁴² LOGIT 1994.

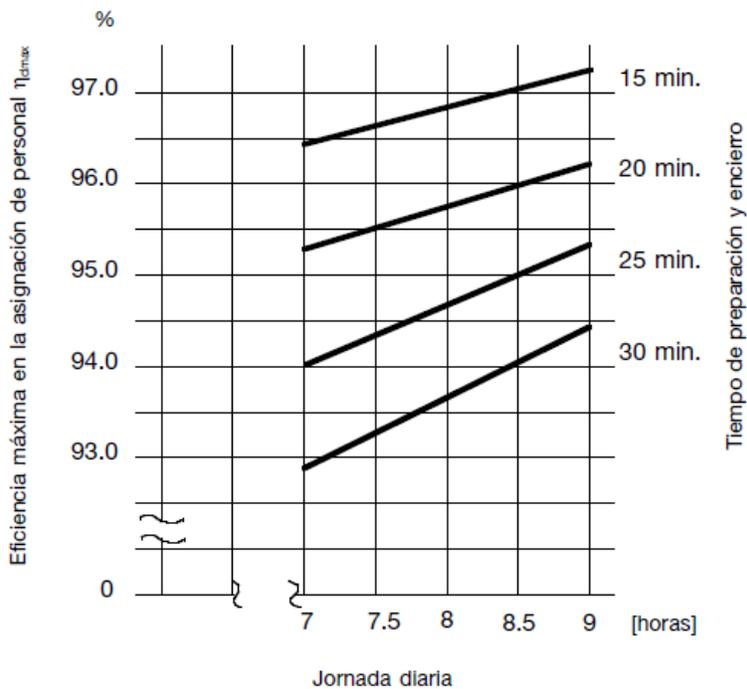
⁴³ LOGIT

⁴⁴ Este es el máximo de la demanda registrada en el periodo pico en un solo sentido, que corresponde al 17% de la demanda total y que solo se presenta en un solo horario.

⁴⁵ La demanda maxima por periodo no coincide el horario de la tarde con el de la mañana el comportamiento es de pendulo.

Sección de máxima demanda	Es la sección (SMD) o punto dentro de la ruta donde ocurre la máxima demanda de pasajeros a bordo de las unidades y establece el volumen de diseño de la ruta.	$\text{VPHP} = 9,304 \text{ por sentido}$ $\text{VPD} = 53,878 \text{ po sentido}$ $(107,757 \text{ ambos sentidos}).$
Volumen de diseño	El volumen de diseño (P) es el que se presenta en la sección de máxima demanda de una ruta.	$\text{VPHP} = 9304 \text{ por sentido}$ $\text{VPD} = 53,878 \text{ po sentido}$ $(107,757 \text{ ambos sentidos}).$
Tiempo de recorrido	El tiempo de recorrido (t_r) es el intervalo de tiempo programado entre salidas de un vehículo de una terminal (cierre de circuito) y su llegada a la terminal opuesta en una ruta, o en su caso, a la misma terminal de partida. $t_r = \frac{d_r}{v_r}$	$t_r = \frac{18.5}{25} = 0.7652 \times 60$ $= 44.4 \text{ minutos por sentido}$ $= 45 \text{ minutos}$
Velocidad de operación	La velocidad de operación (V_o) es la velocidad promedio de una unidad de transporte, en la cual se incluye el tiempo de parada en estaciones o paradas así como las demoras esperadas por razones de tránsito. $V_o = \frac{60 \times L}{t_r}$	$V_o = \frac{60 \times 18.5}{45} = 25$ <p>donde: V_o = Velocidad de operación [km/h] L = Longitud de la ruta [km] t_r = Tiempo de recorrido [min]</p>
Tiempo terminal	Es el tiempo adicional (t_t) que un vehículo espera en la terminal o en el cierre de circuito al tiempo requerido para el ascenso y descenso normal de pasajeros. $\gamma = \frac{t_t}{t_r}$ El rango para este coeficiente γ se ubica entre 0.12 y 0.18	$\gamma = \frac{t_t}{t_r}$ $t_t = \gamma t_r$ $5.32 = .12 \times (44.4) = 6 \text{ minutos}$ $7.99 = .18 \times (44.4) = 8 \text{ minutos}$ <p>De 5 a 8 minutos en terminal máximos</p>
Tiempo de ciclo o vuelta	El tiempo de ciclo (t_c) es el tiempo total de viaje redondo para una unidad de transporte, esto es, el tiempo que tarda en volver a pasar la misma unidad por un punto determinado, el cual se expresa normalmente en minutos. $t_c = 2 (t_r + t_t)$	$t_c = 2 (t_r + t_t)$ $t_c = 2 (44.4 + 6)$ $t_c = 2 (50.4)$ $t_c = 100$
Velocidad comercial	Es la velocidad promedio (V_c) que una unidad de transporte mantiene para dar una vuelta completa.	Es la velocidad promedio (V_c) que una unidad de transporte mantiene para dar una vuelta completa.

	$V_c = \frac{120 \times L}{t_c}$ <p>dónde: V_c = Velocidad comercial [km/h] t_c = Tiempo de ciclo [min]</p> <p>La velocidad comercial determina directamente (junto con el intervalo) el tamaño requerido del parque vehicular y los costos de operación. La velocidad comercial siempre será menor que la velocidad de operación ya que la primera incluye los tiempos terminales, por lo que: $V_c < V_o$</p>	$V_c = \frac{120 \times 18.5}{100}$ <p>$V_c = 22.2 = 22 \text{ km/hr}$</p> <p>dónde: V_c = Velocidad comercial [km/h] t_c = Tiempo de ciclo [min]</p>
<p>Parámetros de eficiencia</p>	$\eta_v = \frac{t_r}{t_c} = \frac{1}{1 + \gamma} = \frac{V_c}{V_o}$ <p>dónde: t_r = tiempo de recorrido t_c = tiempo de ciclo γ = cociente del tiempo de terminal entre el tiempo de recorrido V_o = velocidad de operación V_c = velocidad comercial</p>	$nv = \frac{22.2}{25} = 0.89$



Criterios para determinar los elementos básicos de dimensionamiento		
Recolección de la información requerida		
<ul style="list-style-type: none"> • Longitud de la ruta en una dirección L = 18.5 km. • Tiempo de recorrido tr = 45 minutos hora de máxima demanda (HMD) tr = 42 minutos hora valle (HV) • Volumen de diseño P = 9,304 por sentido usuarios hora pico (HMD y en la SMD) • Capacidad del vehículo Cv= 38 asientos+120 de pie + 2 discapacitado = 158 espacios + 2 discapacitado 		
<p>Vo = 25 km/h para la hora de máxima demanda (HMD)</p> <p>Vo = 27 km/h para la hora valle (HV)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Factor de ocupación $\alpha = 1.90$ • Intervalo mínimo de servicio $i_s = 2$ Minutos • Tiempo de terminal mínimo $t_t = 6$ minutos 	<p>Se calcula el intervalo a partir de la siguiente ecuación:</p> $i = \frac{60 \cdot \alpha \cdot C_v}{P}$ $i = \frac{60 \cdot 1.9 \cdot 160}{9304} = 2$ <p>= 2 minutos</p>
<p>Cálculo del tiempo de ciclo</p> <p>El tiempo de ciclo se calcula a partir de la siguiente expresión:</p> $t_c = 2 (t_r + t_t)$ $= t_c = 2 (44.4 + 6)$ $t_c = 2 (50.4)$ $t_c = 100.8 =$ <p>102 minutos para la HMD</p> <p>= 2 (41 + 5) = 92 minutos para la HV</p>	<p>Determinación del tamaño del parque vehicular</p> <p>El parque vehicular se determina mediante la aplicación de la siguiente expresión:</p> $N = \frac{t_c}{i}$ <p>Ya que el parque vehicular N debe ser un valor entero, el resultado de la expresión anterior se redondea hacia arriba al siguiente número entero. Para el ejemplo:</p> $N_{HMD} = \frac{100.8}{2} =$ $= 50.4 \approx 50 \text{ vehículos en HMD}$ $N_{HV} = \frac{92}{12} =$ $= 7.6 \approx 8 \text{ vehículos en HV}$	<p>A partir de estos nuevos resultados, se requiere ajustar el nuevo tiempo de ciclo a partir de los valores estimados del parque vehicular, lo que implica:</p> $t_c = N \cdot i$ $= 50 \times 2 = 100 \text{ minutos HMD}$ $= 8 \times 12 = 96 \text{ minutos HV}$ <p>Si bien en el ejemplo el tiempo de ciclo resulta igual para los dos periodos bajo consideración, estos tiempos normalmente varían uno de otro. A continuación, se calcula un nuevo tiempo de terminal (tt) a partir de la expresión:</p> $t_t = \frac{t_c - 2t_r}{2} = \frac{100 - 2(44.4)}{2} = 5.6 =$ <p>6 min. HMD</p> $= \frac{96 - 2(46)}{2} =$ <p>7 minutos HV</p>
Finalmente, con los datos anteriores se calcula la velocidad		

⁴⁶ Este es el máximo de la demanda registrada en el periodo pico en un solo sentido, que corresponde al 17% de la demanda total y que solo se presenta en un solo horario.

<p>comercial Vc: $Vc = \frac{120 * L}{tc}$ $VcHMD = \frac{120 \times 18.5}{106.8} = 20.78$ para la HMD $VcHV = \frac{120 \times 18.5}{99} = 22.42 \text{ km/h}$ para la HV</p>		
--	--	--

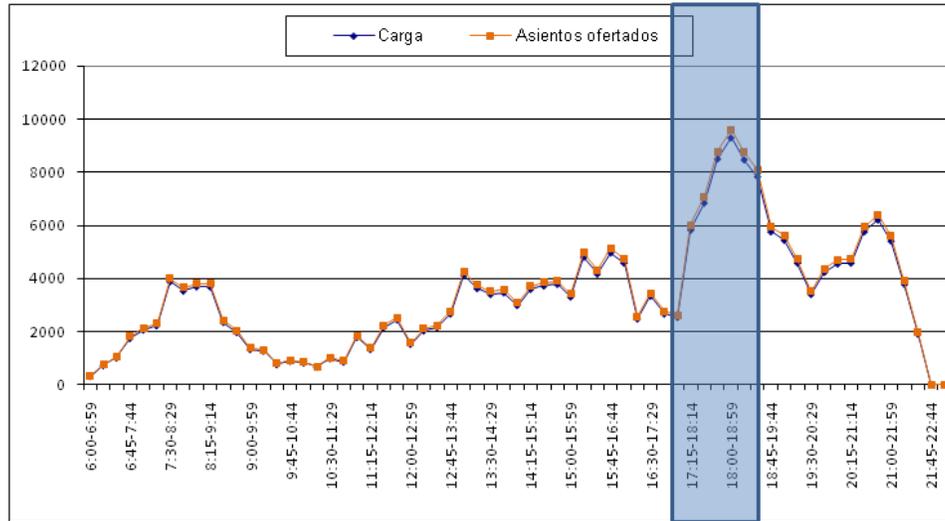
Resultados finales con ajustes de tiempos muertos

Concepto	Hora de máxima demanda Hora Pico	Hora Valle
Intervalo	2 min.	12 min.
Tiempo del Ciclo	106.8 min.	99 min.
Tiempo de Terminal	6 min.	7 min.
Tamaño de la Flota	50 veh.	8 veh.
Velocidad Comercial	21 km/hr.	22 km/hr.
Tt/to (γ)	.12	.12
nv	.84	.88
Vehiculos en operación	50 Veh.	8 Veh
Stock 10%	0 Veh.	Veh
Flota Total	50 veh.	veh.
Indice de Rotación	1.5	1.5
Capacidad Ofertada Maxima	12,000	1,920

Comportamiento de la demanda horaria – Sentido Sur Norte

Horarios	Carga	Asientos ofertados	Frecuencia	Intervalo (minutos)	Porcentaje de carga
6:00-6:59	319	329	1	53	0.59%
6:15-7:14	733	756	3	23	1.36%
6:30-7:29	1020	1052	4	16	1.89%
6:45-7:44	1752	1809	6	10	3.25%
7:00-7:59	2071	2138	7	8	3.84%
7:15-8:14	2230	2302	8	8	4.14%
7:30-8:29	3887	4013	14	4	7.21%
7:45-8:44	3537	3651	13	5	6.56%
8:00-8:59	3696	3815	13	5	6.86%
8:15-9:14	3696	3815	13	5	6.86%
8:30-9:29	2358	2434	8	7	4.38%
8:45-9:44	1975	2039	7	8	3.67%
9:00-9:59	1338	1381	5	13	2.48%
9:15-10:14	1274	1316	5	13	2.37%
9:30-10:29	765	789	3	22	1.42%
9:45-10:44	892	921	3	19	1.66%
10:00-10:59	828	855	3	20	1.54%
10:15-11:14	669	691	2	25	1.24%
10:30-11:29	988	1020	4	17	1.83%
10:45-11:44	860	888	3	19	1.60%
11:00-11:59	1784	1842	6	9	3.31%
11:15-12:14	1338	1381	5	13	2.48%
11:30-12:29	2167	2237	8	8	4.02%
11:45-12:44	2453	2533	9	7	4.55%
12:00-12:59	1529	1579	5	11	2.84%
12:15-13:14	2039	2105	7	8	3.78%
12:30-13:29	2167	2237	8	8	4.02%
12:45-13:44	2676	2763	10	6	4.97%
13:00-13:59	4142	4276	15	4	7.69%
13:15-14:14	3632	3749	13	5	6.74%
13:30-14:29	3409	3519	12	5	6.33%
13:45-14:44	3473	3585	12	5	6.45%
14:00-14:59	2995	3092	11	6	5.56%
14:15-15:14	3600	3717	13	5	6.68%
14:30-15:29	3728	3848	13	4	6.92%
14:45-15:44	3792	3914	14	4	7.04%
15:00-15:59	3314	3421	12	5	6.15%
15:15-16:14	4811	4966	17	3	8.93%
15:30-16:29	4174	4309	15	4	7.75%
15:45-16:44	4970	5131	18	3	9.23%
16:00-16:59	4588	4736	16	4	8.52%
16:15-17:14	2485	2565	9	7	4.61%
16:30-17:29	3346	3453	12	5	6.21%
16:45-17:44	2676	2763	10	6	4.97%
17:00-17:59	2549	2631	9	7	4.73%
17:15-18:14	5831	6019	21	3	10.82%
17:30-18:29	6850	7071	25	2	12.71%
17:45-18:44	8507	8782	30	2	15.79%
18:00-18:59	9304	9604	33	2	17.27%
18:15-19:14	8475	8749	30	2	15.73%
18:30-19:29	7838	8091	28	2	14.55%
18:45-19:44	5767	5953	21	3	10.70%
19:00-19:59	5448	5624	20	3	10.11%
19:15-20:14	4588	4736	16	4	8.52%
19:30-20:29	3409	3519	12	5	6.33%
19:45-20:44	4238	4374	15	4	7.87%
20:00-20:59	4556	4703	16	4	8.46%
20:15-21:14	4588	4736	16	4	8.52%
20:30-21:29	5767	5953	21		10.70%
20:45-21:44	6213	6413	22		11.53%
21:00-21:59	5417	5591	19		10.05%
21:15-22:14	3792	3914	14		7.04%
21:30-22:29	1912	1973	7		3.55%

Periodo de Máxima Carga Sentido Sur- Norte



Comportamiento de la demanda horaria – Sentido Norte-Sur

Horarios	Carga	Asientos ofertados	Frecuencia	Intervalo (minutos)	Porcentaje de carga
6:00-6:59	3475	3587	12	5	6.45%
6:15-7:14	4407	4549	16	4	8.18%
6:30-7:29	4322	4462	15	4	8.02%
6:45-7:44	4767	4921	17	4	8.85%
7:00-7:59	4979	5140	18	3	9.24%
7:15-8:14	4958	5118	18	3	9.20%
7:30-8:29	6335	6539	23	3	11.76%
7:45-8:44	6314	6517	23	3	11.72%
8:00-8:59	6568	6780	24	3	12.19%
8:15-9:14	7055	7283	25	2	13.09%
8:30-9:29	5784	5971	21	3	10.74%
8:45-9:44	5932	6124	21	3	11.01%
9:00-9:59	5996	6189	21	3	11.13%
9:15-10:14	5212	5380	19	3	9.67%
9:30-10:29	6229	6430	22	3	11.56%
9:45-10:44	4026	4155	14	4	7.47%
10:00-10:59	2712	2799	10	6	5.03%
10:15-11:14	2627	2712	9	6	4.88%
10:30-11:29	2839	2931	10	6	5.27%
10:45-11:44	3623	3740	13	5	6.72%
11:00-11:59	5445	5621	20	3	10.11%
11:15-12:14	5191	5358	19	3	9.63%
11:30-12:29	4280	4418	15	4	7.94%
11:45-12:44	4894	5052	18	3	9.08%
12:00-12:59	3983	4112	14	4	7.39%
12:15-13:14	4555	4702	16	4	8.45%
12:30-13:29	4915	5074	18	3	9.12%
12:45-13:44	4407	4549	16	4	8.18%
13:00-13:59	5339	5511	19	3	9.91%
13:15-14:14	4873	5030	17	3	9.04%
13:30-14:29	4534	4680	16	4	8.42%
13:45-14:44	4343	4483	16	4	8.06%
14:00-14:59	3093	3193	11	5	5.74%
14:15-15:14	3030	3127	11	6	5.62%
14:30-15:29	2225	2296	8	8	4.13%
14:45-15:44	2140	2209	8	8	3.97%
15:00-15:59	1886	1946	7	9	3.50%
15:15-16:14	1992	2056	7	8	3.70%
15:30-16:29	2458	2537	9	7	4.56%
15:45-16:44	2140	2209	8	8	3.97%
16:00-16:59	2309	2384	8	7	4.29%
16:15-17:14	2437	2515	9	7	4.52%
16:30-17:29	2373	2449	9	7	4.40%
16:45-17:44	2691	2778	10	6	4.99%
17:00-17:59	2818	2909	10	6	5.23%
17:15-18:14	2860	2953	10	6	5.31%
17:30-18:29	2479	2559	9	7	4.60%
17:45-18:44	2267	2340	8	7	4.21%
18:00-18:59	1886	1946	7	9	3.50%
18:15-19:14	1780	1837	6	9	3.30%
18:30-19:29	1886	1946	7	9	3.50%
18:45-19:44	1928	1990	7	9	3.58%
19:00-19:59	2203	2275	8	8	4.09%
19:15-20:14	1589	1640	6	11	2.95%
19:30-20:29	1610	1662	6	10	2.99%
19:45-20:44	1525	1575	5	11	2.83%
20:00-20:59	1144	1181	4	15	2.12%
20:15-21:14	975	1006	3	17	1.81%
20:30-21:29	508	525	2		0.94%
20:45-21:44	508	525	2		0.94%
21:00-21:59	360	372	1		0.67%
21:15-22:14	360	372	1		0.67%
21:30-22:29	360	372	1		0.67%
21:45-22:44	0	0	0		0.00%
22:00-22:59	0	0	0		0.00%