



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO COSTO - BENEFICIO SOCIAL DEL
DISTRIBUIDOR VIAL EN
CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA**



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTAN:

**ARTEAGA GRIMANY EDUARDO IGNACIO
VÁZQUEZ VALLADOLID CESAR ROMÁN**

DIRECTOR DE TESIS:

M.I. FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F., 2015

Jurado

Presidente: M. I. Hugo Sergio Haaz Mora

Secretario: M.I. Francisco Javier Granados Villafuerte

Vocal: M.I. Agustín Demeneghi Colina

1er suplente: M.I. José Antonio Kuri Abdala

2do suplente: M.I. Luís Alejandro Guzmán Castro

Tesis realizada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

DIRECTOR DE TESIS

M.I. FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE

DEDICATORIAS

***A mi hija Ishtar y a mi esposa Erandeni,
por brindarme siempre su cariño y apoyo en cualquier circunstancia***

***A mis padres, por su incansable lucha en que yo sea una mejor
persona, por todas las noches de desvelo y por su incondicional
apoyo y preocupación todos estos años***

***A mi hermana, por tener a alguien en
quien confiar en cualquier momento***

***A todos mis amigos, por los momentos tan gratos que me hicieron
pasar en la mejor etapa de mi vida, por todo lo que pude aprender
en el camino y por la motivación para culminar este ciclo***

Eduardo Ignacio Arteaga Grimany

***Dedico esta Tesis a todos los que me apoyaron en mi formación
como Ingeniero.***

Cesar Román Vázquez Valladolid

AGRADECIMIENTOS

A la Honorable Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la mejor posibilidad de educación y superación

A la Facultad de Ingeniería, por permitirme enfocar la mente a una visión analítica de las cosas y por abrirme las puertas al mundo con las armas para ser alguien en la vida

A mis maestros y a las personas que me brindan conocimiento

A la vida misma

Eduardo Ignacio Arteaga Grimany

***A la H. UNAM y FI y a todos los que intervinieron en mi formación
como profesionista.***

Cesar Román Vázquez Valladolid

**ESTUDIO COSTO - BENEFICIO SOCIAL DEL
DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV.
BORDO DE XOCHIACA**

RESUMEN

El municipio de Nezahualcóyotl, en el Estado de México, es uno de los que más conflictos viales presenta a nivel nacional, debido a la enorme concentración de población y a la gran cantidad de vehículos que circulan diariamente por las calles y avenidas de la zona, por esta razón es de vital importancia el desarrollo de obras de infraestructura vial que permitan llegar a la solución del problema. En el presente estudio, mediante un ejemplo de aplicación, partiendo de conceptos básicos de Ingeniería de Tránsito y de Evaluación de Proyectos, se presenta el procedimiento para poder determinar si la implementación de una obra de este tipo resulta factible desde el ámbito de su impacto y beneficios que pueden existir económica y socialmente. En primera instancia se debe efectuar un análisis de las demandas actual y futura, se deben presentar alternativas de solución que nos permitan elegir la opción más factible y por último realizar la evaluación económica correspondiente para cada una de las etapas que conforman el proyecto. Al término de los estudios y análisis de nuestro caso en particular, se determinó que la implementación de un puente vehicular en el área de estudio representó la opción más factible desde el punto de vista de solución a corto y mediano plazo del problema.

Un estudio como el que presentamos en este documento debe ser siempre el primer paso antes de cualquier otro estudio de diversa índole o la misma construcción de la obra en cuestión, esto con la finalidad de poder determinar los beneficios que traerá consigo, en comparación con el costo invertido y no tener así una obra que no cumpla con el objetivo primordial de satisfacer una necesidad de la población.

ABSTRACT

In the State of Mexico, the municipality of Nezahualcoyotl is one of the most vials conflict presents at national level due to the huge concentration of population and the large number of vehicles daily on the streets and avenues of the area, this reason it is vital to develop road infrastructure to allow access to the solution of the problem. In the present study, starting from basics Traffic Engineering and Project evaluation by an application example is the procedure to determine whether the implementation of a work of this kind is feasible from the area of impact and benefits that can be economically and socially. In the first instance should be an analysis of the current and future demands, must submit alternative solutions that allow us to choose the most feasible option, and finally perform the corresponding economic evaluation for each of the steps in the project. At the end of the studies and analysis of our particular case, it was determined that the implementation of a vehicular bridge in the study area represented the most feasible option from the point of view of solution in the short and medium term the problem.

A study like the one presented in this document should always be the first step before any other study of different types or the same construction of the work in question, this with the purpose of determining the benefits that will bring compared to cost invested and not to have a work that does not meet the primary objective of meeting a need of the population.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1 Objetivo	- 1 -
1.2 Síntesis	- 1 -
2. MARCO CONCEPTUAL.....	- 3 -
2.1 Ingeniería de Tránsito	- 3 -
2.1.1 Sistema Vial	- 3 -
2.1.1.1 El usuario	- 4 -
2.1.1.2 El vehículo.....	- 6 -
2.1.1.3 Sistema vial.....	- 8 -
2.1.1.4 Dispositivos de control	- 9 -
2.1.2 Volumen de tránsito	- 9 -
2.1.2.1 Volúmenes de tránsito absolutos o totales	- 10 -
2.1.2.2 Volúmenes de tránsito promedio diarios	- 10 -
2.1.2.3 Volúmenes de tránsito horarios	- 11 -
2.1.2.4 Uso de los volúmenes de tránsito	- 11 -
2.1.3 Análisis de flujo vehicular	- 14 -
2.1.3.1 Variables relacionadas con el flujo	- 14 -
2.1.3.2 Variables relacionadas con la velocidad	- 15 -
2.1.3.3 Variables relacionadas con la densidad.....	- 15 -
2.1.4 Capacidad Vial	- 16 -
2.1.4.1 Nivel de servicio.....	- 17 -
2.1.4.2 Condiciones prevaletientes	- 17 -
2.1.5 Estudios de Tránsito	- 18 -
2.1.5.1 Estudios de velocidad	- 19 -
2.1.5.2 Estudios de volúmenes de tránsito	- 23 -
2.1.5.3 Encuestas Origen – Destino	- 24 -
2.2 Evaluación de proyectos	- 26 -
2.2.1 ¿Qué es un proyecto?	- 26 -
2.2.2 Evaluación económica de un proyecto	- 27 -
2.2.3 Métodos y técnicas de evaluación	- 28 -
2.2.3.1 TREMA	- 28 -
2.2.3.2 VPN.....	- 29 -
2.2.3.3 TIR.....	- 30 -
2.2.3.4 RBC	- 30 -
2.2.3.5 TRI.....	- 31 -
2.2.4 Análisis de sensibilidad.....	- 32 -
3 EXPERIENCIA INTERNACIONAL Y NACIONAL EN EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL	- 33 -
3.1 Ámbito internacional	- 33 -
3.1.1 La Experiencia Argentina	- 33 -
3.1.2 La Experiencia Peruana.....	- 37 -
3.1.3 La Experiencia Chilena	- 41 -
3.2 Ámbito nacional	- 45 -
3.2.1 Ejemplo de estudio Costo–Beneficio de un proyecto de infraestructura vial en México	- 46 -
3.2.1.1 Objetivo	- 46 -
3.2.1.2 Alcances.....	- 46 -
3.2.1.3 Análisis de la oferta	- 46 -
3.2.1.4 Análisis de la demanda	- 47 -
3.2.1.5 Análisis y desarrollo de modelos para asignación y pronóstico de tránsito.....	- 48 -

3.2.1.6	Visualización de la información del análisis de la oferta y demanda	50 -
3.2.1.7	Elaboración del estudio costo-beneficio	51 -
4.	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	52 -
4.1	Ubicación dentro del entorno nacional (Macro regiones).....	52 -
4.1.1	Red vial, uso de suelo y tenencia de la tierra de la Macroregión.....	54 -
4.1.1.1	Oferta del suelo urbano de la RVCT	56 -
4.1.2	El municipio de Nezahualcóyotl	57 -
4.1.3	Características de la población y aspectos económicos del municipio de Nezahualcóyotl	59 -
4.1.3.1	Datos de población (municipio de Nezahualcóyotl)	60 -
4.1.3.2	Aspectos económicos (municipio de Nezahualcóyotl)	63 -
4.2	Problemática existente	66 -
4.2.1	Vialidad de la Red Regional e Infraestructura	67 -
4.2.1.1	Conectividad de la Red Vial	68 -
4.2.2	Conflictos Viales	69 -
4.2.3	Sistema de transporte	70 -
4.3	Descripción del Proyecto	70 -
4.3.1	Ubicación del Proyecto	70 -
4.3.2	Objetivo	71 -
4.3.3	Características Técnicas Básicas del proyecto	72 -
4.3.4	Situación Actual	72 -
4.3.5	Impacto o riesgos del proyecto o conjunto de proyectos	73 -
4.3.5.1	Impacto y factibilidad ambiental	74 -
4.3.5.2	Impacto y factibilidad legal.....	75 -
4.3.5.3	Impacto y molestias de la obra.....	75 -
4.3.5.4	Impacto de obras civiles y municipales	76 -
4.4	Análisis de la oferta.....	76 -
4.4.1	Definición de la red de análisis	76 -
4.4.2	Situación actual de la intersección Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca	82 -
4.4.2.1	Situación de proyecto de construcción de puente vehicular en el entronque de Periférico (Calle 7) y Av. Bordo de Xochiaca	83 -
4.4.3	Características físicas y geométricas de la red de análisis.....	83 -
4.4.3.1	Levantamiento de intersecciones críticas y/o semaforizadas de la red de análisis	83 -
4.4.4	Velocidades y Tiempos de Recorrido.....	84 -
4.5	Análisis de la demanda	85 -
4.5.1	Conteos de tránsito y clasificación vehicular.....	85 -
4.5.1.1	Conteos de tránsito y clasificación vehicular (Contadores de Detección Neumática)	85 -
	En los anexo B.3 y C.2 se presenta el informe fotográfico y las tablas con los resultados obtenidos en las estaciones de conteo de tránsito.	87 -
4.5.1.2	Conteos de tránsito y clasificación vehicular (Aforos direccionales con clasificación detallada) -	87 -
4.5.1.3	Capacidad y niveles de servicio en intersecciones	88 -
4.5.2	Tendencias del tránsito	88 -
	En el anexo C.4, se presentan las tablas para la determinación de las tasas de crecimiento por carretera. . -	89 -
4.5.3	Crecimiento de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación	89 -
5.	DESARROLLO DE MODELOS DE CAPTACIÓN, ASIGNACIÓN Y PRONÓSTICO DE TRÁNSITO.....	90 -
5.1	Simulación de la demanda para el año base.....	90 -
5.2	Definición de alternativas	90 -
5.2.1	Alternativas planteadas	90 -
5.2.2	Medidas de optimización	91 -

5.3 Modelo de captación	- 91 -
5.3.1 Modelo de captación para el Distribuidor Vial de Periférico (Calle 7) y Av. Xochiaca.....	- 91 -
5.4 Asignación	- 91 -
5.5 Tránsito potencial, asignación y pronóstico de la Demanda	- 91 -
6. EVALUACIÓN DEL PROYECTO	- 93 -
6.1 Modelo Beneficio - Costo	- 93 -
6.1.2 Criterios de evaluación	- 93 -
6.1.2.1 Criterio sin proyecto y con proyecto	- 93 -
6.1.2.2 Valor del dinero en el tiempo.....	- 93 -
6.1.2.3 Beneficios	- 93 -
6.1.2.4 Costos	- 93 -
6.2 Definiciones para la evaluación	- 95 -
6.2.1 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	- 95 -
6.2.2 Tasa de Rentabilidad Inmediata. (TRI)	- 96 -
6.2.3 Relación Beneficio – Costo (RBC).....	- 96 -
6.2.4 Valor Presente Neto (VPN)	- 97 -
6.2.5 Año óptimo de puesta en operación	- 97 -
6.3 Modelos de Evaluación	- 98 -
6.4 Costos de Operación Vehicular	- 98 -
6.5 Costos de construcción y conservación	- 100 -
6.6 DATOS TÉCNICOS DEL PROYECTO “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN EL ENTRONQUE DEL PERIFÉRICO (CALLE 7) Y AV. BORDO DE XOCHIACA”	- 101 -
6.7 VARIABLES ECONÓMICAS	- 101 -
6.7.1 Tasa de Actualización o Descuento	- 101 -
6.7.2 Salarios Mínimos Generales Vigentes	- 102 -
6.8 DATOS DEL TRÁNSITO	- 102 -
6.8.1 Parámetros para análisis correspondientes al proyecto “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN EL ENTRONQUE DEL PERIFÉRICO (CALLE 7) Y AV. XOCHIACA”	- 102 -
6.9 Diseño del modelo de cálculo de Costo – Beneficio (para todas las proyecciones del proyecto)	- 103 -
6.9.2 Evaluación Económica Base.....	- 104 -
6.10 Análisis de Sensibilidad	- 105 -
6.10.1 Integración de Resultados “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”	- 106 -
7. CONCLUSIONES	- 108 -
7.1 Ingeniería de Tránsito	- 108 -
7.2 Evaluación Socioeconómica	- 108 -
7.2.1 Recomendaciones.....	- 109 -
7.2.2 Limitaciones del estudio y/o alcances	- 110 -
ANEXO A. ESQUEMAS	- 113 -
A.1 VISTA EN PLANTA DEL PROYECTO	- 113 -
A.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	- 114 -
A.3 FASES DE SEMÁFORO EN CRUCE DE LA ZONA DE PROYECTO	- 115 -

A.4 VOLÚMENES DE TRÁNSITO POR MOVIMIENTOS DIRECCIONALES	- 116 -
ANEXO B. REPORTES FOTOGRÁFICOS.....	- 117 -
B.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	- 117 -
B.2 TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS	- 118 -
B.3 CONTADORES DE DETECCIÓN NEUMÁTICA	- 121 -
B.4 AFOROS DIRECCIONALES CON CLASIFICACIÓN DETALLADA.....	- 123 -
ANEXO C. HOJAS DE CÁLCULO Y CUADROS COMPLEMENTARIOS	- 124 -
C.1 TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS	- 124 -
C.1.1 Automóvil	- 124 -
C.1.2 Bus	- 125 -
C.1.3 Camión.....	- 126 -
C.2 RESULTADOS DE AFOROS VEHICULARES.....	- 127 -
C.2.1 Aforos Periférico – Río Churubusco.....	- 127 -
C.2.2 Aforos Anillo Periférico (Estación 3).....	- 128 -
C.2.3 Aforos Anillo Periférico (Estación 4).....	- 129 -
C.2.4 Aforos Bordo de Xochiaca (Estación 5).....	- 130 -
C.2.5 Aforos Bordo de Xochiaca (Estación 6).....	- 131 -
C.2.6 Aforos Bordo de Xochiaca (Estación 7).....	- 132 -
C.2.7 Aforos Bordo de Xochiaca (Estación 8).....	- 133 -
C.3 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES	- 134 -
C.3.1 Resumen en intersección semaforizada.....	- 134 -
C.3.1 Ajuste de volumen y tasa de flujo de saturación y capacidad y nivel de servicio	- 135 -
C.4 TENDENCIAS DEL TRÁNSITO	- 136 -
C.4.1 Carretera México – Pachuca (Libre)	- 136 -
C.4.2 Carretera México – Puebla (Libre).....	- 137 -
C.4.3 Carretera Los Reyes - Zacatepec.....	- 138 -
C.4.4 Carretera Los Reyes – Zacatepec (2)	- 139 -
C.4.5 Carretera Peñón – Texcoco (Cuota)	- 140 -
C.4.5 Carretera San Bernardino - Tepexpan	- 141 -
C.5 HOJAS DE TRABAJO VOCMEX	- 142 -
C.6 COSTOS GENERALIZADOS DE VIAJE	- 146 -
C.6.1 SIN PROYECTO	- 146 -
C.6.2 CON PROYECTO	- 147 -
C.6.3. Proyección de la demanda (TDPS) y beneficios por ahorro en los costos generalizados de viaje (CGV).....	- 148 -
ANEXO D. DATOS COMPLEMENTARIOS.....	- 149 -
D.1 LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS COSTO Y BENEFICIO DE LOS PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN (SHCP)	- 149 -
BIBLIOGRAFÍA	- 158 -

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

El objetivo general del presente estudio consiste en determinar la factibilidad económica de la construcción del Distribuidor Vial ubicado en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca, en el municipio de Nezahualcóyotl, Edo. de México, partiendo del análisis de la demanda actual y futura, el análisis de alternativas, así como la evaluación económica en las etapas que conforman el proyecto.

1.2 Síntesis

La evaluación de un proyecto de inversión, cualquiera que éste sea, tiene por objeto conocer su rentabilidad económica y social, asegurándose de alcanzar el objetivo planteado en forma eficiente, segura y rentable. De tal forma que se puedan asignar los recursos económicos, que son escasos, a la mejor alternativa.

Para lograr este conjunto de objetivos se incurre en costos y beneficios atribuibles al proyecto o conjunto de proyectos, es decir, costos y beneficios asociados a la situación “*con proyecto*”, contra costos y beneficios asociados a la situación en que no se hace el proyecto, es decir, la situación “*sin proyecto*”.

Para la evaluación socioeconómica de los proyectos de vialidad y transporte objeto de este estudio, se requería conocer diversos aspectos de: montos de inversión, información de tránsito, tiempos de viaje (tiempos de recorrido), costos de construcción, mantenimiento, conservación y operación vehicular, a fin de poder medir los impactos de la inversión pretendida. Así, se realizaron estudios de la oferta para los usuarios de las vías en estudio y de la demanda que los usuarios hacen de dicha oferta.

Con respecto a los Indicadores de Rentabilidad, los cuales relacionan el cálculo de la factibilidad del proyecto, buscando conocer los niveles de rentabilidad en cuanto a expresión de la productividad de los recursos invertidos; se consideraron los siguientes indicadores para demostrar la eficiencia económica: relación Beneficio/Costo (B/C); diferencia del Beneficio menos el Costo (B-C) o Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).

La evaluación de la eficiencia económica se hizo mediante el análisis de Costo – Beneficio, por la comparación de la relación del ingreso real con las inversiones, es decir, las alternativas propuestas con relación a la situación base y los valores monetarios en términos económicos, lo anterior desde el punto de vista macroeconómico.

La cuantificación de la inversión, costos y beneficios se hace en términos económicos, lo cual es representado por los costos financieros de los principales rubros del costo, libre de impuestos, subsidios y transferencias.

De un modo general, se evaluaron los siguientes grupos:

- Costos de Inversión “con proyecto”.

- Diferencias en los costos de operación, mantenimiento y conservación de la infraestructura vial, “sin proyecto” y “con proyecto”.
- Diferencias en los costos de operación de los vehículos de la flota “sin proyecto” y “con proyecto”.
- Diferencias en los costos de tiempos de viaje (tiempos de recorrido), “sin proyecto” y “con proyecto”.

El análisis de sensibilidad realizado probó la consistencia de los datos de entrada en los modelos de evaluación, así como la determinación de los diferentes niveles y áreas de riesgo del proyecto, partiendo del cálculo de los indicadores de rentabilidad (B/C, VPN, y TIR), después de que se modificaron los valores adoptados para cada uno de los parámetros más importantes.

2. MARCO CONCEPTUAL

Resumen

Los estudios necesarios antes de realizar un proyecto de infraestructura vial están enfocados fundamentalmente a la necesidad de conocer los alcances y beneficios con su implementación para la solución de un problema de tránsito, partiendo de la obtención de datos reales que tengan relación directa con el movimiento de vehículos en puntos específicos dentro de un sistema vial en un tiempo determinado. Un estudio de ingeniería de tránsito tiene campos de aplicación en la planificación, estimación de los cambios anuales de los volúmenes de tránsito, análisis económicos, análisis estimativos del consumo de combustibles, diseño y operación del tránsito, estudios de velocidad, entre otros. La velocidad de los vehículos es un indicador de la eficiencia de un sistema vial. El estudio de la velocidad nos permite conocer las tendencias y los lugares con problemas, para posteriormente poder efectuar una adecuada planeación de la operación del tránsito. Los estudios de velocidad nos permiten evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta determinando la ubicación, tipo y magnitud de las demoras del tránsito, y conocer de esta manera, un máximo volumen horario de personas o vehículos que razonablemente se pueda esperar que transiten por un punto o tramo, durante un periodo de tiempo especificado y en condiciones preponderantes. Otros estudios están enfocados en la planeación y desarrollo de encuestas origen-destino, aforos vehiculares y análisis de capacidad vial.

Los proyectos de infraestructura vial tienen invariablemente el objetivo de hacer más eficiente el transporte de carga y pasajeros por las carreteras y caminos. En este capítulo se aportan los principales elementos teóricos, que permiten enfrentar adecuadamente el proceso de evaluación de un proyecto de infraestructura vial.

2.1 Ingeniería de Tránsito

2.1.1 Sistema Vial

Con el propósito de estudiar los aspectos operacionales de la Ingeniería de Tránsito, es importante analizar primeramente, de manera muy general, los elementos básicos que hacen que se produzcan los flujos de tránsito y, que por lo tanto interactúan entre sí; estos son:

- El *usuario*: conductores y pasajeros, peatones, ciclistas.
- El *vehículo*: privado, público y comercial.
- La *vialidad*: calles y carreteras.
- Los *dispositivos de control*: marcas, señales y semáforos.

2.1.1.1 El usuario

a) Conductores y pasajeros

“Por lo regular, el que conduce un vehículo conoce el mecanismo, sabe lo que es el volante, las velocidades, el freno, etc., pero desconoce la potencialidad de ese vehículo y carece de destreza para mezclarlo en la corriente de tránsito. Con apoyo de las estadísticas de accidentes se puede asegurar que el vehículo, sin la preparación previa del individuo a través de la educación vial, ha sido convertido en un arma homicida. A través del tiempo, sin embargo, el hombre ha demostrado una gran adaptabilidad a los cambios de la vida moderna, se ha visto como el individuo es capaz de conducir carretas y rápidamente cambiar la conducción de diligencias de mayor velocidad, para posteriormente adaptarse a las condiciones del vehículo de motor. El individuo tiene la facultad de adaptarse a cualquier innovación que le presenten; se ha demostrado que un piloto lo mismo conduce una carreta de bueyes que un avión a mayor velocidad que la del sonido. Luego no han sido las limitaciones físicas en el hombre sino la falta de adaptación de las masas. Pero no solamente debe adaptarse al piloto de pruebas o al corredor profesional, sino que existe la obligación de preparar a todos los peatones y conductores”. (Cal y Mayor, et al., 2008, pag. 50).

Características del conductor

Los ingenieros dedicados al tránsito y transporte, presentan el problema de que al considerar las características del conductor para el diseño óptimo de las carreteras, se tienen habilidades y capacidad de percepción distintas en dichos usuarios. Esto se demuestra por el amplio rango de habilidades que tiene la persona para ver, oír, evaluar y reaccionar a la información. Algunos estudios han demostrado que estas habilidades también pueden variar en una persona bajo diferentes condiciones, tales como la influencia del alcohol, el cansancio y la hora del día. Por tanto, es importante que los criterios que se usen para propósitos de diseño sean compatibles con las capacidades y las limitaciones de la mayoría de los conductores en la carretera.

Se ha sugerido que la mayor parte de la información recibida por el conductor es visual, lo que implica que la capacidad visual es de importancia fundamental en la tarea de manejo. Por tanto, es importante que los ingenieros de tránsito y carreteras tengan algún conocimiento fundamental de la percepción visual, así como de la percepción auditiva de las personas. Las principales características del ojo son la agudeza visual, la visión periférica, la visión de los colores, visión de deslumbramiento y recuperación, y percepción de la profundidad.

El oído recibe los estímulos sonoros, lo cual es importante para los conductores especialmente cuando deban detectarse sonidos de advertencia emitidos por los vehículos de emergencia. La pérdida de cierto grado de capacidad auditiva no es un problema grave, ya que normalmente puede corregirse mediante aparatos auditivos.

El proceso de Percepción –Reacción

“El proceso por medio del cual un conductor, un ciclista, o un peatón evalúan y reaccionan a un estímulo puede dividirse en cuatro subprocesos:

1. Percepción: el conductor ve un dispositivo de control, una señal de advertencia o un objeto en el camino.
2. Identificación: el conductor identifica el objeto o el dispositivo de control y de esta manera comprende el estímulo.
3. Emociones: el conductor decide que acción tomar como respuesta al estímulo; por ejemplo, pisar el pedal del freno, pasar, virar o cambiar de carril.
4. Reacción o resolución: el conductor ejecuta en la realidad la acción decidida durante el subproceso de las emociones”. (Garber, et al., 2007, pag. 38).

b) Peatón

“Se puede considerar como peatón potencial a la población en general, es importante estudiar al peatón porque es, por jerarquía entre modos, el más vulnerable, lo cual lo convierte en un componente importante dentro de la seguridad vial. El conductor como el peatón en muchos casos, no han asimilado el medio en que se mueven y lo que significan como usuarios del transporte, esto se nota más claramente en aquellos sitios en los que el conductor del vehículo automotor no le cede el paso al peatón donde comparten un mismo espacio para circular”. (Cal y Mayor, et al., 2008, pag. 43).

Para el tránsito de peatones, a semejanza con los vehículos se puede establecer un nivel de servicio. Las medidas cualitativas para caracterizar el flujo peatonal son similares a las utilizadas para el tráfico vehicular; por ejemplo, elegir la velocidad de circulación y la libertad de realizar adelantamientos. Otras medidas se refieren específicamente al flujo peatonal, como la habilidad de cruzar corrientes vehiculares, caminar en sentido contrario, libertad de maniobrar libremente y sin que se presenten conflictos en la velocidad de caminata.

En la tabla siguiente se muestran los criterios adoptados por el Manual de Capacidad de Carreteras, HCM 2000, de Estados Unidos, en la definición de los niveles de servicio peatonales para condiciones promedio.

Cuadro 2.1 Niveles de servicio peatonales en aceras y senderos (HCM 2000)

NIVEL DE SERVICIO	ESPACIO (M ² /PEATÓN)	TASA DE FLUJO (PEATÓN/MIN/M)	VELOCIDAD (M/S)
A	>5.60	≤16	>1.30
B	>3.70-5.60	>16-23	>1.27-1.30
C	>2.20-3.70	>23-33	>1.22-1.27
D	>1.40-2.20	>33-49	>1.14-1.22
E	>0.75-1.40	>49-75	>0.75-1.14
F	≤0.75	Variable	≤0.75

Fuente: Cal y Mayor R, Rafael., Cárdenas G, James. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. México, 2007.

Las características del peatón que son relevantes para la práctica de la ingeniería de tránsito y de carreteras incluyen las del conductor, además, otras características del peatón pueden influir en el diseño y la ubicación de los dispositivos de control de los peatones. Estos dispositivos de control incluyen señales especiales para peatones, zonas de seguridad e islas en las intersecciones, pasos a desnivel para peatones, pasarelas elevadas y cruces de peatones. A parte de las características visuales y auditivas, las características de caminata juegan un papel importante para el diseño de algunos de estos controles.

c) Ciclistas

“Otro usuario, elemento importante del tránsito y el transporte, es el ciclista, que de alguna manera, ya sea en el desarrollo de una actividad de recreación, trabajo, compras o estudio, debe desplazarse de un lugar a otro, sobre facilidades exclusivas o mezcladas con el tránsito peatonal y vehicular. Independientemente de cómo lo realice siempre ha sido vulnerable a muchos factores tales como: la accidentalidad producida por la interacción con los vehículos motorizados, a la inseguridad por la facilidad a robos o atracos, a la geografía y topografía tortuosa misma del lugar y, por qué no decirlo al medio ambiente “adverso”, como por ejemplo la lluvia”. (Cal y Mayor, et al., 2008, pag. 48).

En la Guía para el Desarrollo de Instalaciones para Bicicletas de ASSHTO se han identificado tres clases de ciclistas: los ciclistas con experiencia o avanzados están en la clase A, mientras que los ciclistas con menor experiencia están en la clase B, y los niños que andan en bicicleta solos o con su padres se clasifican en la clase C. Comúnmente los ciclistas de la clase A consideran a la bicicleta como un vehículo de motor y pueden andar fácilmente entre el tránsito. Los ciclistas de la clase B prefieren andar en bicicleta por las calles del vecindario y se sienten más cómodos en las instalaciones diseñadas para las bicicletas. Los ciclistas clase C usan principalmente las calles vecinales que suministran acceso a las escuelas, las instalaciones recreativas y las tiendas.

En el diseño de los caminos y las calles urbanas es útil considerar la factibilidad de incorporar las instalaciones para bicicletas que incluyan a los ciclistas de las clases B y C.

2.1.1.2 El vehículo

Los países más adelantados son los que han podido incorporar a su economía la mayor cantidad de vehículos. Casi se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es uno de los indicadores para apreciar el progreso de un país, tanto en su transporte, como en su economía en general. Sin duda, los países industrializados tendrán las relaciones de habitantes por vehículo más bajas, en tanto que los países en vías de desarrollo tendrán relaciones de habitantes por vehículo más elevadas.

“Es indispensable que cada país facilite su transporte, que lo mecanice al máximo para que progrese, para que puedan transportarse los bienes de consumo, desde las fuentes de producción hasta los mercados; para que los bienes manufacturados puedan ir a los pueblos más apartados; para que las comodidades se puedan distribuir en todo el país, etc. Aún se puede reducir más la actual relación de habitantes por vehículo en la mayoría de los países. Entonces no solo es inevitable que aumente el número de vehículos cada año, sino que es lo deseable, lo conveniente”. (Cal y Mayor, et al., 2008, pag. 70).

Inspección del vehículo

“Una inspección mecánica rigurosa de los vehículos, trae ventajas al estado general como sigue:

- Mejora su estado natural.
- Lo conserva a un mayor nivel comercial.
- Ofrece la oportunidad de revisar el número de serie del motor, verificándolo, contra la factura y permite también cooperar en la aplicación de la ley en algunos casos.
- Mejora la calidad de la mano de obra en su reparación.
- Proporciona una excelente oportunidad para informar a los conductores sobre la condición del vehículo y su responsabilidad bajo esas circunstancias.

Según la experiencia de servicios en asociaciones automovilísticas de servicio, las causas principales de falla de un vehículo ocurren por el estado de las llantas, los frenos, la suspensión delantera, la dirección, las luces, etc.” (ídem. pag. 81).

Características de los vehículos de proyecto

En general los vehículos se clasifican en vehículos *ligeros*, *pesados* y *especiales*.

Los vehículos *ligeros* pueden ser de pasajeros o de carga, que tienen dos ejes y cuatro ruedas. Se incluyen en esta denominación los automóviles, camperos, camionetas y las unidades ligeras de pasajeros y de carga.

Los vehículos *pesados* son unidades destinadas al transporte masivo de pasajeros o carga, de dos o más ejes y de seis o más ruedas. En esta denominación se incluyen o autobuses y camiones.

Los vehículos *especiales* son aquellos que eventualmente transitan y/o cruzan las carreteras y calles, tales como: camiones y remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, bicicletas y motocicletas, y en general, todos los demás vehículos no clasificados anteriormente, tales como vehículos deportivos y vehículos de tracción animal. Las normas que rigen el proyecto de calles y carreteras se fundamenta en gran parte en las dimensiones y características de operación de los vehículos que por ella circulan.

El *vehículo de proyecto*, es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de esta tipo.

En general, para efectos de proyecto, se consideran dos tipos de vehículos de proyecto: los vehículos ligeros o livianos y los vehículos pesados. Las principales características para su clasificación están referidas al radio mínimo de giro y aquellas que determinan las ampliaciones o sobrecanchos necesarios en las curvas horizontales, tales como distancia entre ejes extremos, ancho total de la huella y vuelos delantero y trasero.

2.1.1.3 Sistema vial

Uno de los patrimonios más valiosos con el que cuenta cualquier país en su infraestructura y en particular la del sistema vial, por lo que su magnitud y calidad representa uno de los indicadores de grado de desarrollo del mismo. Por esto es común encontrar un excelente sistema vial en un país de alto nivel de vida y un sistema vial deficiente en un país subdesarrollado.

Se entiende por camino, aquella faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las calles de la ciudad.

El diseño geométrico de las carreteras y calles, incluye todos aquellos elementos relacionados con el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y los diversos componentes de la sección transversal.

a) Sistema vial urbano

Con el propósito de unificar y simplificar la nomenclatura, se sugiere la siguiente clasificación:

- Autopistas y vías rápidas: Las autopistas son las que facilitan el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito entre áreas, a través o alrededor de la ciudad o área urbana.
- Calles principales: Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales de tránsito y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas
- Calles colectoras: Son las que ligan las calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes.
- Calles locales: Proporcionan acceso directo a las propiedades y se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales.

b) Tipos de carreteras

En la práctica mexicana se pueden distinguir varias clasificaciones del tipo de carreteras, algunas de las cuales coinciden con la clasificación usada en otros países. Se tienen los siguientes tipos de carreteras:

1. *Clasificación de transitabilidad*: En general corresponden a las etapas de construcción y se dividen en:
 - Carretera de tierra o terracería.
 - Carretera revestida.
 - Carretera pavimentada.
2. *Clasificación administrativa*: Lleva su nombre de acuerdo a la dependencia del gobierno que tiene a cargo la construcción, operación y conservación, en México se clasifican en:

- Carretera federal (Federación).
 - Carretera estatal (Juntas locales de caminos).
 - Carretera vecinal (construida con cooperación de particulares, conservación por juntas locales de caminos).
 - Carretera de cuota.
3. *Clasificación técnica oficial:* La secretaría de comunicaciones y transportes en sus Normas de Servicios Técnicos del Proyecto Geométrico de Carreteras, clasifica las carreteras de acuerdo a su Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) para el horizonte de proyecto como sigue:
- Tipo A4: 5000 a 20000 vehículos.
 - Tipo A2: 3000 a 5000 vehículos.
 - Tipo B: 1500 a 3000 vehículos.
 - Tipo C: 500 a 1500 vehículos.
 - Tipo D: 100 a 500 vehículos.
 - Tipo E: hasta 100 vehículos.

2.1.1.4 Dispositivos de control

Se denominan dispositivos para el control del tránsito a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas. Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones que deben tener en cuenta, las limitaciones que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la calle o carretera. Los dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras se clasifican en: **Señales verticales** (preventivas, restrictivas, informativas, turísticas y de servicios, así como señales diversas), **Señales horizontales** (rayas, marcas y botones), **Dispositivos para protección en obras** (señales horizontales -rayas, símbolos, marcas, vialetas y botones-, señales verticales –preventivas, restrictivas, informativas y diversas-, barreras levadizas, barreras fijas, conos, tambos, dispositivos luminosos y señales manuales) y **Semáforos** (vehiculares, peatonales y especiales).

2.1.2 Volumen de tránsito

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito, tales como las carreteras, las calles, las intersecciones, las terminales, etc., están sujetos a ser solicitados y cargados por volúmenes de tránsito, los cuales poseen características espaciales y temporales.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de los vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volumen de tránsito son expresados con respecto al

tiempo y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimativos razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios.

En Ingeniería de Tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de:

- Volumen, que es el número de vehículos (o personas) que pasa por un punto en un tiempo específico.
- Tasa de flujo, es la frecuencia a la cual los vehículos (o personas) que desean viajar pasan por un punto durante un tiempo específico.
- Demanda, es el número de vehículos (o personas) que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico.
- Capacidad, es el número máximo de vehículos que puede pasar por un punto durante un tiempo específico. Es una característica de un sistema vial y representa su oferta.

2.1.2.1 Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante un lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

- Tránsito anual (TA): Es el número total de vehículos que pasan durante un año.
- Tránsito mensual (TM): Es el número total de vehículos que pasan durante un mes.
- Tránsito semanal (TS): Es el número total de vehículos que pasan durante una semana.
- Tránsito diario (TD): Es el número total de vehículos que pasan durante un día.
- Tránsito horario (TH): Es el número total de vehículos que pasan durante una hora.
- Tránsito en un periodo inferior a una hora (Q_i): Es el número total de vehículos que pasan en un tiempo inferior a una hora, representado comúnmente en minutos.

2.1.2.2 Volúmenes de tránsito promedio diarios

Se define el tránsito diario promedio (TDP), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y menor que un día, dividido por el número de días del periodo. De acuerdo al número de días del periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en *vehículos por día*.

- Tránsito diario promedio anual (TDPA): $TDPA=TA/365$
- Tránsito diario promedio mensual (TDPM): $TDPM=TM/30$

- Tránsito diario promedio semanal (TDPS): $TDPS=TS/7$

2.1.2.3 Volúmenes de tránsito horarios

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en *vehículos por hora*.

- Volumen horario máximo anual (VHMA): Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. En otras palabras, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.
- Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).- Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.
- Volumen Horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH).- Es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, que es excedido por 9, 19, y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina volumen horario de la 10ª, 20ava y 30ava hora de Máximo volumen.
- Volumen Horario de proyecto (VHP). Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año, ya que se pueda dar un número máximo de veces en el año, previa convención al respecto.

2.1.2.4 Uso de los volúmenes de tránsito

De una manera general, los datos sobre los volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en los siguientes campos:

1. Planeación

- a) Clasificación sistemática de redes de carreteras.
- b) Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- c) Modelos de asignación y distribución de tránsito.
- d) Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades.
- e) Análisis económicos.
- f) Estimación de la calidad del aire.
- g) Estimaciones del consumo de combustibles.

2. Proyecto

- a) Aplicación a normas de proyecto geométrico.
- b) Requerimientos de nuevas carreteras.
- c) Análisis estructural de superficies de rodamiento.

3. Ingeniería de Tránsito

- a) Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- b) Caracterización de flujos vehiculares.
- c) Zonificación de velocidades.
- d) Necesidades de dispositivos para el control de tránsito.
- e) Estudio de estacionamiento.

4. Seguridad

- a) Cálculo de índices de accidentes y mortalidad.
- b) Evaluación de mejoras por seguridad.

5. Investigación

- a) Nuevas metodologías sobre capacidad.
- b) Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.
- c) Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.
- d) Estudios de antes y después.
- e) Estudios sobre el medio ambiente y la energía.

6. Usos Comerciales

- a) Hoteles y restaurantes.
- b) Urbanismo.
- c) Autoservicios.
- d) Actividades recreacionales y deportivas.

Específicamente, dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito, estos se utilizan para:

1. Los volúmenes de tránsito anual (TA)

- a) Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.
- b) Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras.
- c) Calcular índices de accidentes.
- d) Indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito especialmente en carreteras de cuota.

2. Los volúmenes de tránsito promedio diario (TPD)

- a) Medir la demanda actual en calles y carreteras.
- b) Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.
- c) Definir el sistema arterial de calles.
- d) Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes.
- e) Programar mejoras capitales.

3. Los volúmenes de tránsito horario (TH)

- a) Determinar la longitud y magnitud de los periodos de máxima demanda.
- b) Evaluar deficiencias de capacidad.
- c) Establecer controles en el tránsito, como: colocación de señales, semáforos y marcas viales; jerarquización de calles, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.
- d) Proyectar y rediseñar geoméricamente calles e intersecciones.

4. Las tasas de flujo (q)

- a) Analizar flujos máximos.
- b) Analizar variaciones del flujo dentro de las horas de máxima demanda.
- c) Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito.
- d) Analizar las características de los volúmenes máximos.

2.1.3 Análisis de flujo vehicular

Mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para el planeamiento, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte. Con la aplicación de las leyes de la física y las matemáticas, el análisis de flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia de la operación.

Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular es el desarrollo de modelos microscópicos y macroscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos han sido la base del desarrollo del concepto de capacidad y niveles de servicio aplicado a diferentes tipos de elementos viales.

El objetivo, al abordar el análisis del flujo vehicular, es dar a conocer algunas de las metodologías e investigaciones y sus aplicaciones más relevantes en este tema, con particular énfasis en los aspectos que relacionan las variables del flujo vehicular la descripción probabilística o casual del flujo de tránsito, la distribución de los vehículos en una vialidad y las distribuciones estadísticas empleadas en proyecto y control de tránsito.

A continuación se presenta una descripción de algunas de las características fundamentales del flujo vehicular, representadas en sus tres variables principales: el flujo, la velocidad y la densidad. Mediante la deducción de relaciones entre ellas se puede determinar las características de la corriente de tránsito y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación o de proyecto. De igual manera el conocimiento de estas tres variables reviste singular importancia, ya que estas indican la calidad o nivel de servicio experimentado por los usuarios de cualquier sistema vial. A su vez estas tres variables pueden ser expresadas en términos de otras llamadas variables asociadas: el volumen, el intervalo, el espaciamiento, la distancia y el tiempo. Ahora se verán los principales conceptos relacionados con las variables del flujo vehicular.

2.1.3.1 Variables relacionadas con el flujo

Las variables relacionadas con el flujo son la tasa del flujo, el volumen, el intervalo simple entre vehículos consecutivos y el intervalo promedio entre varios vehículos.

- Tasa del flujo o flujo (q) y volumen (Q). La tasa del flujo q es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. La tasa de flujo es pues el número de vehículos N que pasan durante un intervalo de tiempo específico T a una hora, expresada en veh/min o veh/seg. No obstante la tasa de flujo q también puede ser expresada en veh/hora, teniendo cuidado con su interpretación, pues no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o volumen horario Q . La tasa del flujo se calcula entonces con la siguiente expresión:

$$q = N/T$$

- Intervalo simple (h_i). Es el intervalo de tiempo entre el paso de los vehículos consecutivos, generalmente expresado en segundos y medido entre puntos homólogos del par de vehículos.
- Intervalo promedio (h). Es el promedio de todos los intervalos simples h_i existente entre diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en segundos por vehículo.

2.1.3.2 Variables relacionadas con la velocidad

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la velocidad son la velocidad de punto, la velocidad instantánea, la velocidad media temporal, la velocidad media espacial y la velocidad de recorrido.

- La velocidad de punto de un vehículo i , es la velocidad v_i a su paso por un determinado punto o sección transversal de una carretera o calle.
- La velocidad instantánea de un vehículo j , es la velocidad v_j cuando se encuentra circulando a lo largo de un tramo de una carretera o de una calle en un instante dado.
- La velocidad media temporal, es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos, o parte de ellos que pasan por un punto específico de una carretera o calle durante un intervalo de tiempo seleccionado.
- La velocidad media espacial, es la media aritmética de las velocidades instantáneas de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o calle. Se dice entonces, que se tiene una distribución espacial de velocidades instantáneas.
- La velocidad de recorrido es llamada también velocidad global o de viaje y es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el inicio hasta el fin del viaje entre el tiempo total que se empleó en recorrerla.

2.1.3.3 Variables relacionadas con la densidad

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la densidad son la densidad o concentración, el espaciamiento simple entre vehículos consecutivos y el espaciamiento promedio entre varios vehículos.

- Densidad o concentración (k). Es el número N de vehículos que ocupan una longitud específica, d , de una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetros, ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada.
- Espaciamiento simple (s_i). Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras.

Espaciamiento promedio (s). Es el promedio de todos los espaciamientos simples, (S_i), existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículos.

2.1.4 Capacidad Vial

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no solo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones de operación sujetas a los dispositivos de control y al medio circundante.

Asimismo no puede tratarse la capacidad de un sistema vial sin hacer referencia a otras consideraciones importantes que tiene que ver con la calidad del servicio proporcionado.

Por lo tanto, un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia (cuantitativo) y la calidad (cualitativo) del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda).

Dentro de los objetivos que contempla el diseño y la planificación de instalaciones carreteras se encuentran lograr diseñar y planificar instalaciones carreteras que operen a tasas de flujo por debajo de sus tasas óptimas. Estos objetivos pueden alcanzarse, cuando se ha hecho una buena estimación del flujo de tránsito de una instalación determinada.

Por tanto el análisis de capacidad incluye la evaluación cuantitativa de la capacidad del tramo de un camino, para desalojar el flujo de tránsito.

En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de carreteras y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad u oferta.

El nivel de desempeño de operación está indicado por el concepto de nivel de servicio, en el cual se utilizan medidas cualitativas que caracterizan tanto las condiciones operativas dentro de un flujo vehicular, como su percepción por parte de los conductores y los pasajeros.

La infraestructura vial, sea esta una carretera o calle, puede ser de circulación continua o discontinua. Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos, y señales de alto que produzcan interrupciones en el mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, independientemente de la cantidad de vehículos, tales como los semáforos, las intersecciones de prioridad con señales de alto y ceda el paso y otros tipos de regularización.

Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad y calidad de operación.

Por lo tanto el principal objetivo del análisis de capacidad, es estimar el máximo número de vehículos (personas) que en un sistema vial puede acomodar con razonable seguridad durante un periodo específico. Sin embargo, los sistemas operan pobremente a capacidad; pero generalmente ellos raramente se planifican para este rango.

A su vez mediante los análisis de capacidad, también se estima la cantidad máxima de vehículos que el sistema vial puede acomodar mientras se mantiene una determinada calidad de operación, introduciéndose aquí el concepto de nivel de servicio.

2.1.4.1 Nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen con términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que alteran el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de los acotamientos, las pendientes, etc.

El manual de capacidad vial HCM 2000 ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua.

2.1.4.2 Condiciones prevalecientes

Es necesario tener en cuenta el carácter probabilístico de la capacidad, por lo que puede ser mayor o menor en un instante dado. A su vez, como la definición misma lo expresa, la capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son los factores que al variar la modifican; estos se agrupan en tres tipos generales:

- a) Condiciones de la infraestructura vial. Son las características físicas de la carretera o calle (de tránsito continuo o discontinuo, con o sin control de accesos, dividida o no, de dos o más carriles, etc.), el desarrollo de su entorno, las características geométricas (ancho de carriles y acotamientos, obstrucciones laterales, velocidad de proyecto, restricciones para el rebase, carriles exclusivos y características de los lineamientos), y el tipo de terreno donde se aloja la infraestructura vial.
- b) Condiciones de tránsito. Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio; a su composición en tipos de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos recreativos; a la distribución direccional en carreteras de dos carriles de dos sentidos; y a la distribución por carril en carreteras de carriles múltiples.
- c) Condiciones de los controles. Hace referencia a los dispositivos de control del tránsito, tales como los semáforos (fases, longitudes del ciclo, repartición de verdes, etc.), las señales restrictivas (alto, ceda el paso, no estacionarse, solo vueltas a la izquierda, etc.) y las velocidades límites.

Condiciones base o ideales

Una condición base o ideal, es una condición óptima estándar específica de referencia, que deberá ser ajustada para tener en cuenta las condiciones prevalecientes. Las condiciones base asumen buen estado del tiempo, buenas condiciones del pavimento, usuarios familiarizados con el sistema vial y sin impedimentos en el flujo vehicular. Dependiendo del tipo de sistema vial en estudio, existe una serie de condiciones base, específica para cada uno de ellos. Por lo anterior se puede plantear de manera general, una condición prevaleciente en función de una condición base, mediante cualquiera de las dos siguientes relaciones:

Condición prevaleciente = (Condición Base) - (Ajuste)

Condición prevaleciente = (Condición Base) x (Factor de Ajuste)

Mediante la primera relación se llega a la condición prevaleciente, restando un valor (ajuste) a la condición base con las mismas unidades características o variable analizada. Y mediante la segunda relación se llega a la condición prevaleciente, multiplicando la condición base por un factor de ajuste, que generalmente es menor o igual a uno.

2.1.5 Estudios de Tránsito

La disponibilidad del transporte por carretera ha ofrecido varias ventajas que contribuyen a un alto nivel de vida. Sin embargo, existen diversos problemas vinculados con la modalidad del transporte por carretera. Para reducir el impacto negativo de las carreteras y calles, es necesario recolectar información que describa el alcance de los problemas e identifique su ubicación. Esta información se acopia mediante la organización y la conducción de estudios y encuestas de tránsito.

Los estudios de tránsito pueden agruparse en tres categorías:

- 1) Inventarios: proporcionan una lista o una exposición gráfica de la información existente, como anchos de calle, espacios de aparcamiento, rutas de tránsito, reglamentos, etc. Algunos inventarios cambian con frecuencia, por lo tanto requieren una actualización periódica (exceptuando anchos de calle).
- 2) Estudios administrativos: emplean los registros existentes de ingeniería que están disponibles en las dependencias y en los departamentos de gobierno. Esta información se usa para preparar un inventario de los datos importantes. Los estudios administrativos contemplan los resultados de las encuestas, incluyen mediciones de campo, fotografías aéreas, o ambos.
- 3) Estudios dinámicos: cubren la recolección de datos en condiciones operativas e incluyen estudios de velocidad, volumen de tránsito, tiempo y demoras de viaje, aparcamiento y choques. Los estudios dinámicos son desarrollados por los ingenieros de tránsito para evaluar las condiciones presentes y desarrollar soluciones.

2.1.5.1 Estudios de velocidad

Uno de los indicadores que más se utiliza para medir la eficiencia de un sistema vial es la velocidad de los vehículos. Desde este punto de vista para medir la calidad del movimiento del tránsito se utilizan la *velocidad de punto*, en sus dos componentes media temporal y media espacial; la *velocidad de recorrido* y la *velocidad de marcha*.

La velocidad de proyecto llamada también velocidad de diseño, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación.

Todos aquellos elementos geométricos del alineamiento horizontal, vertical y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, sobreelevaciones (peraltes), anchos de carriles y acotamientos, anchuras y alturas libres, etc., dependen de la velocidad de proyecto y varían con un cambio de ésta.

La selección de la velocidad de proyecto depende de la importancia o categoría de la futura vía, de los volúmenes de tránsito que va a mover, de la configuración topográfica de la región, del uso del suelo y de la disponibilidad de recursos económicos.

a) Estudios de velocidad de punto

La mayor parte de los estudios de velocidad se refieren a la velocidad de los vehículos en determinado punto de una carretera o una calle. Los estudios de velocidad de punto están diseñados para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del estado del tiempo en el momento de llevar a cabo el estudio; lo mismo que permiten obtener la distribución de velocidades por grupos de usuarios. Por ejemplo, en una sección de una carretera de dos carriles se pueden obtener los datos correspondientes a las velocidades que desarrollan los usuarios.

Las características de la velocidad de punto tienen las siguientes aplicaciones:

- Tendencias de velocidades: se determinan mediante la recolección de datos a través de muestreos periódicos en lugares seleccionados. Pueden ser específicos por tipo de vehículo.
- Lugares con problemas de velocidad: mediante un estudio de velocidades, es posible determinar si ellas son muy altas y si las quejas recibidas, a este respecto son justas.
- Planeación de la operación del tránsito, regulación y control: la magnitud en la dispersión de las velocidades afecta tanto a la capacidad como la seguridad, ya que todos los vehículos no viajan a la misma velocidad, si así fuera, la capacidad sería máxima y los accidentes serían minimizados.
- Análisis de accidentes: determinación de la relación existente entre la velocidad y los accidentes, que pueda ser utilizada para tomar medidas correctivas.

- Estudios de antes y después: para evaluar el efecto de algún cambio en los controles o condiciones existentes.
- Proyecto geométrico: se evalúan los efectos de las distribuciones de las velocidades reales en las características del proyecto.

El método manual más utilizado para el registro de las velocidades de punto es el del cronometro, en el cual sobre una distancia determinada (25 a 80 m) que se ha marcado con dos rayas de gis o pintura en el pavimento, se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrerla.

Existen también dispositivos automáticos para medir velocidades de punto, entre los cuales podemos mencionar el radar. Este instrumento, el más empleado actualmente se basa en el principio fundamental de que una onda de radio reflejada por un vehículo en movimiento experimenta una variación en su frecuencia que es función de la velocidad del vehículo, conocido como efecto Doppler.

También, en la actualidad, para la medición directa de las velocidades de punto se dispone de procedimientos tales como: las técnicas infrarrojas y de láser, los detectores de paso de ruedas temporales (mangueras, tubos de caucho y cintas de contacto), los detectores de lazo inductivo y las técnicas fílmicas de video con reloj integrado.

Las características de velocidad identificadas serán válidas solamente para las condiciones de tránsito y de medio ambiente que existan en el momento del estudio. Las características de velocidad que se determinen en el sitio pueden establecerse para: establecer parámetros para la operación y el control del tránsito o restricciones de paso, evaluar la efectividad de los dispositivos de control de tránsito, verificar el efecto de programas en vigor que monitorean la velocidad, evaluar y/o determinar lo adecuado de las características geométricas de la carretera, evaluar el efecto de la velocidad en la seguridad mediante el análisis de los datos de accidentes para diferentes características de velocidad.

En la recolección de datos, se deben tener en cuenta una serie de factores. Todas las medidas de velocidad en el campo deben ser aleatorias y representativas de las condiciones de flujo libre en el flujo de tránsito. Se recomiendan los siguientes procedimientos para el muestreo:

1. Observar siempre el primer vehículo en un pelotón o columna, ya que los vehículos que siguen pueden estar viajando a la velocidad del primer vehículo por no poder pasarlo.
2. Seleccionar vehículos pesados en la misma proporción de su presencia en el flujo de tránsito.
3. Evitar el muestreo de una proporción muy alta de vehículos que viajen a altas velocidades.

Si la persona encargada de la recopilación de datos de velocidad no puede aforar todos los vehículos en el flujo de tránsito por ser volúmenes muy altos, entonces puede usar varios métodos de muestreo. Se pueden seleccionar para medir la velocidad cada segundo, tercero o enésimo vehículo. Ciertas precauciones deben ser tomadas con este procedimiento, ya que la velocidad del enésimo vehículo puede estar controlada por efectos externos, como las columnas de vehículos a través de un sistema coordinado de semáforos.

b) Estudios de la velocidad de recorrido

Para determinar la velocidad de recorrido es necesario tener los tiempos de recorrido, los que a su vez están asociados con las demoras. Los propósitos del estudio de tiempos de recorrido y demoras son: la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras de tránsito. La calidad del flujo se mide por las velocidades de recorrido y de marcha. En el momento de estudio, se miden los tiempos de recorrido y detención en cada uno de los tramos; los cuales son convertidos posteriormente a medidas de velocidad. Para tal efecto, se acostumbra utilizar el método del vehículo de prueba o vehículo flotante.

La información de las demoras se registra cuando el flujo de tránsito es detenido o forzado. Para un recorrido la duración de las demoras del tránsito se mide en unidades de tiempo, anotando el lugar en que ocurren, causa y frecuencia de las mismas. Las demoras pueden ser determinadas para recorrido a lo largo de una ruta, durante un día y hora de la semana específicos, así como en lugares seleccionados, donde existen serios problemas de tránsito.

Para el caso de rutas, los resultados de los estudios de tiempos de recorrido y demoras son útiles en la evaluación general del movimiento del tránsito dentro de un área a lo largo de rutas específicas. Con estos datos se pueden identificar los lugares conflictivos donde el proyecto y las mejoras operacionales pueden ser esenciales para incrementar la seguridad y la movilidad.

Los estudios de demoras e intersecciones permiten evaluar el comportamiento del tránsito al entrar y cruzar o cambiar de dirección a través de ellas. El factor principal que se evalúa en este estudio, es la eficacia del control del tránsito.

Los estudios de velocidad y demoras del transporte público se realizan con el propósito de evaluar la calidad del servicio a lo largo de sus rutas, para así determinar la ubicación, tipo y duración de las demoras en los vehículos de transporte de pasajeros. La eficiencia del servicio de transporte público de pasajeros se mide en términos de velocidad de recorrido, velocidad de marcha, factores de carga y apego al horario.

En el estudio de campo se obtiene el tiempo total de recorrido y de marcha para luego convertirlos a sus velocidades correspondientes. La información de las demoras se registra cuando un vehículo de pasajeros está detenido o bloqueado. La duración de las demoras se mide en tiempo, anotando la ubicación y causa de las mismas a lo largo de la ruta. Se miden desde el momento en el que se detiene el vehículo hasta que empieza a moverse otra vez.

Un estudio de tiempo de recorrido determina la cantidad de tiempo requerido para viajar de un punto a otro en una ruta dada, al realizar este estudio, también puede recolectarse información sobre los lugares, la duración y las causas de las demoras.

Los datos obtenidos ofrecen una buena indicación del nivel del servicio en la sección del estudio. Estos datos también ayudan al ingeniero de tránsito para la identificación de las ubicaciones que tiene problemas, lo que puede requerir una atención especial con objeto de mejorar el flujo total de tránsito en la ruta.

Los datos obtenidos de los estudios de tiempo de recorrido y demora pueden usarse en cualquiera de las siguientes tareas de la ingeniería de tránsito:

- Determinación de la eficiencia de una ruta respecto a su capacidad de desahogar el tránsito.
- Identificación de las localidades con demoras relativamente altas y las causas de estas.
- Realización de estudios previos y posteriores para evaluar la efectividad de las mejoras de la operación del tránsito.
- Determinación de la eficiencia relativa de una ruta mediante el desarrollo de calificaciones de suficiencia o de índices de embotellamiento.
- Determinación de tiempos de recorrido en enlaces específicos para usarse en los modelos de asignación de viajes.
- Compilación de datos de tiempo de viaje que pueden usarse en los estudios de tendencias, para evaluar los cambios con el tiempo de la eficiencia y del nivel de servicio.
- Realización de estudios económicos en la evaluación de las alternativas de operación del tránsito, que reduzcan el tiempo de viaje.

A continuación se definen algunos conceptos necesarios.

- Tiempo de viaje: Tiempo que dura un vehículo para transitar por un segmento de vía.
- Tiempo de recorrido: Tiempo durante el cual el vehículo está en movimiento.
- Velocidad: Tasa de movimiento del vehículo en distancia por unidad de tiempo.
- Velocidad de viaje: La distancia dividida por el tiempo de viaje total, incluyendo el tiempo de recorrido y los tiempos de demora.
- Velocidad de recorrido: Distancia de viaje dividida por el tiempo de recorrido.
- Velocidad media de viaje: La distancia dividida por el valor medio de los tiempos de viaje de diversos viajes sobre un segmento determinado de vía.
- Velocidad media de recorrido: Distancia de viaje dividida por el valor medio de los tiempos de recorrido sobre un segmento determinado de vialidad.
- Demora: Tiempo de viaje perdido debido a fricciones del tránsito y dispositivos para el control del tránsito.
- Demoras Fijas: Componente de demoras que es causado por los dispositivos del control de tránsito, independientemente de los volúmenes de tránsito e interferencias presentes.
- Demoras Operacionales: Componente de las demoras que es causado por la presencia e interferencia de otros vehículos.

- Demoras de tiempo parado: Componente de la demora durante el cual el vehículo no está en movimiento.
- Demoras de tiempo de viaje: Diferencia entre el tiempo de viaje total y el tiempo calculado basado en atravesar la ruta en estudio a una velocidad media correspondiente a un flujo de tránsito descongestionado sobre la ruta.

2.1.5.2 Estudios de volúmenes de tránsito

Los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de los vehículos y/o personas, sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles. Dichos datos se expresan con relación al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de metodologías que permiten estimar de manera razonable, la calidad del servicio que el sistema presta a los usuarios.

Estos estudios varían desde los muy amplios en toda una red o sistema vial, hasta los muy sencillos en lugares específicos tales como en intersecciones aisladas, puentes, casetas de cobro, túneles, etc. Las razones para llevar a cabo los estudios de volúmenes de tránsito son tan variadas como los lugares mismos donde se realizan.

El tipo de datos recolectados en un estudio de volúmenes de tránsito depende mucho de la aplicación que se le vaya dar a los mismos. Así por ejemplo, algunos estudios requieren detalles como la composición vehicular y los movimientos direccionales, mientras que otros solo exigen conocer los volúmenes totales. También, en algunos casos es necesario aforar vehículos únicamente durante periodos cortos de una hora o menos, otras veces el periodo puede ser de un día, una semana, un mes o inclusive un año.

Existen diversas formas para obtener los recuentos de volúmenes de tránsito, para lo cual se ha generalizado el uso de aparatos de medición de diversa índole. Estas formas incluyen: los aforos manuales a cargo de personas, los cuales son particularmente útiles para conocer el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carriles individuales y la composición vehicular. Los aforos por combinación de métodos manuales y mecánicos, tales como el uso de contadores mecánicos accionados manualmente por observadores.

Los aforos con el uso de dispositivos mecánicos, los cuales automáticamente contabilizan y registran los ejes de los vehículos. Y los aforos con la utilización de técnicas tan sofisticadas como las cámaras fotográficas, las filmaciones y los equipos electrónicos adaptados a computadoras.

Se realizan estudios de volumen de tránsito para recolectar datos del número de vehículos y/o peatones que pasan por un punto en una instalación de una carretera o calle durante un periodo específico de tiempo. Este periodo de tiempo varía desde 15 minutos hasta un año, dependiendo del uso anticipado de los datos. Los datos recolectados también pueden clasificarse en subcategorías como: movimiento direccional, tasas de ocupación, clasificación de los vehículos y edad de los peatones. Los estudios de volumen de tránsito se realizan cuando se requieren ciertas características de volumen como:

- Tránsito diario promedio anual (TDPA)
- Tránsito diario promedio (TDP)
- Volumen de la hora pico (VHP)
- Clasificación de los vehículos (CV)
- Millas vehículo de viaje (MVV)

A continuación se enumeran las modalidades más comúnmente usadas para aforos de tránsito.

- Aforos manuales:

Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.

La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.

El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.

Durante periodos de tránsito alto, es necesaria más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

- Contadores Mecánicos:

Contadores permanentes son usados para aforar el tránsito continuamente. Es usado a menudo para estudios de tendencias. Pueden ser actuados por células fotoeléctricas, detectores magnéticos y detectores de lazo.

- Contadores Portátiles:

Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo. Pueden ser tubos neumáticos u otro tipo de detector portátil. Entre sus ventajas se cuentan: una sola persona puede mantener varios contadores y, además, proveen aforos permanentes de todas las variaciones del tránsito durante el periodo del aforo.

Entre sus desventajas se cuentan: no permiten clasificar los volúmenes por tipo de vehículo y movimientos de giro y muchas veces se necesitan aforos manuales ya que muchos contadores (en particular los de tubo neumático) cuentan más de un vehículo cuando son accionados por vehículos de más de un eje o por vehículos que viajen a velocidades bajas.

2.1.5.3 Encuestas Origen – Destino

Las encuestas de viaje se obtienen para establecer una comprensión completa de los patrones de viaje dentro del área de estudio. Para proyectos individuales, tal como un proyecto vial, puede ser

suficiente usar aforos vehiculares en las vías existentes, o para el transporte, conteos de los pasajeros que usan el sistema actual. Sin embargo, para entender por qué las personas viajan y a dónde quieren ir, puede ser útil la información de encuestas origen – destino (O-D). La encuesta de O-D formula preguntas acerca de cada viaje que se realiza en un día específico, tal como donde empieza y termina el viaje, propósito del viaje, hora del día y vehículo que interviene (automóvil o transporte colectivo), y acerca de la persona que realiza el viaje: edad, sexo, ingresos, propietario del vehículo, etc. La encuesta O-D puede realizarse como una entrevista a domicilio o se pueden formular preguntas a las personas mientras viajan en el autobús o cuando se encuentran en una parada o estación. Algunas veces la información se solicita por teléfono o mediante tarjetas postales retornables. Las encuestas O-D rara vez se hacen en comunidades donde estos datos han sido recolectados anteriormente. Debido al alto costo de las encuestas O-D, se acude a la actualización previa y al uso de la información censal.

Los datos O-D se comparan con otras fuentes para asegurar la exactitud y la consistencia de los resultados. Entre las pruebas que se usan están las revisiones cruzadas, que comparan el número de unidades habitacionales o los viajes por unidad habitacional, observado en la encuesta con los datos publicados. Se pueden hacer revisiones con líneas de selección para comparar el número de viajes reportados que cruzan por un límite definido, tal como un puente o dos partes de una ciudad, con el número observado en la realidad.

También es posible asignar viajes a la red existente, para comparar qué tan bien muestran la información de los viajes actuales. Si la comparación de información es marcadamente diferente, es posible hacer ajustes en los resultados O-D de modo que asegure la conformidad con las condiciones actuales. Para continuar el procedimiento de revisión de O-D, se prepara un conjunto de tablas de viaje, que muestra el número de viajes entre cada zona en el área de estudio. Estas tablas pueden subdividirse en viaje por propósito, viajes en autobús y viaje en taxi. También se preparan tablas que listan las características socioeconómicas de cada zona y el tiempo de viaje entre las zonas.

Para determinar los orígenes, destinos, propósitos y distancia a pie, es necesario hacer contacto personal con los choferes que se estacionan. Estas entrevistas pueden ser realizadas llevando a cabo cuestionarios personales. El propósito de las encuestas es investigar el patrón, los destinos y las distancias a pie después de estacionar de manera que se pueda medir la demanda por espacios de estacionamiento bajo la hipótesis que a todo conductor le gustaría estacionar en el lugar de destino del viaje.

Los sitios donde se pueden hacer este tipo de entrevistas son variados. Se pueden llevar a cabo en estacionamientos sobre la vía, en estacionamientos públicos y privados o a la salida de generadores de viajes tales como centros comerciales, edificios de oficinas, hospitales, etc. Las preguntas varían de acuerdo a la actividad desarrollada por los conductores (entrando o saliendo del estacionamiento, o al origen o destino del viaje).

Las preguntas incluyen el propósito del viaje, y el destino del conductor. Si el cuestionario se lleva a cabo en un edificio de viviendas, se le debe añadir la pregunta, ¿Reside usted aquí? Se puede preguntar también el tiempo estimado de duración de estacionamiento en el sitio. Es importante notar que las entrevistas pueden resultar costosas y que el personal usado debe estar capacitado en estudios de censo o similares.

Los vehículos que ya están estacionados en el momento que el entrevistador llega, se anotan como si hubieran estado estacionados por un periodo de 5 minutos antes de iniciar la encuesta. Los choferes de estos vehículos son entrevistados cuando regresan a sus vehículos y el estimado del tiempo de permanencia es obtenido, substituyendo el valor usado anteriormente.

2.2 Evaluación de proyectos

2.2.1 ¿Qué es un proyecto?

“Podemos definir como proyecto la asignación de recursos para la producción de determinados bienes y servicios. Así pues, son proyectos una industria nueva, una ampliación de una empresa ya establecida, la instalación de una planta adicional y, en general, toda actividad que signifique la creación de algo o el cambio de lo ya establecido” (Hinojosa, et al., 2000, pag.456).

Los proyectos podemos distinguirlos según su objetivo final, es decir, aquellos que se fijan como objetivo alcanzar un beneficio social o los que buscan obtener el rendimiento mayor sobre el capital invertido.

Los constructores promotores han hecho su aparición en la edificación de viviendas, centros comerciales, centros turísticos, parques industriales, etc. También la participación de los constructores promotores ha alcanzado proyectos en el sector público que tradicionalmente solo el gobierno realizaba: carreteras, puertos, abastecimiento de agua potable, recolección de residuos sólidos, etc.

La búsqueda de oportunidades de negocio debe ser una actividad continua por parte del constructor promotor. Tengamos presente que cualquier necesidad insatisfecha de la sociedad puede representar un negocio potencial. Sin embargo, no todas las necesidades son susceptibles de convertirse en oportunidades de negocio, la principal limitante de esto es la capacidad de pago de la sociedad.

Se recomienda realizar un estudio de mercado del producto que deseamos desarrollar antes de dedicar más tiempo y recursos. Adicionalmente es necesario revisar otros factores que pueden afectar el desempeño del proyecto: técnicos, económicos, sociales, financieros, ecológicos y hasta legales.

La preparación y evaluación de proyectos se ha transformado en un instrumento de uso prioritario entre los agentes económicos que participan en cualquiera de las etapas de asignación de recursos para implementar iniciativas de inversión.

Un proyecto no es ni más ni menos que la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema que tiende a resolver, entre tantas una necesidad humana. Cualquiera que sea la idea que se pretende implementar, la inversión, la metodología o la tecnología por aplicar, ella conlleva necesariamente la búsqueda de proposiciones coherentes destinadas a resolver las necesidades de la persona humana.

Múltiples factores influyen en el éxito o fracaso de un proyecto. En general, podemos señalar que si el bien o servicio es rechazado por la comunidad, esto significa que la asignación de recursos

adolesció de defectos de diagnóstico o de análisis, que lo hicieron inadecuado para las expectativas de satisfacción de las necesidades del conglomerado humano.

¿Cuándo un proyecto es bueno o malo? ¿Antes o después de eliminarse el subsidio implícito? Lo anterior lleva a determinar que un proyecto está asociado a una multiplicidad de circunstancias que lo afectan, las cuales, al variar, producen lógicamente cambios en su concepción y, por tanto, en su rentabilidad.

2.2.2 Evaluación económica de un proyecto

Toda actividad humana lleva consigo un costo implícito; sin embargo, ninguna persona lleva a cabo su actividad por costosa o sencilla que esta sea, sin considerar la obtención de un beneficio por ella. En la gran mayoría de las actividades, los costos en los que se incurren y los beneficios que se logran, tienen forma de cuantificarse y el éxito se medirá cuando los beneficios sean mayores a sus costos. Tal medición puede y debe efectuarse antes y después de realizar la actividad.

La evaluación económica es una balanza que mide los beneficios monetarios actualizados contra los capitales invertidos actualizados, a una tasa de descuento fija. Como resultado se obtiene un índice que mide la rentabilidad del proyecto. Si los beneficios son mayores que el capital que se debe invertir, el proyecto es rentable.

La evaluación económica es un simple indicador de la conveniencia de invertir, mientras que la evaluación financiera nos mostrará si es factible el flujo del proyecto a tasas diferenciales de mercado. La evaluación económica es necesaria, pero no suficiente, para el estudio de evaluación de un proyecto.

Los diversos modelos económicos difieren en la interpretación del papel exacto que desempeña la inversión en el proceso de crecimiento. En el modelo de crecimiento neoclásico tradicional, la inversión alta solo conduce a un aumento a corto plazo del crecimiento económico. En los estudios recientes se destaca la posibilidad de que la acumulación de capital aumenta el crecimiento; por tanto, las nuevas teorías de crecimiento económico señalan que los países que invierten más, crecen más rápidamente a largo plazo. Estas teorías sugieren que ciertas reformas, como la liberación del comercio, la macroestabilización y la eliminación de distorsiones, en particular del sector financiero, pueden fomentar el crecimiento económico aumentando los incentivos al ahorro y a la inversión, por un lado, y la eficiencia de la inversión, por otro (ONU,1997).

El objetivo de la evaluación de proyectos es contribuir directa o indirectamente a que los recursos disponibles sean asignados a los distintos usos para que rindan el máximo de beneficios. En otras palabras, podemos decir que la evaluación consiste en la realización de comparaciones entre distintas opciones de uso de los recursos, representadas por los proyectos de inversión y la selección de las que dan rendimiento mayor.

Cualquier proyecto de inversión por pequeño que sea, es importante para toda la sociedad en su conjunto. Por esta razón todos los proyectos son susceptibles de evaluarse con el propósito de escoger solo aquellos que generen los más altos beneficios. De los objetivos del proyecto y del origen

de los recursos que lo financian, depende el beneficio que se espera de éste, ya sea económico o social.

La evaluación económica tiene el objetivo de medir la rentabilidad del proyecto con base en la comparación de los beneficios económicos y la inversión realizada en función del tiempo.

Desde el punto de vista de la inversión se comparan los beneficios que genera el proyecto con la inversión hecha para su realización. Esta comparación se efectúa por medio de la aplicación de diversas técnicas de análisis en las que se relaciona el flujo de efectivo futuro del proyecto con la inversión realizada.

La evaluación desde el punto de vista de la operación busca diagnosticar la operación de los diferentes elementos del proyecto mediante el análisis de los estados financieros y el punto de equilibrio. La evaluación económica que se lleva a cabo desde el punto de vista de la inversión, compara los beneficios futuros que genera el proyecto con la inversión efectuada.

2.2.3 Métodos y técnicas de evaluación

Los métodos de evaluación económica se basan en comparaciones. Es decir, comparan sus resultados económicos con los beneficios mínimos que los inversionistas están dispuestos a aceptar u otras opciones de inversión accesibles para los inversionistas.

Uno de los parámetros básicos del diseño, es la economía de la inversión y el funcionamiento del proyecto. El principio base es que el valor del beneficio de una actividad sea superior al costo incurrido en producirla, la selección más económica se inicia verificando que la solución propuesta satisface que el costo del proyecto sea menor que los beneficios incrementales que produzca a dos niveles de comparación: con el proyecto y sin el proyecto; por tanto, de las opciones evaluadas se seleccionara la que reporte mayor beneficio financiero y económico.

Las matemáticas financieras manifiestan su utilidad en el estudio de las inversiones, puesto que su análisis se basa en la consideración de que el dinero, solo porque transcurre el tiempo, debe ser remunerado con una rentabilidad que el inversionista le exigirá por no hacer un uso de él hoy y aplazar su consumo a un futuro conocido. Éste es lo que se conoce como valor del dinero en el tiempo.

En la evaluación de un proyecto, las matemáticas financieras consideran a la inversión como el menor consumo presente y a la cuantía de los flujos de caja en el tiempo como la recuperación que debe incluir esa recompensa. La consideración de los flujos en el tiempo requiere la determinación de una tasa de interés adecuada que represente la equivalencia de dos sumas de dinero en dos periodos diferentes.

2.2.3.1 TREMA

“La tasa de rendimiento mínima aceptable (Trema) es la tasa de rendimiento que como mínimo está dispuesta a aceptar una persona o empresa para invertir sus recursos en una inversión dada. Existen tres criterios para determinarla:

- Rendimiento igual o mayor que la inflación.
- Rendimiento igual o mayor que el costo de oportunidad de capital.
- Rendimiento igual o mayor al costo de capital.

Independientemente de cuál de los tres criterios (inflación, costo de oportunidad de capital o costo de capital) se aplique para evaluar un proyecto, los inversionistas siempre solicitan un premio adicional o sobretasa. Este premio extra es proporcional al nivel de riesgo de la aventura. De tal forma que la Trema debe considerar ese premio por la toma de riesgos”. (Hinojosa, et al., 2000, pag. 389)

2.2.3.2 VPN

El criterio del valor presente neto plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto es igual o superior a cero, donde el VPN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

El método del Valor Presente Neto es muy utilizado por dos razones, la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a pesos de hoy y así puede verse, fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia. Cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente. La condición indispensable para comparar alternativas es que siempre se tome en la comparación igual número de años, pero si el tiempo de cada uno es diferente, se debe tomar como base el mínimo común múltiplo de los años de cada alternativa.

Al evaluar proyectos con la metodología del VPN se recomienda que se calcule con una tasa de interés superior a la Tasa de Interés de Oportunidad, con el fin de tener un margen de seguridad para cubrir ciertos riesgos, tales como liquidez, efectos inflacionarios o desviaciones que no se tengan previstas.

Al aplicar este criterio, el VPN puede tener un resultado igual a cero, indicando que el proyecto renta justo lo que el inversionista exige a la inversión; si el resultado fuese por ejemplo, 100 positivos, indicaría que el proyecto tendrá esa cantidad de remanente por sobre lo exigido. Si el resultado fuere 100 negativos, debe interpretarse como la cantidad que falta para que el proyecto rente lo exigido por el inversionista.

Entre las ventajas y desventajas del método del VPN, tenemos:

Ventajas

- Considera el valor del dinero en el tiempo, por lo que es útil para comparar proyectos con duración económica diferente.
- Sus resultados toman en cuenta la Trema que los inversionistas exigirán al proyecto.

Desventajas

- La elección de la tasa que se utilizara para descontar a valor presente los flujos de efectivo, es decir, la Trema que los inversionistas pueden esperar del proyecto.
- Considera una Trema constante a lo largo de todo el horizonte económico.

2.2.3.3 TIR

El criterio de la tasa interna de retorno evalúa el proyecto en función de la única tasa de rendimiento por periodo con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual.

La TIR “representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuese produciendo. La tasa interna de retorno es la tasa de interés pagada sobre saldos insolutos de dinero tomado en préstamo o la tasa de interés ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión, de tal manera que el pago o el ingreso final lleve el saldo a cero, considerando el interés.

La TIR es uno de los métodos más utilizados para evaluar proyectos de inversión. Consiste en calcular la tasa de descuento para la cual el VPN de los flujos de efectivo del proyecto sea cero, o que también tengan una relación beneficio – costo actualizado o índice de rentabilidad igual a uno.

La principal ventaja de la TIR es que puede ser calculada con los datos del proyecto y además determina el tiempo en que se llega al equilibrio entre los beneficios y los costos del proyecto. En cuanto a sus limitaciones se citan: si en el horizonte del tiempo, los beneficios netos cruzan el cero más de una vez, habrá soluciones múltiples para la TIR. Un segundo problema será cuando los proyectos son alternativos entre sí, ya que pueden presentar igual o similar TIR pero diferentes VPN.

Al presentarse el problema de las tasas internas de retorno múltiples, la solución se debe proporcionar por la aplicación del VPN como criterio de evaluación, a pasa así a constituirse como la medida más adecuada del valor de la inversión en el proyecto.

2.2.3.4 RBC

El método de índice de rentabilidad o relación Beneficio – Costo es muy similar al de VPN. Ambos métodos tienen en común que comparan los beneficios actualizados contra la inversión actualizada. La diferencia entre ellos estriba en que el método de VPN los compara mediante una resta y este método mediante el uso de una división.

El cálculo del índice de rentabilidad de un proyecto se obtiene mediante la suma de todos sus flujos de efectivo neto positivos o beneficios actualizados, divididos entre la suma de todos los flujos de efectivo negativos o de inversión actualizada. La tasa de descuento que se emplea para calcular el índice de rentabilidad o relación Beneficio – Costo es la Trema.

Este criterio, tradicionalmente utilizado en la evaluación de proyectos, se aplica teniendo en cuenta los flujos no descontados de caja y nos lleva a los mismos problemas respecto al valor del dinero en el tiempo. Estas limitaciones han inducido a utilizar factores descontados.

Las deficiencias de ese método respecto al de VPN se refieren a que entrega un índice de relación en lugar de un valor concreto; requiere mayores cálculos, al hacer necesarias dos actualizaciones en vez de una y se debe calcular una razón en lugar de una simple resta.

Es fácil apreciar que ambas fórmulas proporcionan igual información. Cuando VPN es cero (ambos términos de la resta son idénticos), la RBC es igual a 1. Si el VPN es superior a cero, la RBC será mayor que 1. En el análisis Beneficio - Costo debemos tener en cuenta tanto los beneficios como las desventajas de aceptar o no proyectos de inversión.

Es un método complementario, utilizado generalmente cuando hacemos análisis de valor actual y valor anual. Utilizado para evaluar inversiones del gobierno central, gobiernos locales y regionales, además de su uso en el campo de los negocios para determinar la viabilidad de los proyectos en base a la razón de los beneficios a los costos asociados al proyecto. Asimismo, en las entidades crediticias internacionales es casi una exigencia que los proyectos con financiación del exterior sean evaluados con éste método.

De acuerdo con la normatividad vigente la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), ha establecido que cada dependencia del Gobierno Federal deberá presentar a la misma, anexo a la solicitud de dictamen para justificar los proyectos de inversión propuestos para el siguiente ejercicio fiscal, el análisis costo y beneficio con la finalidad de determinar la rentabilidad de los proyectos que servirá de base para el dictamen para determinar si un proyecto es viable para asignarle recursos y llevar a cabo su realización, este deberá estar formulado conforme a los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión” que ha emitido la Unidad de Inversiones de la SHCP, el cual se entregará por separado y servirá para integrar el capítulo correspondiente del informe final.

Para realizar el análisis beneficio - costo de los proyectos se aprovecharán las visitas de campo y las reuniones de planeación descritas en puntos anteriores para recabar toda la información necesaria para el estudio, cuyo resultado será el estudio de evaluación en sí. Con el fin de respaldar esta información y los trabajos de gabinete, se elaborará un documento a parte del presente estudio de factibilidad, en el cual se describen los aspectos más relevantes del estudio de evaluación, como son: la definición del origen del estudio y el objetivo del proyecto, la descripción de la situación actual, las medidas de optimización, la situación con proyecto, la identificación, valoración y cuantificación de los efectos causados por el proyecto, así como el análisis beneficio - costo con sus respectivos anexos.

2.2.3.5 TRI

El criterio de tasa de rentabilidad inmediata se refiere al cociente entre el flujo neto del primer año, y la inversión capitalizada en el momento 0.

Este criterio sólo se aplica cuando se ha podido determinar previamente la rentabilidad del proyecto mediante la aplicación del VAN. Puede resultar especialmente útil para determinar el momento óptimo de la realización de una inversión. Obviamente no es utilizable en los casos en que los flujos de caja difieren varios períodos con la inversión anual.

La TRI puede expresarse como el rendimiento del proyecto al primer año de operación del mismo, con la finalidad de compararlo con la anualidad o costo de oportunidad de la inversión.

La TRI señala el momento socialmente óptimo de inicio de operación del proyecto, el cual se encuentra cuando el beneficio neto de operación es igual o mayor al costo social de oportunidad de la inversión.

2.2.4 Análisis de sensibilidad

Mediante el análisis de sensibilidad se pretende conocer el impacto que sobre los resultados de la empresa tiene la variación de ciertas estimaciones iniciales de los parámetros del proyecto (externos e internos), con la posibilidad de conocer su posible grado de afectación sobre la estabilidad financiera de la empresa y la rentabilidad de los accionistas.

El grado de incidencia que tiene cada uno de esos factores sobre la empresa se acostumbra representarlos en una gráfica denominada perfil de riesgo. En el eje horizontal de la gráfica se registran el rango de variaciones que podría tener el factor que se desea analizar y en el eje vertical los posibles resultados sobre la rentabilidad o estabilidad de la empresa a las variaciones de cierto factor; entre mayor sea la pendiente de esta curva, la empresa será más sensible y también el riesgo es mayor.

Los riesgos se detectan con la finalidad de aplicar algún tipo de tratamiento que permita evitarlos o disminuirlos. Antes de iniciar la gestión de riesgos de un proyecto de inversión o de una empresa en marcha, es necesario en primer lugar detectar si la exposición al riesgo es de tipo financiero u operativo, ya que no es posible resolver problemas operativos con mecanismos financieros, aunque estos permitan ganar tiempo a la administración de la empresa para subsanar el problema operativo.

La gestión del riesgo se puede llevar a cabo mediante dos formas:

- Modificando las operaciones de la empresa
- Aplicando alguna de las operaciones financieras conocidas como productos derivados.

La importancia de un análisis de sensibilidad se manifiesta en el hecho de que los valores de las variables que se han utilizado para llevar a cabo la evaluación del proyecto, pueden tener desviaciones con efectos de consideración en la medición de los resultados.

La evaluación del proyecto será sensible a las variaciones de uno o más parámetros, si al incluir estas variaciones en el criterio de evaluación empleado, la decisión inicial cambia. El análisis de sensibilidad, a través de los diferentes modelos que se definirán posteriormente, revela el efecto que tienen las variaciones sobre la rentabilidad en los pronósticos de las variables relevantes.

Visualizar que variables tienen mayor efecto en el resultado frente a distintos grados de error en su estimación permite decidir acerca de la necesidad de realizar estudios más profundos de esas variables, para mejorar las estimaciones y reducir el grado de riesgo por error.

3 EXPERIENCIA INTERNACIONAL Y NACIONAL EN EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Resumen

La infraestructura vial de un país reviste una enorme importancia para el desarrollo económico. Las vías terrestres interconectan los puntos de producción y consumo y el estado de las mismas determina en un alto porcentaje el nivel de costos de transporte, los cuales a su vez influyen sobre los flujos de comercio nacional e internacional de un país. Por esta razón, la construcción y el mantenimiento de las vías de comunicación son temas que requieren de especial atención por parte de los gobiernos.

A partir de la segunda guerra mundial, el uso del transporte por carretera creció rápidamente y hoy en día es el medio de transporte más utilizado a nivel mundial. Su importancia radica tanto en el volumen de pasajeros y carga que se transportan por carretera como en la dimensión económica del negocio. En América Latina y el Caribe, el transporte por carretera constituye el 80% del total del transporte de pasajeros y más del 60% del transporte de carga. Adicionalmente, se estima que el gasto en carreteras representa entre un 5% y un 10% del total de gastos de un gobierno y puede alcanzar hasta el 20% del presupuesto nacional. En términos del valor de sus activos, las carreteras están por encima de otras formas de transporte como los ferrocarriles y las aerolíneas. La construcción y mantenimiento de las mismas generan además grandes cantidades de empleo.

El objetivo de este capítulo es analizar la experiencia latinoamericana en la evaluación de proyectos de infraestructura vial en Argentina, Perú, Chile y México. Se hace un análisis y una descripción de la infraestructura vial con énfasis en América Latina, en el marco regulatorio, la asignación de riesgos y la estructura financiera de proyectos actuales y futuros.

3.1 Ámbito internacional

3.1.1 La Experiencia Argentina

La red de carreteras de Argentina se divide en carreteras troncales, con una longitud de 38000 km, secundarias cuya extensión es de 192000 km y terciarias que totalizan 400000 km. Las primeras tienen jurisdicción nacional (las rutas nacionales), las segundas, provincial (rutas provinciales) y las últimas, municipal o comunal. De esta red, unos 31000 km de carreteras troncales y 38000 km de carreteras secundarias están pavimentados.

La red troncal une los grandes centros de producción y consumo y los puertos nacionales, que son la principal vía de ingreso y egreso de mercaderías del país. Debido a esto la longitud de esta red ha cambiado varias veces desde su concepción en 1932.

Las rutas nacionales con mayor cantidad de tráfico están concesionadas a diferentes empresas que perciben sus ingresos mediante peaje. Estos corredores viales, junto con los accesos a las ciudades de Buenos Aires y Córdoba suman poco más de 9000 km. Existen algunas rutas provinciales

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca **Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial**

concesionadas con peaje, como la Ruta Provincial 6 en Córdoba, la Autovía 2 y la Ruta Provincial 11 en Buenos Aires, entre otras.

Casi todas las ciudades argentinas están unidas al resto por carreteras pavimentadas, por lo que el transporte de larga distancia es importante tanto para pasajeros como para cargas.

Para los criterios en la relación Beneficio - Costo tenemos que la ampliación de capacidad de un camino permite la circulación de los vehículos a velocidades medias mayores. Este aumento de la velocidad de circulación produce ahorros en costos operativos (hasta niveles determinados) y en costos del tiempo de los conductores y pasajeros. Tales ahorros constituyen la fuente principal de beneficios de un proyecto de ampliación de capacidad y son los que deben contrastarse con los correspondientes costos de las obras e incrementos en los costos de mantenimiento.

Pueden en consecuencia calcularse en cada caso los niveles de tránsito que permitirán obtener economías suficientes. Naturalmente, esto no puede generalizarse, por cuanto los costos efectivos dependen de un amplio conjunto de factores (topografía, composición del tránsito, etc.). Es posible sin embargo ensayar una evaluación para condiciones medias representativas.

El incremento de velocidad media dependerá de la hora del año que se considere debido a la variación horaria de la demanda. Los beneficios de las horas de mayor tránsito son en proporción mayores, ya que si bien la relación flujo-velocidad puede considerarse lineal la distribución de flujos a lo largo del año presenta una fuerte concentración en las primeras horas. Por lo tanto debe tenerse en cuenta la variación estacional de la demanda, de manera de evitar la subestimación de beneficios que implicaría la utilización del promedio anual de tránsito horario; al respecto, téngase en cuenta que el primer 10% de horas del año puede comprender en la práctica entre 15% y 25% del tránsito anual. En todos los casos, se asume que sobre autopista el nivel de servicio es el máximo.

Los principales criterios y parámetros de cálculo adoptados son los siguientes:

- Vida útil: 20 años, con valor residual nulo
- No se asumen costos incrementales de mantenimiento
- Tasa de crecimiento del tránsito: 2.5%
- Tasa de descuento: 12%
- No se consideran tránsito derivado e inducido, por ser su impacto despreciable.
- Se adoptan tres distribuciones de tránsito, 2 de ellas caracterizadas por la participación del primer 10% del año: 15%, 25% y otra representativa de rutas turísticas argentinas.
- Se adoptan 3 velocidades de cruce sobre autopista, para automóviles; en el caso de vehículos pesados, se mantiene el valor de 90 km/h.
- Se adoptan los costos de operación de vehículos de la comunidad obtenidos en la Dirección Nacional de Vialidad (1996).

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial

- Se sensibiliza el valor del tiempo en más y menos 20%, con respecto a los valores base.
- Se adopta la composición de tránsito siguiente, que se estima representativa:
 - 65 % automóviles
 - 5 % ómnibus
 - 10 % camiones livianos
 - 20 % camiones pesados

La caracterización de la infraestructura vial como bien económico constituye el paso inicial para comprender la tradicional injerencia del sector público en su provisión y mantenimiento en la Argentina, así como la creciente inserción de la inversión privada de riesgo en épocas recientes. Esta caracterización depende críticamente del nivel, composición y evolución de la demanda por carreteras y autopistas; el tránsito es la variable determinante que define si un camino es un bien público o un bien que presenta ciertos componentes privados.

Típicamente, los caminos rurales y las carreteras interurbanas no congestionadas aparecen como bienes públicos. Por su lado, los caminos de gran demanda, en especial los accesos a las grandes ciudades y el tránsito *intraurbano*, colocan a la infraestructura vial en un ámbito más próximo al de los bienes privados. En general, la solución para estos servicios viales es aplicar tarifas de peaje diferenciales (más elevadas) en las horas de utilización máxima de la vía.

Si bien la práctica de aplicar tarifas diferenciales para el tratamiento de la congestión no está ampliamente difundida, el fuerte cambio tecnológico puede derivar en un uso más intensivo de estos esquemas en los próximos años, logrando que los accesos urbanos se conviertan virtualmente en bienes privados, donde sea posible, simultáneamente, la exclusión en un mercado con consumidores rivales.

El debate acerca de las fuentes óptimas del financiamiento vial se encuentra en pleno desarrollo a nivel internacional. En cuanto a la operatividad del mecanismo recaudatorio sobresalen los impuestos específicos sobre los combustibles, las cubiertas y, con matices, el parque automotor como tributos de compleja evasión y que presentan una baja relación costo/recaudación y cobro inmediato. Estos elementos los harían eficientes desde la óptica de la operatividad. En tanto, se reconoce que la administración de los sistemas de peaje es relativamente costosa aun cuando tienen la ventaja de su difícil evasión.

En cuanto a las consideraciones de eficiencia y equidad en la asignación de los recursos, en principio el financiamiento vial óptimo debería estructurarse a partir de la discriminación perfecta de tarifas, esto es, aplicando un cargo por usuario (a través del peaje o de impuestos) que sea igual a su disposición a pagar y tenga en cuenta, además, el uso relativo que éste haga del servicio vial.

Para el enfoque de excedente del consumidor, la cuantificación de los ahorros para los usuarios del camino es principalmente: en los costos de operación de los vehículos y en el tiempo de viaje de los usuarios.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial

Podrán incorporarse beneficios exógenos debidos a la mejora del valor de la tierra, impactos en el turismo, salud, educación y los efectos en el contexto (empleo, reducción de pobreza, etc.), en la medida en que dichos beneficios se encuentren debidamente justificados, con indicadores cuantificados y la correspondiente fuente de información.

Se pueden plantear distintos escenarios para cuantificar beneficios y determinar indicadores de rentabilidad del proyecto. El escenario base será aquel que refleje el tradicional análisis costo – beneficio usando el modelo HDM-4. El mismo considera los beneficios directos del proyecto debido a los ahorros incrementales por la comparación de las alternativas: “con proyecto” vs “sin proyecto”. Estos ahorros resultan de una reducción en los costos de operación vehicular, costos en tiempo de viaje, y en los costos de agencia del mantenimiento periódico para el periodo de análisis.

Los beneficios económicos se cuantificarán mayormente en términos de los ahorros en los costos de transporte para los usuarios del camino. La evaluación socioeconómica deberá hacerse por tramos, de ser necesario, cuando los costos de construcción y de mantenimiento, el tránsito proyectado y otros beneficios sean sustancialmente diferentes.

En la evaluación económica de los proyectos (a realizarse con el HDM-4), la alternativa seleccionada deberá tener una rentabilidad superior al 12% de Tasa Interna de Retorno o Valor Actual Neto superior a cero (0) con una tasa de referencia del 12%.

Asimismo deberá realizarse un análisis de sensibilidad para demostrar la robustez de los resultados del análisis económico frente a posibles variaciones de los parámetros considerados. Las variables con más influencia sobre los indicadores de rentabilidad pueden ser los mayores costos de inversión inicial y la reducción de beneficios por menor tránsito asumido.

La oferta global de caminos nacionales, provinciales y municipales de la Argentina se estima actualmente en el orden de los 500000 kilómetros. La red nacional abarca 38800 kilómetros, la provincial unos 181000 kilómetros y la municipal (vecinal) aproximadamente 280000 kilómetros. Sin tener en cuenta la red terciaria municipal el activo fijo en infraestructura vial de la Argentina ronda los US\$ 60000 millones.

El proceso de crecimiento de la oferta vial nacional de la Argentina entre mediados de los años treinta y la década de 1970 se relaciona con el fuerte incremento de la demanda del transporte carretero de cargas y de pasajeros. En los años noventa se produjo el quiebre en esta tendencia al crecimiento de la oferta vial. Por un lado, la red total ha crecido apenas un 3% entre 1990 y 1996, y por otro, se estancó la pavimentación de caminos.

La decisión de concesionar la gestión de las rutas nacionales fue uno de los primeros pasos hacia la inserción del capital privado de riesgo en la administración y explotación de los servicios de infraestructura en la Argentina.

Los proyectos viales, en general, están asociados a fuertes inversiones y costos operativos en relación con el tamaño del mercado, teniendo además la particularidad de ser indivisibles. Tales características se suman a la incertidumbre en la demanda, lo que los hace aún más riesgosos. El óptimo de financiamiento sería entonces generar mecanismos de licitación y adjudicación de las

obras que permitan minimizar los riesgos, por medio de una transferencia hacia aquellos agentes que cuentan con mejor información para su diversificación.

La infraestructura vial demanda la existencia de marcos regulatorios eficientes, tanto en las modalidades de obra pública pura como en los sistemas concesionados. Los caminos tienen elevados costos de construcción, que desincentivan mayormente la competencia en la provisión del servicio vial, y además las inversiones presentan indivisibilidades, lo que los convierte en monopolios naturales. Estas características básicas requieren de una adecuada regulación en las fases de licitación y adjudicación de las obras así como en las etapas de operación y mantenimiento.

En la construcción, operación y mantenimiento de todo servicio vial, la estructura de los contratos resulta de fundamental importancia. Por un lado, ésta define los incentivos de los participantes, por otra parte, una adecuada estructura contractual posibilita distribuir en forma eficiente los riesgos del negocio, desalentando comportamientos de oportunidad. La estructura de los contratos, asimismo, otorga mayor o menor flexibilidad a los cambios contingentes derivados, por ejemplo, de la necesidad de ampliación de la capacidad de las vías ante una mayor demanda imprevista, permitiendo aumentar o reducir, según el caso, la incertidumbre asociada al proyecto.

3.1.2 La Experiencia Peruana

La red vial en el Perú está compuesta por más de 78000 km de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las carreteras longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. La categorización de las carreteras corre a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) y la respectiva nomenclatura puede ser revisada en mapas viales oficiales.

La mayoría de las rutas están a cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del mismo Ministerio que se encarga de mantener y ampliar las vías. Algunas rutas han sido concesionadas a empresas privadas para su construcción o mejoramiento y el mantenimiento respectivo por un determinado número de años según contrato suscrito con el Estado.

Por la calidad y el tipo de vehículos que las recorre podemos clasificar las vías peruanas en 3 categorías: autopistas, carreteras asfaltadas y caminos afirmados.

Las autopistas cuentan con dos carriles principales y uno de seguridad en cada sentido de circulación, separados por una berma y poseen buena señalización. En el Perú existen cerca de 300 km de autopistas que corresponden a los tramos de acceso norte y sur a Lima a través de la Carretera Panamericana. Gracias a la concesión a empresas privadas de varias rutas, el número de kilómetros superará los 1000 km en pocos años.

Las carreteras asfaltadas sólo cuentan con un carril principal y una berma de seguridad en cada sentido de circulación, separadas por un interlineado. En este tipo de vía la señalización y los servicios básicos varían en relación a la cercanía de las ciudades principales.

La mayor parte de las vías peruanas son caminos afirmados construidos en base a tierra y ripio. Existen 3 tipos de caminos afirmados en el Perú: los que pertenecen a la red nacional, los caminos secundarios y vecinales y las trochas carrozables.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial

Este es el estado de las carreteras del Perú , ordenadas según la región natural:

- Carreteras en la Costa: de muy buena calidad, señalización suficiente y servicios conexos en la mayoría de los casos. La red asfaltada es muy amplia especialmente en las cercanías de las ciudades más pobladas.
- Carreteras en la Sierra: de buena calidad con varias carreteras totalmente asfaltadas y con buenos servicios que permiten traslados seguros a pesar de la agreste geografía.
- Carreteras en la Selva: de muy buena calidad cuando son asfaltadas. Las carreteras afirmadas presentan problemas constantes de mantenimiento debido a la presencia de fuertes lluvias.

Desde el inicio de la Integración Andina, el transporte por carretera fue considerado como la alternativa óptima para ofrecer soporte al comercio intrasubregional, considerando que los mecanismos comerciales andinos favorecen el intercambio de bienes con alto grado de elaboración: en un 90 % se trata de un comercio de manufacturas. Los países de la Comunidad Andina han logrado desarrollar una red vial mucho más integrada y de mayor calidad que la existente hace 36 años, en los albores de la integración: el Eje Troncal Andino está pavimentado en su mayor parte, articulando en forma directa a todos los países, de Venezuela a Bolivia.

Los principales puntos de origen y destino de los tráficos comerciales (las “regiones activas” en la integración) son ciudades y regiones interiores, no litorales o portuarias. Las operaciones de transporte multimodal para el comercio intra-andino, que por más eficientes que fueran agregarían costos, no son hasta el presente muy demandadas.

A pesar de lo señalado precedentemente, la participación del transporte por carretera en la movilización del comercio andino, no refleja dicha importancia. El transporte terrestre se “impregna” de la situación económica, social y política vigente en cada país, generándose una problemática sui-generis que es confrontada con la del país vecino en un lugar específico: la frontera.

El paso de frontera funciona como un espacio de conflicto de intereses públicos y privados, nacionales y locales. El paso de frontera funciona como “compartimentos estancos” entre autoridades de los dos países. En la frontera se invierte, en promedio, el 56% del tiempo total de la operación del transporte. La consecuencia son los sobrecostos al transporte internacional degenerados en frontera.

La expansión de la red vial y la implementación de reformas estructurales orientadas a garantizar un flujo de inversiones adecuado en el sector transportes para mejorar, así, las condiciones de operación de la infraestructura vial (inversiones en rehabilitación y en mantenimiento de las vías), requirieron que el Estado peruano llevará a cabo una serie de modificaciones en el marco legal e institucional que regía el sector a comienzos de la década de 1990.

Dentro del nuevo marco institucional, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones es la entidad encargada de elaborar, proponer, aprobar y aplicar la política del sector transportes. En este sentido, el MTC tiene la función normativa y rectora del sector de infraestructura vial. La regulación y supervisión de la infraestructura vial está a cargo del Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transportes de Uso Público (Ositran), entidad creada en 1998 con el objetivo

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca **Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial**

general de regular, normar, supervisar y fiscalizar, dentro del ámbito de su competencia, el comportamiento de los mercados en los que actúan las entidades prestadoras de los servicios de transporte, así como el cumplimiento de los contratos de concesión, cautelando en forma imparcial y objetiva los intereses del Estado, de los inversionistas y del usuario.

Un factor relevante que explica la mala situación de la Red Peruana es el insuficiente gasto en infraestructura vial. La poca inversión en este sector ha sido consecuencia principalmente de las restricciones en el gasto fiscal, destinado a infraestructura vial producto de la crisis de la deuda que experimentó el país en la década de 1980, lo que provocó el deterioro acelerado y la pérdida de caminos desde mediados de dicha década. A partir de 1991 hasta 1997, se observó una tendencia creciente en la inversión en infraestructura. Sin embargo, a partir de 1998 se inicia una tendencia decreciente, de tal forma que la inversión en infraestructura retorna al nivel de 0,6% del PBI en 1999, cifra inferior al 2% recomendado por el Banco Mundial (1994).

Puede haber varios tipos de beneficios económicos que se deriven de la ejecución del proyecto; directo o indirecto, tangible o intangible, temporal o permanente, etc., porque los beneficiarios del mejoramiento del transporte urbano varían ampliamente, no sólo son los usuarios del transporte público y los usuarios de vehículos privados sino también todos los residentes dentro del área urbana. Al principio, se puede identificar el ahorro de tiempo de viaje debido al aumento promedio de la velocidad de viaje por el mejoramiento de la red de transporte urbano y la reducción del costo de operación vehicular de acuerdo a las mejores condiciones de tránsito. Existen, adicionalmente, muchas otras ventajas causadas por la implementación de los proyectos como el aumento de la comodidad debido a la mitigación de la congestión de tránsito, menos daños a la carga transportada por los camiones, mejoramientos de seguridad de tránsito, accesibilidad avanzada para todo tipo de actividades urbanas, aceleración del desarrollo urbano, etc.

Aunque existen muchos factores de beneficios económicos cuantitativos, se seleccionan los dos más representativos en este estudio. Es usual actualmente seleccionar algunos de los factores contables como beneficios económicos representativos por proyectos de transporte urbano en los estudios de factibilidad, como el ahorro del Costo de Operación Vehicular (COV) y el Costo del Tiempo de Viaje (CTV), porque pueden ser estimados más teóricamente que los demás. Se consideraron los mismos factores en los estudios de factibilidad realizados recientemente en Lima Metropolitana, como en el “Proyecto PROTRANSPORTE” y “La Extensión de la Línea No. 1 de la Vía Ferroviaria Urbana”.

El costo de operación vehicular, en general, se estima por unidad de distancia y por tipo de vehículo. Está compuesto de los siguientes componentes:

- Costo de combustible
- Costo del aceite lubricante
- Costo de llantas
- Costo de reparación
- Costo de depreciación

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca **Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial**

- Costo de oportunidad de capital
- Costo de personal y fijo.

Aunque puede ser actualizado fácilmente de acuerdo con la revisión de cada componente, en casos en que se pueden analizar tendencias periódicas por algunos datos de costos de operación vehicular sin datos básicos sólo se encuentran disponibles los resultados de los costos de operación vehicular por tipo de vehículo. Éstos fueron examinados cuidadosamente en comparación con aquellos en otros estudios similares, y los siguientes se aplicaron en esta evaluación.

Una parte específica de los beneficios traídos por los mejoramientos del sistema de transporte urbano usualmente está ocupada por el ahorro del tiempo de viaje. El tiempo de viaje de ciertos propósitos de viaje por los usuarios de carros y usuarios de transporte público se estima como el costo de oportunidad para ganar más dinero en lugar de viajes.

Por lo tanto, se consideran los siguientes factores:

- Nivel de ingresos promedio
- Horas de trabajo
- Composición de propósitos de viaje (Trabajo, diversión, hogar, etc.)
- Crecimiento del PBIR per cápita.

El costo de mantenimiento y operación de cada proyecto de transporte, que son el proyecto vial, ferroviario y de buses, toma como referencia el costo actual de mantenimiento y operación de los proyectos anteriores. Al analizar el costo-beneficio, se adopta el costo de mantenimiento y operación como uno de los gastos del proyecto.

- El costo de mantenimiento y operación de los proyectos de desarrollo vial se estima en 5 % del costo total del proyecto. Esto incluye los ítems del mantenimiento diario y el mantenimiento a tiempo parcial, además de los ítems administrativos.
- El costo de mantenimiento y operación de los proyectos de desarrollo ferroviario se estima en 15 % del costo total del proyecto. Esto incluye el mantenimiento diario y el mantenimiento a tiempo parcial de la vía férrea, además de los ítems de administración.
- El costo de mantenimiento y operación de los proyectos de desarrollo del bus troncal se estima en 10 % del costo total del proyecto. Esto incluye el mantenimiento diario y el mantenimiento a tiempo parcial, además de los ítems de administración.

Como cada costo del proyecto estimado en el plan sectorial es el del costo financiero (precio de mercado), debe ser convertido en el costo económico para la evaluación económica. Los principales ítems a ser considerados para este propósito son:

- Examen del análisis de costo para deducción de impuestos

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial

- Exclusión de ambos impuestos sobre bienes y servicios
- Deducción de contingencia de precio y contingencia física, etc.

La ganancia anual estimada para el periodo de vida del proyecto es comparada con la inversión en forma de flujo de caja. Como resultado de este análisis, se calculan tres índices incluyendo la relación Costo - Beneficio (C/B), el valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno (TIR) bajo ciertas tasas de descuento (en el caso de este estudio se aplica 12% por año).

El beneficio económico se define como una cantidad ahorrada en el costo de viaje. Los costos de viaje consisten en dos componentes, costo de operación vehicular (COV) y costo del tiempo de viaje (CTV). El COV y CTV son calculados por el método de asignación de tránsito en el cual el sistema de tarifas integrado.

3.1.3 La Experiencia Chilena

La red vial de Chile corresponde a los caminos y rutas de jurisdicción nacional. A diciembre de 2008, la red estaba compuesta por 80443 km, de los cuales 17558 km de la red vial son pavimentados, mientras 62885 km corresponden a la red vial no pavimentada. Su jurisdicción corresponde a la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas.

Existen 4 carreteras denominadas longitudinales, ya que se extiende a largos trazados, permitiendo llegar a cualquier destino. Entre ellas están la ruta Panamericana, que es una ruta longitudinal que se extiende desde el límite con Perú y Arica, en el extremo norte de Chile, hasta Quellón, al sur del país, en el archipiélago de Chiloé, atravesando las ciudades más importantes del territorio. Es una vía de comunicación rápida y segura, con variados servicios en distintos puntos de la carretera.

La carretera Austral (o ruta 7), con algunos tramos todavía en construcción, se extenderá desde Puerto Montt hasta Punta Arenas. En la actualidad, por las condiciones topográficas, parte de este trayecto se hace por territorio argentino, pero cuando esté finalizada la carretera recorrerá más de 1000 kilómetros pasando por paisajes patagónicos de singular belleza, siendo uno de los más lindos parajes del mundo.

El desarrollo vial ha sido uno de los elementos fundamentales sobre el cual Chile se ha ido constituyendo. Un camino, una vía, una carretera, son así no solamente puntos de unión y de encuentro, sino que además implican, en su sentido más profundo, un acto cultural mediante el cual los hombres que habitan un territorio lo hacen suyo integrándolo como una dimensión concreta de sus vidas, pero también de sus sueños, de su espíritu y pertenencia.

La historia muestra así que el primer camino que se abrió en Chile fue el de Santiago a Valparaíso que se mantuvo en servicio durante 237 años. A comienzos de este siglo existía un camino de ripio denominado Longitudinal, que se iniciaba en Arica y que después de unir las principales ciudades, concluía en Puerto Montt, estableciendo un recorrido que ya en ese entonces superaba los 3000 km.

Hasta el año 1932, existían 326 km de caminos pavimentados. Similarmente, en el lapso que va entre 1921 y 1934 se construyeron 42 puentes de concreto armado, dándole con ello un impulso

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca **Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial**

fundamental a la unión del territorio chileno y solucionando el crónico problema de buscar vados para cruzar los esteros y ríos.

Por otra parte, la creación de un marco legal que permitía disponer de recursos permanentes para construir y conservar caminos y puentes (Ley No.3611 de 1920) y el establecimiento de la institucionalidad de un organismo encargado de estos temas, hicieron posible que comenzara un considerable avance de las construcciones viales.

El organismo responsable de los caminos en Chile a través del tiempo ha tenido varias denominaciones y dependencias:

- - Sección de Puentes, Caminos y Construcciones Hidráulicas, desde 1888 a 1905.
- - Sección de Puentes y Caminos, desde 1906.
- - Inspección General de Caminos, Inspección General de Puentes, entidades separadas en 1925.
- - Inspección General de Puentes, Caminos y Vías Fluviales, desde 1924.
- - Departamento de Caminos, desde 1928.
- - Inspección General de Caminos y Puentes (del Ministerio de Obras Públicas) y Departamento de Caminos (de la Dirección General de Obras Públicas), en 1929.
- - Inspección General de Caminos y Puentes se fusionó con el Departamento de Caminos, en 1930.
- - Dirección de Vialidad, desde 1953 a la fecha.

Resulta imprescindible destacar aquí la visión de los primeros "camineros" quienes dando muestra de una visión a futuro y con los desafíos y sacrificios que ello implicaba, asentaron la construcción de vías que permitieron ir integrando el territorio nacional, contribuyendo así de un modo decisivo al desarrollo de Chile y a la consolidación de su identidad.

La gran cantidad de proyectos que se ha concesionado en la última década en Chile ha permitido a la agencia encargada de su preparación obtener una gran experiencia, lo que ha implicado la modificación de la metodología del proceso de licitación.

El primer grupo de proyectos viales que el Gobierno de Chile licitó fueron el denominado Túnel El Melón, al norte de Santiago en la Ruta 5 hacia Los Vilos; el Camino La Madera, que une a la Ciudad de Concepción con la Ruta 5; y el Camino Nogales - Puchuncaví, que une dos ciudades de la V Región y que constituye una alternativa hacia importantes balnearios de esa zona.

Dichos proyectos tienen un tamaño intermedio, involucrando el mayor monto de inversión el correspondiente al Túnel El Melón (42 millones de dólares). La adjudicación de estos proyectos no contempló precalificación interactiva con los licitantes, lo que implicó un menor grado de desarrollo

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca **Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial**

de los estudios que el MOP entregó a los distintos postulantes y una regulación incipiente del contrato.

En la segunda fase de generación de proyectos se adjudicaron tres licitaciones de gran importancia desde el punto de vista vial: la Ruta 78, que une Santiago, la capital del país, con el principal puerto de la Ruta 5, San Antonio; el Acceso Norte a Concepción, primera autopista concesionada con un trazado nuevo y que une la ruta 5 con la ciudad de Concepción por el Norte; y el Acceso Vial al Aeropuerto Arturo Merino Benítez, aeropuerto de Santiago y que constituyó la primera concesión vial urbana.

En esta segunda etapa se incluyeron proyectos de tamaño e inversión mayores; a pesar de esto, tampoco contaron con una precalificación interactiva. En estos casos, el contrato tiene una mayor regulación y una mayor distribución de riesgos. Asimismo, la adjudicación de la licitación consideró una sola variable como factor de decisión. Los resultados de este grupo de proyectos son buenos. Los tres proyectos están ya en etapa de explotación.

La tercera generación representa el mayor número de proyectos licitados. En particular, se incluyen en esta etapa ocho tramos de la Ruta 5 (dos hacia el Norte de Santiago y 6 hacia el Sur) que representan alrededor de 1500 km de carretera y que fueron concebidos con un sistema de estándares y tarifas equivalentes. Por esta razón, para su adjudicación, se han utilizado los criterios de plazos de concesión, pagos al Estado y subsidios, de manera de poder fijar la tarifa en las bases de licitación. Los cuatro últimos proyectos licitados incorporaron además como variable de licitación un pago al Estado que deben realizar los consorcios licitantes y no la sociedad concesionaria, de manera de no restringir las posibilidades de financiamiento del proyecto. En el caso de los proyectos que tienen menor demanda, que coinciden con los que involucran altos requerimientos de inversión debido a la escasa infraestructura preexistente, reciben subvenciones del Estado, que son financiadas mediante la ejecución de los proyectos que generan pagos al Estado.

La cartera de proyectos viales a adjudicar mediante el sistema de concesión es todavía extensa. Desde luego, destacan tres grandes proyectos urbanos en la ciudad de Santiago, uno de los cuales ya ha sido licitado, el denominado Sistema Oriente-Poniente (Costanera Norte), faltando su adjudicación. Los otros dos proyectos urbanos que constituyen el sistema de caminos concesionados en la Región Metropolitana son la Autopista Norte-Sur, que incluye General Velásquez, y el anillo de circunvalación de Américo Vespucio. En conjunto, los tres proyectos involucran inversiones superiores a 1.000 millones de dólares. Otro proyecto, la Radial Nororiente, está en fase de licitación. Por otra parte, el MOP estudia la licitación del proyecto de Cartagena-Quintay y del By Pass a la ciudad de Melipilla.

La evaluación económica de una alternativa corresponde esencialmente a una comparación de los beneficios económicos que ella produce durante su vida útil con los costos de inversión necesarios para su puesta en funcionamiento. Los beneficios económicos corresponden a un diferencial de consumo de recursos durante la vida útil de la alternativa, con relación al de una situación base de referencia. Los costos de inversión de una alternativa, con fines de evaluación, se estiman también como un diferencial con relación al requerido por la misma situación base. Los costos de inversión consideran fundamentalmente los costos asociados al suelo urbano, a la construcción de las obras, incluyendo los costos de los sistemas de operación y control de tránsito, así como los del proyecto

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial

definitivo de ingeniería y de asesoría y supervisión de la construcción. En determinados casos será importante considerar los costos de congestión durante la construcción.

Los costos de inversión deben determinarse tanto a precios de mercado, con fines de asignación presupuestaria, como a precios sociales con fines de evaluación. Algunos elementos importantes de considerar son:

- La determinación de precios sociales, en la generalidad de los casos, se realiza a partir de los precios de mercado, eliminando las transferencias internas de la sociedad (aranceles, impuestos, utilidades supernormales o monopólicas cuando existan, etc.). De esta forma se deberá intentar reflejar el grado de escasez del bien para la economía, descomponiendo los precios de mercado de cada partida en sus recursos básicos y aplicando los factores sociales establecidos por MIDEPLAN.
- Debe considerarse en los costos de inversión, todas aquellas partidas en que se incurrirá a futuro como consecuencia de la decisión, más aquellas que, a pesar de haber sido financiadas previamente, tienen un uso alternativo y por lo tanto es posible determinarles un costo de oportunidad. Entre estas últimas se puede mencionar el valor de la tierra, aun cuando ya esté disponible para el proyecto por ser de propiedad pública.

Será importante considerar en los costos de inversión, y por lo tanto en la evaluación económica, los costos de congestión durante la construcción cuando existan diferencias apreciables entre las alternativas que se comparan. Por ejemplo, cuando se compara un aumento de capacidad en una ruta existente con alto nivel de tráfico, versus una ruta alternativa nueva. En el caso de estimarse necesaria su incorporación, el costo resultante deberá ser agregado al de inversión en el período en que se produzca.

La generalidad de las partidas en obras de construcción tiene un precio de mercado a partir del cual es posible estimar el precio social. Hay sin embargo algunas partidas que ya sea por no transarse en el mercado o por sus peculiares características tienen un alcance especial.

a) Precio social de la reposición de servicios

Los presupuestos que se solicite a las empresas de servicios correspondientes deberán consignar separadamente los costos que involucran divisas, mano de obra en sus diferentes grados de calificación y costos internos del país. Además, deberá ser posible extraer a partir de dichos presupuestos qué partidas corresponden exactamente a reposición de servicios y cuales a inversión en mejoras. A partir de la información anterior será posible estimar el precio social con la metodología tradicional.

b) Precio social de expropiaciones

En general se aceptará como válida una estimación del precio social de las expropiaciones a partir del precio de mercado, bajo el supuesto de que éste último es un buen asignador del recurso suelo y/o de edificaciones. Sin embargo, debe incluirse en el costo de expropiación todos aquellos costos relativos a los procesos judiciales y negociaciones, con participación tanto de profesionales del sector público como privado.

c) Precio social de área verde y/o áreas de uso público recreacional

Un proyecto de vialidad urbana puede consumir áreas verdes o de uso público recreacional, así como entregar una mayor disponibilidad para su uso social. A pesar de que el valor del suelo sea substancialmente diferente entre diferentes sectores de la ciudad se estima adecuado por razones de equidad asignarle un valor social único a nivel de cada área urbana. Dicho valor se deberá estimar localmente de acuerdo a la disponibilidad financiera y al grado de escasez que tenga el recurso. El valor a utilizar en la evaluación deberá ser aportado por la Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte a fin de darle uniformidad al proceso de evaluación de proyectos de vialidad urbana.

Respecto de las partidas de obras, en SECTU (1988) se entrega un listado de partidas de costos de inversión en proyectos de vialidad urbana que recoge la experiencia acumulada en el país.

Los beneficios económicos producto del ahorro de recursos asociados al desplazamiento de vehículos se obtienen directamente de los resultados de la simulación de tránsito comparando cada alternativa con la situación de referencia. Los recursos que se consideran son: tiempo de usuarios (viajeros), combustible y otros recursos de operación de vehículos. La estimación del total de beneficios anuales depende del número de horas al año que representa cada uno de los períodos simulados, situación que se trata diferenciadamente según tipo de proyecto.

Se consideran como otros costos de operación de vehículos los ahorros en los siguientes recursos: lubricantes, neumáticos, manutención y depreciación. Todos ellos se entenderán dependientes de la distancia recorrida, por lo cual, en el caso de proyectos que no lleven asociados cambios en ella, no corresponde estimar este tipo de impacto. TRANSYT entrega una estimación de la distancia viajada en la red para cada tipo de vehículo (arcos de buses y tráfico general) con la que se puede obtener el consumo total anual para cada situación y corte temporal.

3.2 Ámbito nacional

En el ámbito nacional los análisis costo-beneficio para los proyectos de inversión que del cual se desprendan los recursos de la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el cual es gran parte de los casos de Obra Pública, deben de regirse bajo los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión”, publicados el 18 de marzo de 2008 en el Diario Oficial de la Federación por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

En el anexo D.1 se muestran dichos lineamientos, de acuerdo a esto podemos observar cómo se requieren los estudios costo-beneficio para infraestructura carretera a nivel federal salvo conducto de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) quien es la encargada de dicha infraestructura.

3.2.1 Ejemplo de estudio Costo–Beneficio de un proyecto de infraestructura vial en México

Se mencionan a continuación los Términos de Referencia de la licitación pública nacional No. 00009083-044-10 que lleva por nombre “**ESTUDIO COSTO-BENEFICIO DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS CARRETERAS: JALA-PUERTO VALLARTA Y LIBRAMIENTO DE PUERTO VALLARTA**”.

3.2.1.1 Objetivo

El objetivo general del estudio consiste en determinar la factibilidad económica de las carreteras: “Jala-Puerto Vallarta y Libramiento de Puerto Vallarta”, mediante el análisis de la demanda actual y futura, el análisis de alternativas, así como la evaluación económica de los diferentes tramos.

3.2.1.2 Alcances

Como resultado del estudio, se deben tener las características de la red de carreteras en las zonas de influencia del proyecto, se debe formular la problemática existente, se debe determinar con un alto grado de confiabilidad la demanda de tránsito y la composición vehicular del proyecto, asimismo, se elaborará el estudio costo-beneficio requerido por la SHCP para la liberación de recursos presupuestales.

3.2.1.3 Análisis de la oferta

a) Definición de la red de análisis

De acuerdo con el área de influencia directa del proyecto, se definirán los tramos de la red de carreteras y los principales polos de generación de viajes que serán analizados mediante el uso de una herramienta computacional compatible con TransCAD.

b) Características físicas y geométricas de la red de análisis

El consultor deberá realizar recorridos para identificar las características físicas, geométricas y operativas de la red de influencia del proyecto, tales como longitud, número de carriles, ancho de carril, ancho de acotamientos, tipo de terreno, condiciones de la superficie de rodamiento y del señalamiento, ubicación de semáforos, casetas de cobro, reductores de velocidad y toda aquella información que el consultor considere necesaria. Los datos recopilados deberán integrarse al modelo de simulación, mediante el desarrollo de una base de datos, que posteriormente se integrará al modelo de oferta, para lo cual deberá explicar en su propuesta como desarrollará esta actividad.

c) Velocidades y tiempos de recorrido

Se llevarán a cabo estudios de velocidades y tiempos de recorrido sobre los arcos que integran la red de análisis, mediante el método del vehículo flotante o el método de placas. Los recorridos se realizarán en horas de máxima demanda y en horas valle, en un día entre semana y uno en fin de semana, por tipo de vehículo: automóvil, autobús, camión unitario y camión articulado. Asimismo, se podrá determinar la velocidad de operación promedio para cada tramo de la red de influencia.

3.2.1.4 Análisis de la demanda

En esta sección, se debe estimar la demanda dentro de la red de influencia del proyecto, para lo cual se llevarán a cabo encuestas de origen-destino y conteos de tránsito con clasificación vehicular, como se estipula en los siguientes puntos.

a) Estudio de Origen-Destino

Se deberá obtener información acerca del origen y destino de los usuarios mediante encuestas directas al conductor en tres estaciones para las carreteras: Jala-Puerto Vallarta y Libramiento de Puerto Vallarta. Se obtendrá información acerca del origen y destino de los viajes, el propósito y la frecuencia de los mismos, el nivel de ingresos del conductor y el tipo de carga transportada, entre otros. El consultor deberá diseñar el formato de la encuesta y podrá incluir alguna otra pregunta que a su juicio considere como necesaria. El formato de encuesta será consensuado con la Dirección General de Desarrollo Carretero.

Las encuestas se aplicarán conforme a lo siguiente:

Se realizará el levantamiento de datos de origen-destino mediante encuesta directa al conductor a una muestra representativa (con un nivel de confianza del 95% y un error estadístico del 3%). Las encuestas se realizarán durante cuatro días, las 24 horas, de jueves a domingo, o bien, de sábado a martes. La muestra se determinará para cada uno de los siguientes tipos de vehículos: automóvil, camión unitario y camión articulado.

Para la instalación de las estaciones, el consultor deberá hacer una visita previa a los sitios donde se instalarán las mismas y deberá ofrecer capacitación al personal de campo que participará en los estudios. El diseño de las estaciones de encuesta deberá considerar los aspectos operacionales y de seguridad, tal y como se muestra en el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Carreteras que publica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El señalamiento será diurno y nocturno, utilizando dispositivos de línea fabricados para este fin. Queda bajo la responsabilidad del contratista que las estaciones operen eficientemente y que se proporcione seguridad a los usuarios de las carreteras y al personal de la empresa que desempeña las labores de campo.

b) Encuestas de preferencia declarada

Se deberá diseñar y aplicar una encuesta mediante la técnica de preferencia declarada en tres estaciones para las carreteras: Jala-Puerto Vallarta y Libramiento de Puerto Vallarta, ubicadas en el mismo sitio donde se realizarán las encuestas origen-destino. Con base a estas encuestas de preferencia declarada y el análisis de las variables socioeconómicas se deberá segmentar el mercado de la nueva vía en grupos homogéneos, de acuerdo con su valoración del tiempo. De tal manera, el análisis se dispondrá de segmentos con distinta disponibilidad de utilizar la nueva infraestructura.

El diseño del formato de encuesta estará a cargo del consultor, para lo cual deberá contar con especialistas en este tipo de encuestas; los resultados obtenidos de las encuestas permitirán calibrar

el modelo de captación de flujos vehiculares y analizar la sensibilidad del usuario ante diferentes niveles tarifarios.

El número mínimo de encuestas será de 100 para cada una de las siguientes categorías:

- Automóviles de corto itinerario por motivo de trabajo.
- Automóviles de corto itinerario por otros motivos.
- Automóviles de largo itinerario por motivo de trabajo.
- Automóviles de largo itinerario por otros motivos.
- Camiones unitarios de corto itinerario.
- Camiones unitarios de largo itinerario.
- Camiones articulados de corto itinerario.
- Camiones articulados de largo itinerario.

c) Conteo de tránsito y clasificación vehicular

Se realizarán conteos manuales y automáticos de tránsito y clasificación vehicular. El conteo manual se llevará a cabo de manera simultánea a los días y lugares de las encuestas; el conteo automático se realizará mediante 17 estaciones de contadores automáticos, durante siete días, las 24 horas, con cortes de datos por hora, por día y por sentido de circulación.

En este contexto, se identificarán los niveles de servicio en los tramos que integran el estudio (urbanos y rurales) y se analizará el comportamiento del flujo vehicular durante el día, con el propósito de determinar el número de horas sin congestión y con congestión, donde se presentará el TDPA por tipo de vehículo (automóvil, autobús, camión unitario y camión articulado) y las velocidades de operación para esos periodos.

3.2.1.5 Análisis y desarrollo de modelos para asignación y pronóstico de tránsito

En esta sección se realiza el análisis y procesamiento de la información de la oferta y la demanda para calibrar los modelos de asignación y pronóstico de tránsito. Las actividades a desarrollar son las siguientes:

a) Modelo de la oferta

Con base en la información recopilada en campo y la información documental obtenida, relacionada con las características físicas y operativas de la red de análisis, el consultor deberá desarrollar un modelo analítico de esta red y construir una herramienta de análisis, mediante la cual se represente la oferta y se puedan hacer modificaciones de las condiciones físicas y de operación de la red vial actual como resultado de la modernización o construcción de nuevos tramos.

b) Modelo de demanda

El modelo de demanda estará constituido por las zonas de análisis de transporte y por las matrices origen-destino. La zonificación del área de estudio se deberá constituir considerando los principales orígenes y destinos, de acuerdo a su importancia en cuanto a generación y atracción de viajes, dentro y fuera de la zona de influencia del proyecto. Dentro de la zona de influencia se definirán zonas urbanas y suburbanas, las primeras consisten en dividir las principales ciudades y las segundas se forman mediante la unión de municipios. Asimismo, fuera del área de influencia del proyecto se definirán las zonas de acuerdo a los principales accesos carreteros, considerando a los Estados como zonas de influencia. Cada zona deberá contener información socioeconómica y de demanda con el fin de caracterizar el comportamiento de los viajes actuales y futuros. Adicionalmente, el consultor deberá realizar el pronóstico de las variables socioeconómicas seleccionadas para cada una de las zonas definidas en un horizonte de planeación de 30 años.

La construcción de matrices origen-destino se realizará mediante la codificación de la información obtenida de las encuestas origen-destino, se utilizarán las zonas definidas anteriormente, colocando las claves definidas por el INEGI para localidades y municipios. Una vez codificada la información, el consultor deberá expandir la muestra para obtener las matrices origen-destino para días laborables y no laborables por tipo de vehículo (automóvil, autobús, camión unitario y camión articulado), y por sentido de circulación, para lo cual deberá analizar el comportamiento histórico del tránsito, de estacionalidad y el uso de factores de expansión horaria, diaria, semanal, mensual y anual. Deberá explicar claramente el método usado para este trabajo.

c) Asignación de tránsito

Una vez integrados los modelos de oferta, demanda y captación, el consultor llevará a cabo la asignación de tránsito para el año base; se realizará una comparación de los resultados obtenidos con los datos reales disponibles, para finalmente calibrar los modelos (deberá estar bien documentado en el informe). Una vez calibrado el modelo, deberá demostrarse el grado de confiabilidad de los resultados que genere; es importante que en el informe contenga una buena descripción de los procesos empleados para comprender las tareas elaboradas.

Un componente importante del tránsito de la nueva vía lo constituye la circulación de usuarios que antes no usaban la carretera, ya sea porque no viajaban, porque usaban otras rutas o porque se desplazaban usando otros modos de transporte. Para cuantificar el tránsito potencial el consultor deberá incluir los siguientes componentes del tránsito y deberá explicar en su propuesta cómo los calculará:

- Tránsito atraído (o inducido) a la nueva vía, proveniente de otros modos de transporte.
- Tránsito desviado de otras rutas carreteras existentes.
- Tránsito generado, que antes no viajaba y que previsiblemente lo hará al mejorar las condiciones de la carretera.

Para estas estimaciones, la SCT proporcionará información sobre el comportamiento del tránsito en carreteras nuevas recientemente puestas en operación.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Experiencia internacional y nacional en evaluación de proyectos de infraestructura vial

El consultor deberá considerar los proyectos de modernización y construcción de infraestructura en el área de influencia, programas de modernización y construcción de carreteras estatales y federales, terminales intermodales y puertos interiores, aeropuertos, programas de desarrollo industrial y turístico, programas de desarrollo urbanos estatales y municipales, así como otros proyectos que, a juicio del consultor, pudieran impactar al proyecto en estudio. La empresa consultora deberá comprometerse a proporcionar al equipo supervisor un reporte detallado de estos análisis y en especial de los resultados de esta actividad.

Los datos de origen-destino y asignación de tránsito se construirán en forma de tabla con la información obtenida de las encuestas, además se integrarán los datos de la composición vehicular de la matriz total por tipo de carretera (libre o cuota) que esté involucrada en el análisis del estudio; así también, se incluirán los valores obtenidos en la asignación obtenida en las carreteras.

Se elaborarán pronósticos de tránsito tendencial, pesimista y optimista del crecimiento del tránsito sobre las rutas existentes, en función de la serie histórica de aforos de la red de influencia. Además, se proyectará a futuro la matriz origen-destino con base en las variables socioeconómicas que mejor describan los intercambios en la región (modelo gravitacional), para lo cual el consultor deberá describir en su propuesta la metodología que empleará; de tal manera que se generen matrices origen-destino, de acuerdo a la zonificación propuesta en períodos de cinco años hasta cubrir el horizonte de análisis de 30 años.

En el pronóstico de tránsito se deberá determinar la curva de maduración por tipo de vehículo durante los primeros años, hasta que su comportamiento sea uniforme, su posible variación a lo largo del horizonte de planeación como resultado de la ejecución de nuevos proyectos; así como la incorporación de nuevos programas y proyectos en la región de influencia. Esta actividad significa que las tasas de crecimiento se modifican a partir de la maduración del proyecto, por lo que el crecimiento no es lineal al infinito, es decir, que se registra una estabilización durante años posteriores. Estas consideraciones deberán reflejarse en el modelo para la realización del estudio costo-beneficio. El consultor deberá especificar en su propuesta los elementos que considerará y la metodología a emplear.

3.2.1.6 Visualización de la información del análisis de la oferta y demanda

Con base en las etapas de la ejecución del estudio de oferta y demanda, se requiere presentar los resultados en forma esquemática de los análisis del estudio; en este sentido, se deberá mostrar lo siguiente:

- Definición de la red de análisis.
- Características físicas y geométricas de la red de análisis.
- Velocidades y tiempos de recorrido.
- Volúmenes de tránsito (aforados vs datos viales).
- Ubicación de las estaciones de origen-destino.
- Ubicación de las estaciones de aforo manual y automático.

- del área de estudio.
- Líneas de deseo de las matrices origen-destino.
- Asignación de tránsito de la situación actual (año base sin proyecto).
- Asignación de tránsito con el proyecto de análisis, en TDPA y composición vehicular.
- Asignación de tránsito con movimientos direcciones de los entronques de la red de análisis (sin y con proyecto), en TDPA y composición vehicular.

3.2.1.7 Elaboración del estudio costo-beneficio

El análisis costo-beneficio de un proyecto de infraestructura carretera trata de identificar las ventajas que éste ofrecerá a la sociedad en su conjunto, mediante la relación entre los beneficios que recibirá la colectividad con la realización del proyecto y los costos en que incurrirá la nación para proporcionarlos.

De esta forma, el análisis costo-beneficio se basa en la comparación de dos escenarios, “antes” y “después” de la implementación del proyecto, y por lo tanto, de la inversión. Los efectos de la implementación del proyecto son las diferencias entre las situaciones mencionadas.

Evaluación del proyecto.- Para cada alternativa se deberá presentar la cuantificación de los costos y beneficios del proyecto, así como el flujo de los mismos a lo largo del horizonte de evaluación, con objeto de mostrar que es susceptible de generar, por sí mismo, beneficios netos bajo supuestos razonables.

La evaluación del proyecto deberá tomar en cuenta como beneficios el ahorro en tiempo y en costos de operación de los usuarios, y se deberán describir otros beneficios como seguridad y confort. Como resultado, se deberán presentar los indicadores de rentabilidad que resulten de la evaluación. En particular, se deberán obtener el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI).

La evaluación deberá acompañarse con los anexos correspondientes. En el informe final el consultor deberá describir detalladamente la metodología y los modelos que empleará para el desarrollo de este tema.

Para cumplir con los lineamientos que marca la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, así mismo el estudio objeto de esta Tesis aunque sea a nivel Local, realizado para la Dirección General de Vialidad de la Secretaria de Comunicaciones del Estado de México, de igual forma cumple con estos lineamientos ya que es un proyecto de inversión pública.

4. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Resumen

Las vialidades en Ciudad Nezahualcóyotl están trazadas en una cuadrícula, lo cual hace muy fácil el acceso a cualquiera de sus colonias. Entre las principales Avenidas de Nezahualcóyotl destacan: Anillo Periférico Oriente, que recorre toda la Ciudad de México de Oriente-Sur-Poniente-Norte, inicia en el cauce del Río de los Remedios, comunica al Municipio de Ecatepec de Morelos y divide el límite de Nezahualcóyotl, con la Delegación Iztacalco y con la Delegación Venustiano Carranza. A este tramo se le conoce como Calle 7.

4.1 Ubicación dentro del entorno nacional (Macro regiones)

La red regional del Estado se divide en 16 regiones identificables. Según el Gobierno del Estado de México se definieron 5 Macro Regiones que engloban a su vez a las 16 regiones en que se divide el Estado de México (Figura 4.1).



Figura 4.1. Macro Regiones del Estado de México

En este contexto, la Región IX Nezahualcóyotl se ubica en el ámbito de la Macro Región III, la cual comprende 10 regiones, mostradas en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Regiones de la Macro Región III del Estado de México

ESTADO DE MÉXICO	
MIII	MACRO REGIÓN III, ORIENTE
RI	Región I. Amecameca
RIII	Región III. Chimalhuacán
RIV	Región IV. Cuautitlán Izcalli
RV	Región V. Ecatepec

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

RVIII	Región VIII. Naucalpan
RIX	Región IX. Nezahualcóyotl
RXI	Región XI. Texcoco
RXII	Región XII. Tlalnepantla
RXIV	Región XIV. Tultitlán
RXVI	Región XVI. Zumpango

En este marco, la Región IX Nezahualcóyotl, localizada al oriente del Estado de México, está integrada por el Municipio de Nezahualcóyotl.

El Valle de México es el ejemplo más representativo de los profundos cambios demográficos, económicos y sociales observados a lo largo de las últimas décadas en México, caracterizados por un crecimiento poblacional acelerado. Este crecimiento representó para la zona importantes ventajas comparativas frente al resto del sistema de ciudades del país y de la región centro, fortaleciéndose como principal receptor de la actividad industrial y la concentración poblacional del país.

El ritmo y carácter del proceso de urbanización que ha experimentado la Región del Valle Cuautitlán – Texcoco (RVCT), está relacionado con esa dinámica sociodemográfica, y con su posición geográfica colindante a la capital del país. Ese crecimiento recibió el impulso que tuvieron la industrialización y el desarrollo económico en la ciudad de México durante los años 50, como producto del modelo de sustitución de importaciones.

En términos generales, en la segunda mitad del siglo XX, el poblamiento de la RVCT tuvo un crecimiento constante en términos absolutos y su cúspide de la década del cincuenta a la del setenta. Por su parte el Distrito Federal se encuentra sujeto desde los años 80 a un fuerte proceso expansivo hacia la periferia, simultáneamente, a otro de despoblamiento de las áreas centrales. En este aspecto, destaca el comportamiento diferencial de su crecimiento demográfico con el del Estado de México, que ha resultado en la inversión de proporciones de concentración de población. Desde mediados de los años 90 los municipios metropolitanos conurbados del Estado de México concentran más habitantes que el Distrito Federal; este fenómeno se agudiza sistemáticamente, mientras que la población del Distrito Federal prácticamente no crece, los municipios lo hacen a tasas del orden de 2 por ciento en promedio, con extremos que alcanzan 10 por ciento.

Cuadro 4.2. Valle de México. Población 1970 - 2000

	1970		1980		1990		1995		2000	
	Hab.	%								
RVCT	2.4	28.8	5.6	38.9	7.3	47.1	8.8	50.9	9.7	53.0
DF	6.9	74.2	8.8	61.1	8.2	52.9	8.5	49.1	8.6	47.0
TOTAL	9.3	100	14.4	100	15.5	100	17.3	100	18.3	100

En este proceso se observa una ampliación de las zonas de expulsión poblacional en el Distrito Federal, al tiempo que se advierte el surgimiento de municipios con fuerte crecimiento poblacional.

En conjunto la RVCT descendió notablemente su ritmo de crecimiento de 26.64 por ciento en el periodo 1950 – 1960 a 2.69 por ciento en el periodo de 1980 a 1990. En el año 2000, la población de

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

la RVCT alcanzó 9.75 millones de habitantes, con una tasa promedio anual entre 1990 y 2000 de 2.96 por ciento.

En términos generales, el proceso de metropolización se ha caracterizado por una expansión de la urbanización del centro a la periferia, proceso que ha continuado dentro del Estado de México.

Para el año 2000, la RVCT alcanzó una población del orden de los 9.75 millones de habitantes que representan 74.4 por ciento de la población de la entidad y 53 por ciento de la población del Valle de México.

Al concentrarse más de dos terceras partes de la población de la entidad en la RVCT, se provocó un constante aumento de la densidad, pues mientras en 1970 habitaban 393 personas por kilómetro cuadrado en la RVCT, para el 2000 el indicador se incrementó a 1,559.

En cuanto al comportamiento del producto interno bruto, el Estado de México es la segunda entidad económica del país, sólo superada por el Distrito Federal. Durante los años 90 disminuyó ligeramente esa participación. En efecto, la proporción del PIB de la entidad con respecto al nacional, de representar 8.6 por ciento en 1970, ascendió a 10.9 en 1980 y a 11.4 en 1988, para descender a 10.5 por ciento en 1993, a 10.4 en 1996 y mantenerse en esta misma proporción en el 2000.

El PIB del Valle de México (RVCT, en conjunto con el D.F.) se ha estancado al pasar de 29.42 por ciento del nacional en 1990 a 29.47 por ciento en 2000; los municipios metropolitanos de la RVCT cayeron de 9.07 a 8.29 por ciento, mientras que el D.F. creció de 20.34 a 21.18 por ciento, con prácticamente la misma magnitud de población.

Cuadro 4.3. República Mexicana, D.F., RVCT y Estado de México: participación en el PIB, 1990-2000

Ámbito	PIB a precios de 1980		% del Total Nacional		TCMA 1990- 2000 (%)	Participación del Estado de México	
	1990 (MDP)	2000 (MDP)	1990	2000		1990	2000
Rep. Mexicana, D.F. y RVCT	5,276,684 1,552,647	6,848,302 2,018,053	100.00 29.42	100.00 29.47	2.64 2.66	10.44 30.80	10.41 28.09
Distrito Federal RVCT	1,072,555 478,231	1,448,725 566,917	20.33 9.06	21.17 8.28	3.05 1.72		
Estado de México	551,136	713,079	10.44	10.41	2.61	100.00	100.00

Más importante aún es que mientras el PIB del Distrito Federal y el Estado de México crecieron 3.05 y 2.61 por ciento respectivamente, en la década de 1990 a 2000, los 59 municipios metropolitanos de la RVCT apenas lo hicieron a 1.72 por ciento, lo que muestra una menor eficiencia de éstos en la producción económica.

4.1.1 Red vial, uso de suelo y tenencia de la tierra de la Macroregión

Los sistemas carretero y de transporte son elementos fundamentales de la infraestructura regional. Los flujos de personas y mercancías desarrollados en la entidad corresponden a la magnitud de su

población, su importancia económica y el papel que desempeña en el desarrollo de la Región centro del país.

En general, la red vial regional de la Macroregión tiene un trazo radial hacia el Distrito Federal, con excepción de las vías a Texcoco y La Venta-Lechería, lo cual plantea un serio problema de integración espacial entre los municipios metropolitanos, confirmando una estructura centralizada que mantiene a la Ciudad de México como núcleo de la mayor parte de las funciones de la metrópoli, reduciendo las posibilidades de descentralización hacia la Región. Tal estructura vial no ofrece alternativas para redistribuir los orígenes y destinos de viaje en la Zona Metropolitana del Valle de México, concentrando proporciones crecientes de viajes y fomentando la saturación.

Además, por ser ejes macro regionales, existe un alto porcentaje de tránsito de vehículos pesados a lo largo de sus trayectos, creándose serios problemas de congestión y mezclas inadecuadas de tráfico vehicular.

De ahí que los municipios metropolitanos de la Región presenten una estructura vial primaria desarticulada, donde las vialidades principales se estructuran a partir de los ejes carreteros regionales, presentándose grandes conflictos viales, cuya solución requiere de crecientes recursos financieros.

La red vial primaria o principal de la Zona Metropolitana del Valle de México se integra por un sistema jerarquizado de 10 mil 437 kilómetros, 89.0% localizados en el Distrito Federal y el 11.0% restante en la Macroregión. Así, los municipios metropolitanos cuentan con un total aproximado de mil 148 Km. de vías primarias y secundarias, estructuradas en una red de 103 vialidades. En esta red operan 14 corredores de transporte que alcanzan un total de 244 Km.

Lo anterior evidencia el desequilibrio en la extensión de la red vial primaria entre el Distrito Federal y los municipios metropolitanos conurbados, propiciándose mayor centralismo y reduciéndose de manera sensible la productividad en estos últimos por la costosa movilidad de personas, vehículos y bienes, lo que agudiza los problemas en las áreas de más reciente urbanización.

Los ejes carreteros regionales de acceso y salida de la Macroregión en la zona oriente son (Figura 4.2):

- Carretera México-Pachuca: Conforman uno de los corredores industriales más consolidados de la Región; tiene su origen fundamentalmente en el municipio de Ecatepec de Morelos y es, al mismo tiempo, uno de los ejes de expansión metropolitana hacia el norte, en especial en el municipio de Tecámac.
- Autopista México-Puebla: El eje ha sido el principal receptor de población de bajo ingreso de la Macroregión en las últimas décadas, desde Ciudad Nezahualcóyotl hasta Valle de Chalco-Solidaridad. Comunica al centro y oriente de la ciudad de México con la ruta al Golfo de México y es predominantemente habitacional.
- Carretera México-Texcoco: Sobre este eje se desarrolla un incipiente corredor industrial, entremezclado con zonas habitacionales, comerciales y de servicios, que comprenden a los municipios de La Paz, Ixtapaluca y Chicoloapan.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Características del área de estudio

- Autopista Ecatepec-Pirámides: Conecta el norte de la ciudad de México con un conjunto de zonas culturales y turísticas (Tepexpan-Acolman-Teotihuacán); es además eje alternativo de comunicación con el Golfo de México.
- Autopista Peñón-Texcoco: Comunica a la ciudad de México con la Región de Texcoco.

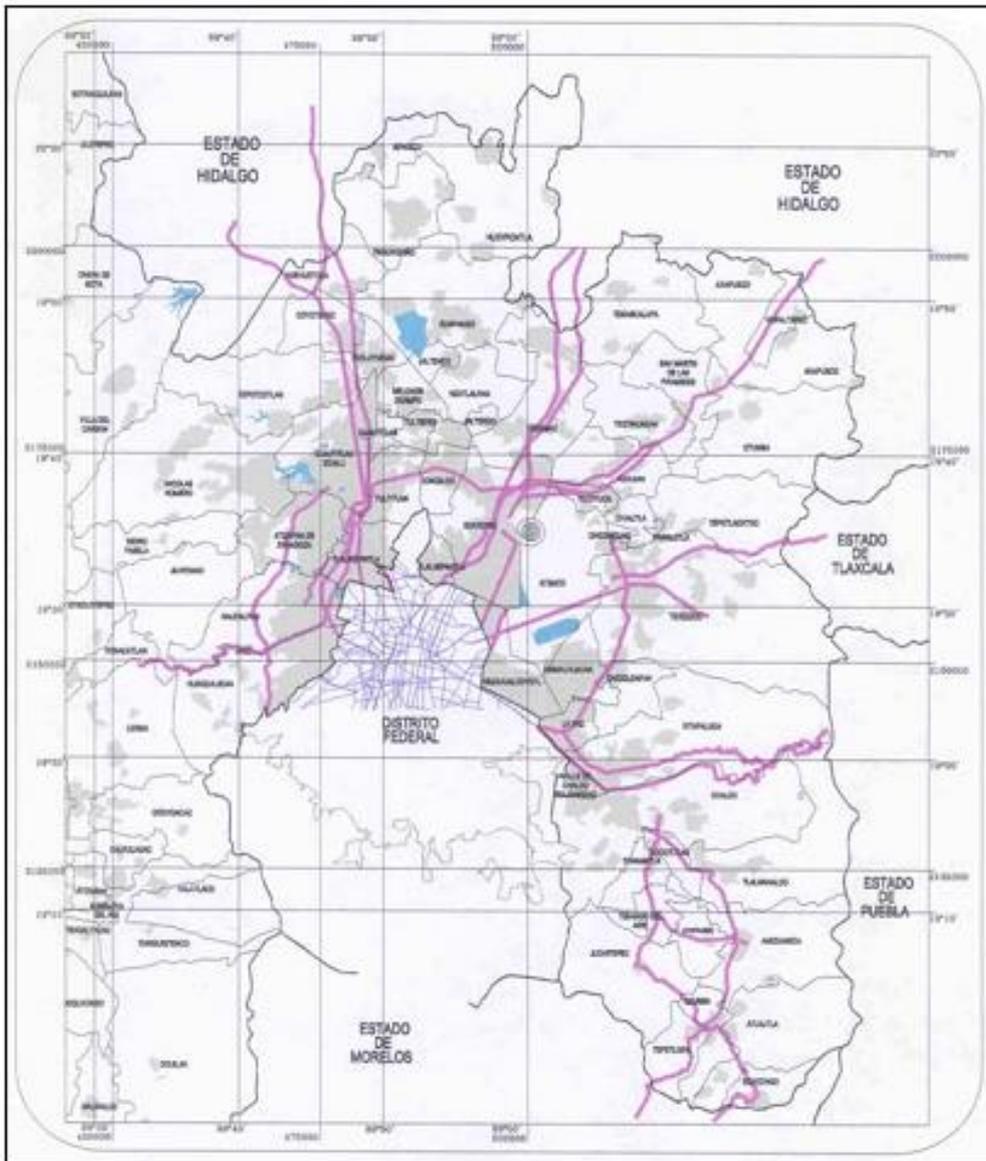


Figura 4.2. Vialidad Regional existente en el Valle de México

4.1.1.1 Oferta del suelo urbano de la RVCT

La RVCT actualmente cuenta con una superficie total de 632,100 hectáreas, de las cuales el 16.7 por ciento (105,379 has.) es considerada área urbana, en la que se registra una densidad neta de 92.5 habitantes por hectárea.

De acuerdo con la población esperada para el año 2020, en la RVCT será necesario alcanzar las 152,205 hectáreas de área urbana, para albergar una población del orden de 14.17 millones de

habitantes y una densidad neta de 93.1 habitantes por hectárea. Lo cual significa que el área urbana se verá incrementada en 46,826 hectáreas del año 2000 al 2020.

4.1.2 El municipio de Nezahualcóyotl

El municipio de Nezahualcóyotl esta, en su mayor parte, cubierto por un tejido urbano, su crecimiento está íntimamente ligado al fenómeno de conurbación, ya que se encuentra integrado física y funcionalmente a la dinámica urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, presentando uno de los mayores índices de urbanización, no solo del Estado de México, sino del país.

El municipio presenta una traza urbana con características peculiares, se encuentra conformado por dos zonas, cada una con sistema viales distintos. La zona centro presenta una traza urbana reticular, es decir, se encuentra estructurada internamente por un sistema de vialidades primarias que constituyen el principal medio para distribuir el tránsito y determinar las líneas que comunican al municipio con las diferentes áreas de la ciudad en las que los vecinos del municipio desarrollan sus actividades laborales, comerciales o educativas.

a) Vialidad regional

La estructura vial está formada por una cuadrícula casi perfecta, en la zona centro, las principales vialidades del Municipio son:

- De oriente a poniente.- Av. Texcoco, Av. Pantitlán, Av. Chimalhuacán, 4ª Avenida, Av. Bordo de Xochiaca.
- De sur a norte.- Calle 7, Av. Cuauhtémoc, Av. Vicente Rivapalacio, Av. Nezahualcóyotl, Av. Adolfo López Mateos, Av. Sor Juana, Av. Vicente Villada, Av. Carmelo Pérez, Av. Tepozanes y Av. de los Reyes.

Se excluye de esta malla a las Colonias Rey Neza y la Zona Industrial que tienen diferentes ángulos de inclinación, dando como resultado que las manzanas tengan diferentes formas y tamaños. El nivel de movilidad intermunicipal e intermunicipal, de esta zona, es relativamente accesible en tiempo y distancia.

b) Vialidades primarias

En la zona norte las vialidades primarias se integran por la Avenida Central, el Periférico, Avenida Taxímetro, Avenida Peñón - Texcoco, Vía las Torres (Avenida Bosques de los Continentes, Valle de Zambezi, Jorge Jiménez Cantú) Valle de Las Zapatas, Avenida del Canal, Avenida Veracruz, sin embargo sus formas geométricas son distintas, dando como resultado una estructura irregular. Lo anterior se debe a que las vialidades primarias señaladas son perpendiculares entre sí, son continuaciones de importantes ejes viales provenientes del Distrito Federal, tales como Anillo Periférico y el Eje 3 Norte, situación que ha propiciado la continuidad de la traza urbana entre los diferentes municipios y delegaciones con que colinda.

Al interior de esta zona, destaca la presencia de grandes áreas habitacionales organizadas sin un orden geométrico definido, conformados en su interior por vialidades de tipo local que tienen como

única función dar acceso a los predios o edificios inmediatos y en algunos casos ligar las vialidades secundarias y primarias. La comunicación vial intermunicipal de esta zona, es mucho más fácil, principalmente con el Distrito Federal y Ecatepec; en el orden de la comunicación intermunicipal con las demás comunidades del municipio, se dificulta debido al trazo de sus vías de comunicación y al deficiente servicio de transporte público de zona norte a zona centro.

Actualmente la red vial de Nezahualcóyotl se compone de 1,026 kilómetros lineales, un porcentaje de las vías principales se encuentran en excelentes condiciones de mantenimiento, mientras que una parte importante de vialidades secundarias y terciarias sufren deterioros variables.

4.1.2.1 Uso del suelo

Los usos de suelo están distribuidos de la siguiente manera: Urbano (83.63%) en donde se ubican las 86 colonias; industrial (0.37%) y suelo erosionado (15%) correspondiente al vaso del ex-lago de Texcoco representando 11.87 kilómetros cuadrados (Cuadro 4.4 y Figura 4.3). La zona urbana se destina principalmente para vivienda, cuenta con 5 mil 165 manzanas y 220 mil predios, de los cuales 33 mil no están regularizados.

El municipio, está asentado sobre uno de los ecosistemas más complejos y por tanto más susceptible a cambios, por lo cual es posible prever el crecimiento de los riesgos asociados a la vulnerabilidad del municipio, relacionados con aspectos geológicos, hidrometeorológicos o de otra índole, como efecto de los cambios brutales que sufrió esta zona en su urbanización (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.4. Uso del Suelo Municipio de Nezahualcóyotl.

USO URBANO		USO INDUSTRIAL		SUELO EROSIONADO	
HAS	%	HAS	%	HAS	%
528,625.23	83.63%	2,338.77	0.37%	94,815.00	15%

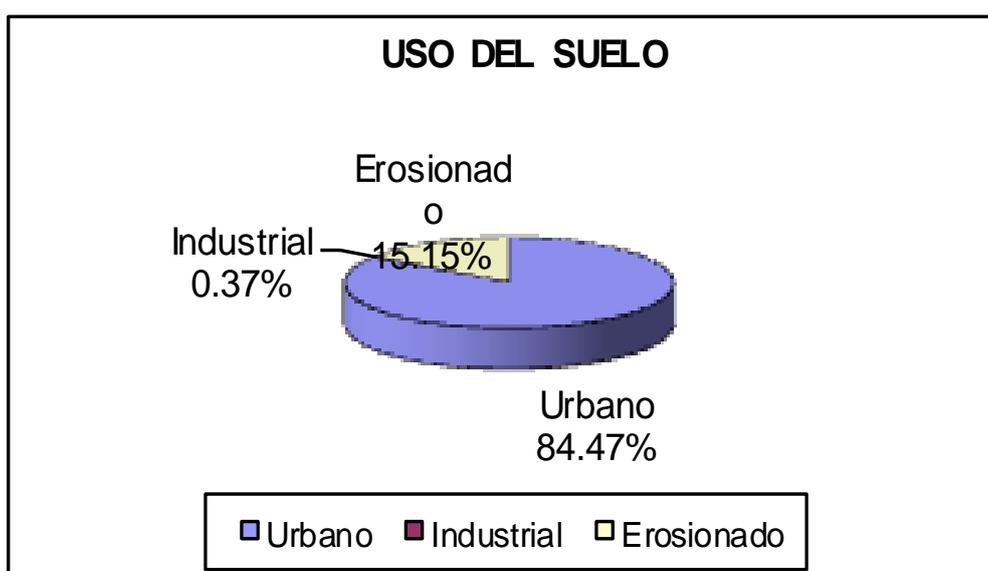


Figura 4.3. Uso de suelo del Municipio de Nezahualcóyotl

Cuadro 4.5. Clasificación del Uso del Suelo Municipio de Nezahualcóyotl

CLAVE	USO DE SUELO	%
3A	Habitacional Densidad Media Servicios	2.0
3B	Habitacional Densidad Media Comercio y Servicios	67.0
4A	Habitacional Alta Densidad	1.0
4MX	Uso Mixto Habitacional, Comercio Y Servicios	5.0
7A	Corredor Urbano De Alta Intensidad	15.0
7B	Corredor Urbano De Baja Intensidad	7.0
4B	Habitacional Alta Densidad Comercio Y Servicios	0.5
EQ	Equipamiento Urbano	2.0
IN	Área Industrial	0.5

La determinación de la aptitud territorial para usos urbanos y no urbanos está perfectamente definida en el caso de Nezahualcóyotl, el canal de La Compañía, el Bordo de Xochiaca y el trazo de la ampliación periférico son borde perfectamente definidos que inhiben el traslado del crecimiento urbano a zonas inadecuadas.

Las presiones demográficas sufridas por el municipio en los últimos treinta años han contribuido a incrementar las densidades de población, identificando a la Zona Centro y a la Zona Norte como dos grandes áreas homogéneas en términos de la altura de las edificaciones y tamaño de lote, cuyo uso habitacional se caracteriza por una excesiva mezcla de usos industriales, comerciales y de servicios.

La Zona Centro mantiene un uso habitacional predominante, mezclado con comercio y servicios de todo tipo, así como talleres familiares; por otro lado, cuenta con una densidad media de 300 hab/ha., un promedio de 2 niveles y una vivienda cada 120 m² de lote.

La Zona Norte se caracteriza en su mayoría por un uso habitacional plurifamiliar, multifamiliar y dúplex con densidad alta, mezclado con servicios de oficinas, comercio y abasto, el promedio de altura es de 3 niveles en donde existe una vivienda por cada 120 m² de lote; sin embargo, algunos sectores llegan a presentar hasta 5 niveles y una vivienda por cada 40 m² de lote.

4.1.3 Características de la población y aspectos económicos del municipio de Nezahualcóyotl

El municipio de Nezahualcóyotl se asienta en la porción oriental del valle de México, en lo que fuera el lago de Texcoco limita al norte con el municipio de Ecatepec de Morelos y la zona federal del Lago de Texcoco; al noroeste con la delegación Gustavo A. Madero del D.F.; al noreste con los municipios de Texcoco y San Salvador Atenco; al este con los municipios de La Paz y Chimalhuacán; al oeste con las delegaciones Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza del D.F. y al sur con las delegaciones Iztapalapa e Iztacalco del D.F. y el municipio de la Paz (Figura 4.4 y Cuadro 4.6).

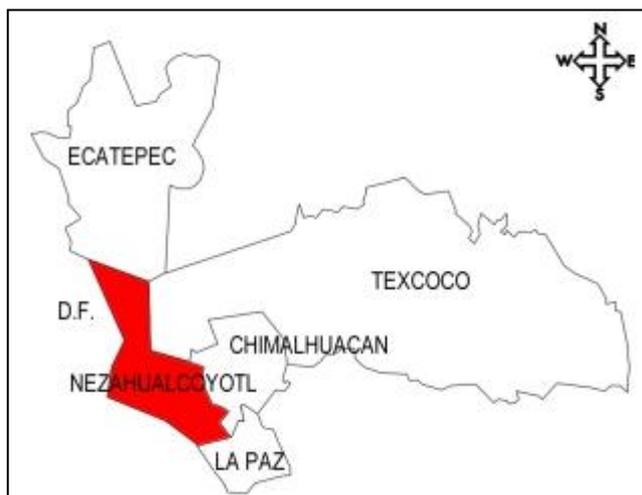


Figura 4.4. Ubicación del Municipio de Nezahualcóyotl

La ubicación geográfica del territorio municipal tiene las siguientes coordenadas extremas: Latitud norte del paralelo 19° 21' 36" y 19° 30' 04" al paralelo; Longitud oeste del meridiano 98° 57' 57" y 99° 04' 17" al meridiano. Nezahualcóyotl está situada a una altura de 2,220 msnm

El municipio cuenta con un territorio de 63.44 kilómetros cuadrados.

Cuadro 4.6. Límites del Municipio de Nezahualcóyotl

ORIENTACIÓN	DELEGACIÓN O MUNICIPIO LIMITANTE	PARÁMETRO
Norte	Municipio de Ecatepec y Texcoco	Av. Río de los Remedios, Av. Valle Alto, Av. Valle de Veracruz
Noreste	Texcoco y San Salvador Atenco	
Este	Chimalhuacán y La Paz	Av. de los Reyes, Av. Prol. Vía Tapo, Eje Río de la Compañía
Sur	Municipio de la Paz y delegación. Iztapalapa e Iztacalco.	Av. de los Reyes, Calle Laureles, Calle Manzanos, Av. Texcoco, Av. Canal de San Juan.
Oeste	Delegación Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza	Calle 7 (Canal de San Juan), Av. Vía Tapo, Av. Aeropuerto

4.1.3.1 Datos de población (municipio de Nezahualcóyotl)

El Municipio cuenta para el año 2000 con un total de 1,225,972 habitantes de acuerdo con la información de COESPO. Cabe hacer mención que esta cifra corresponde a la que reporta para la misma fecha INEGI.

De esta manera Nezahualcóyotl en 1970 participaba con 580,436 habitantes, presentando una tasa de crecimiento media anual de 6.86%. Tasa superior a la presentada por la Zona Metropolitana de la Ciudad de México que fue en conjunto de 2.61%.

El comportamiento demográfico de Nezahualcóyotl está caracterizado por dos grandes etapas. La primera que coincide con el proceso de expansión de la ciudad de México, la cual se presentó un poco antes de 1970. Mientras que el crecimiento importante del primer periodo para el municipio, se dio en la década de 1970 a 1980, la cual en términos absolutos se incrementó en el orden de 760,794

habitantes en tan sólo diez años, con una tasa de crecimiento de 8.42%, tasa significativa a nivel de la sector oriente.

La segunda etapa es considerada a partir de 1980 a 1995, caracterizada por una importante desaceleración de crecimiento demográfico, ya que de 1980 a 1990, presentó un decremento de la población en términos absolutos, pues paso de 1,341,230 habitantes en 1980 a 1,256,115 para 1990. Como reflejo de este proceso de expulsión de población la tasa refleja una caída hasta alcanzar – 0.67%, tendencia que se conserva y se hace más fuerte para el periodo de 1990 a 1995, ya que registro 1,233,868 habitantes y el decremento fue de 22,247, con una tasa de –0.31%. Nezahualcóyotl sigue la tendencia pues para el año 2000, se registra una población de 1,225,972 habitantes con una tasa negativa de 0.13%.

Este proceso demográfico se puede atribuir a los importantes movimientos migratorios que se han presentado como consecuencia de la escasa oferta de suelo para vivienda y de la atracción de mano de obra hacia otros lugares fuera del municipio. Este tipo de movimientos poblacionales se ven referidos en que la tasa de crecimiento social para el quinquenio de 1990 a 1995 era de -2.82%, para el segundo quinquenio de esta década se hace más agudo –2.91%, indicador que ubica a Nezahualcóyotl como un municipio de fuerte expulsión de población.

No obstante lo anterior, el municipio en el momento de su conformación representó un importante destino para la población migrante, por lo que la población nacida dentro de la entidad, en esta primera etapa, fue menor a la nacida en otra entidad, lo que significa que Nezahualcóyotl creció a partir de crecimiento social más que natural. Esta es una característica más del primer periodo del proceso de crecimiento poblacional. Aunque en el segundo periodo de crecimiento las personas nacidas en el municipio aumento ligeramente. Cabe señalar que un poco más de la mitad de la población nacida fuera de la entidad, que reside en el municipio, era población nativa del Distrito Federal, la cual representa un poco más del 50% de la población no nativa total.

Cabe señalar que las tasas de crecimiento natural siguen una tendencia a la baja, pues entre 1997 a 1998 se registró en 2.41% y para el año siguiente ésta bajó 1% con respecto a la tasa anterior. Para el año de 1999-2000, la tasa sigue la tendencia y se sitúa en 2.39%. En el último censo el número de personas considerado para este tipo de crecimiento indicaba la cantidad de 21,889.

Las tasas de crecimiento natural del Estado de México se comportan de manera similar con las que presenta el municipio, salvo el periodo de 1990-1995, en el cual presentó 2.18%, localizándose por debajo de la de Nezahualcóyotl en 0.4 puntos porcentuales (Figura 4.5).

Nezahualcóyotl tiene la particularidad de que tiene una de las más altas densidades de población del país y del mundo, concentrando a 19,324 habitantes por kilómetro cuadrado.

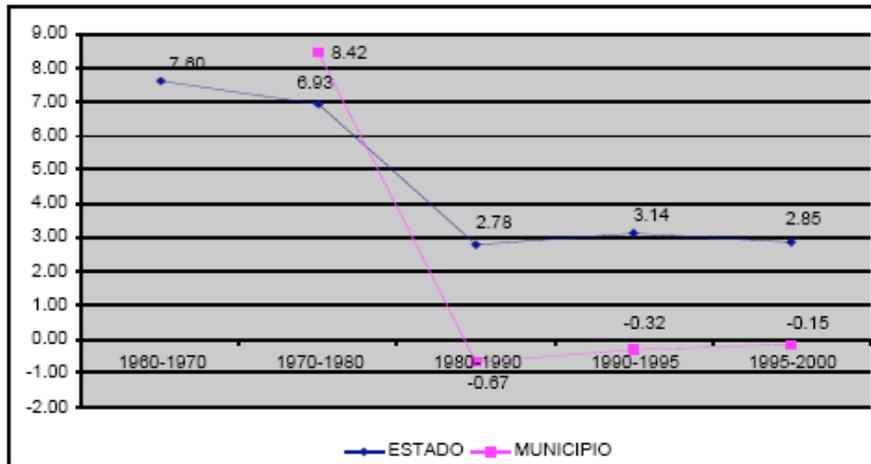


Figura 4.5. Comportamiento de la TCMA en el Estado y el Municipio, 1960-2000

Para el año 2005 la población del municipio se prevé disminuya hasta llegar a 1,182,285 habitantes, es decir, se presentará una disminución de 43,687 personas. Esto significa que el municipio tendrá una tasa de crecimiento media anual de -0.51 por ciento. Para el año 2010 el municipio tendrá una disminución de su población en 1.06 veces con respecto a la población del año 2000. Esta tendencia se reproduce a través de los periodos siguientes, hasta llegar a disminuir 1.15 veces la población actual, lo que representa en términos absolutos que el municipio perderá un total de $-162,976$ habitantes, lo que equivale al 13.29% del total de población actual. Permitiendo esperar un superávit de algunos servicios que hoy no presentan déficit (Cuadro 4.7 y Figura 4.6).

Cuadro 4.7. Escenario Tendencial de la Población 1980-2025

AÑO	POBLACIÓN TOTAL ESPERADA	T.C.M.A.
2000	1,225,972	-0.15
2005	1,182,285	-0.50
2010	1,152,463	-0.51
2015	1,122,641	-0.53
2020	1,092,819	-0.54
2025	1,062,996	-0.56

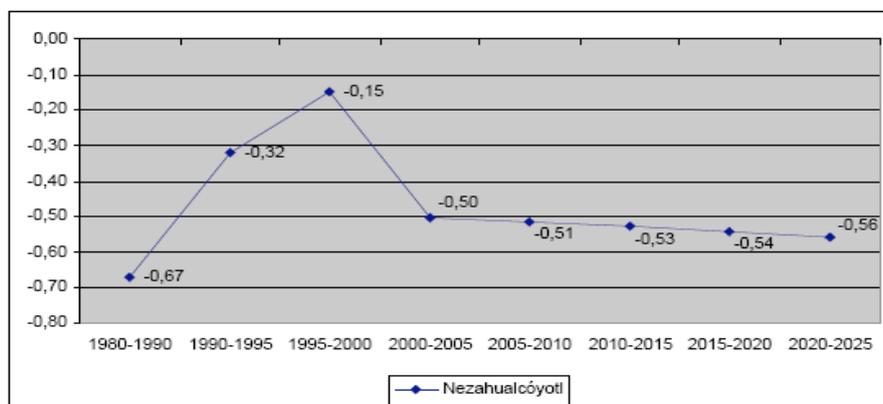


Figura 4.6. Escenario Tendencial de la Población del municipio de Nezahualcóyotl. 1980-2025

Estructura de la población por grandes grupos de edad

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Características del área de estudio

Los grandes grupos de edades dentro del municipio, muestran que el mayor porcentaje de población se concentra en el rango de 14 a 65 años, siendo más alto el porcentaje municipal (64.00%) en comparación con el de la entidad (61.62%). De esta forma los habitantes que se encuentran en edad de incorporarse a las actividades económicas son mayores, al promedio estatal.

El rango que va de 0 a 14 años en el municipio es de 20.97%; siendo menor en 13.97 puntos porcentuales al registrado por el estado (34.95%). El municipio tiene en términos generales, una población no tan joven como el promedio estatal. Al mismo tiempo, la población de más de 65 años es mayor en el municipio que en el estado, pues el municipio tiene un porcentaje de 4.39% contra el 3.22% estatal. Por lo cual los servicios para este sector deberán ser aumentados a fin de darle una mayor cobertura (Figura 4.7).

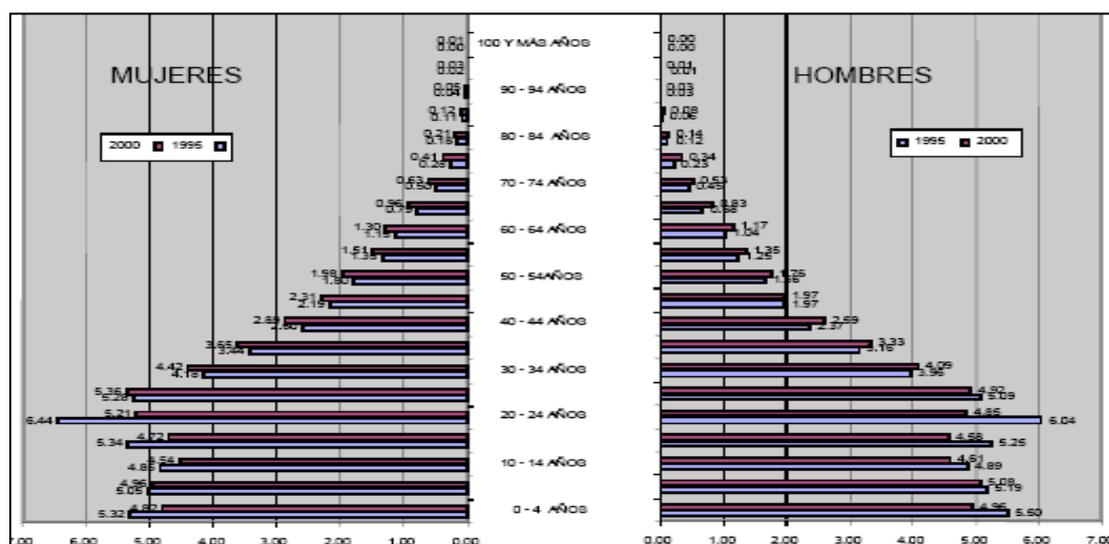


Figura 4.7. Estructura poblacional del municipio 1995-2000 (relación porcentual)

Esta dinámica indica un claro envejecimiento de la población, producto de la baja en la tasa de natalidad y un aumento en la longevidad de la población y en la esperanza de vida. La tasa bruta de mortalidad es de 4.4 por cada 1,000 habitantes y es una tasa similar a la registrada en la zona metropolitana.

Finalmente, de acuerdo con las tendencias demográficas observadas, se puede concluir que en el largo plazo, el municipio acentuara los cambios que hoy se percibe en la pirámide de edad, presentando una disminución de la población infantil y el incremento de la población joven y adulta. En este sentido, será necesario fortalecer e implementar una serie de políticas que garanticen el desarrollo socioeconómico y el reacondicionamiento de los servicios de salud y de asistencia social.

4.1.3.2 Aspectos económicos (municipio de Nezahualcóyotl).

Nezahualcóyotl, es un municipio con gran dinamismo económico, reflejado en sus 41,684 unidades económicas, cifra que representa el 12.5 por ciento de las 326,049 unidades económicas del Estado de México.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

Igualmente cabe señalar que en Nezahualcóyotl el personal ocupado suma 90,879 habitantes y significa el 6.90 por ciento del total estatal, que es del orden de 1,317,245 personas.

Los elementos descritos indican que las unidades económicas de Nezahualcóyotl en promedio emplean a dos habitantes, mientras que en la entidad el promedio por unidad económica es de cuatro personas (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8. Características de las unidades económicas. 1998

CONCEPTO	MÉXICO	NEZAHUALCÓYOTL	% DE PARTICIPACIÓN
Unidades Económicas	326,049	41,684	12.78
Personal Ocupado	1,317,245	90,879	6.90
Remuneraciones	45,000,072	709,602	1.58
Activos Fijos Netos	194,615,621	3,465,238	1.78
Producción Bruta	389,796,097	7,125,790	1.83
Insumos Totales	229,645,613	3,361,069	1.46
Valor Agregado Censal Bruto	160,150,484	3,764,722	2.35

La Población Económica Activa (PEA) representa la fuerza laboral disponible en edad y condiciones de ejercer una ocupación, por lo tanto, se trata de un indicador de crecimiento y desarrollo del municipio de Nezahualcóyotl. Evaluando esta variable detectamos, que, mientras que en el Estado de México, en general, se encuentra equilibrada la tasa de participación entre la Población Económicamente Activa (PEA) y la Población Económica Inactiva (PEI) en Nezahualcóyotl, destaca ligeramente la PEA (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9. Estructura porcentual de la población económicamente activa e inactiva. 2000

CONCEPTO	POBLACIÓN		PROPORCIÓN %	
	ESTADO DE MÉXICO	NEZAHUALCÓYOTL	ESTADO DE MÉXICO	NEZAHUALCÓYOTL
Total	9,815,795	1,256,115	100.0	100.0
Pob. Económicamente Activa	4,536,232	478,479	46.21	38.09
Pob. Económicamente Inactiva	4,523,135	423,508	46.08	33.72

En lo que corresponde a la distribución de la PEA en cuanto a género del municipio, este participa con un 10.55 por ciento del total estatal. Es importante señalar que la mayor parte de la PEA estatal se concentra en municipios urbanos como es el caso de Nezahualcóyotl (Cuadro 4.10 y Cuadro 4.11).

Cuadro 4.10. Población ocupada por rama de actividad 2000 (Municipio de Nezahualcóyotl)

RAMA ECONÓMICA	PERSONAS	PORCIENTO (%)
PEA Agricultura, Ganadería y caza	694	0.14
PEA Minería	171	0.03
PEA Industrias Manufactureras	88,130	18.72
PEA Electricidad y Agua	1,894	0.40

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

RAMA ECONÓMICA	PERSONAS	PORCIENTO (%)
PEA Construcción	24,302	5.16
PEA Comercio	120,566	25.62
PEA Transporte y Comunicaciones	38,599	8.20
PEA Servicios Financieros	5,440	1.15
PEA Actividad y Gobierno	52,212	5.35
PEA Servs. De Esparcimiento y Cultura	4,567	0.97
PEA Servicios Profesionales	12,097	2.57
PEA Servs. Restaurantes y Hoteles	26,126	5.55
PEA Servs. Inmobiliarios y Bienes Muebles	2,006	0.42
PEA Otros excepto Gobierno	42,237	8.97
PEA Servs. De Salud y Asist. Social	18,874	4.01
PEA Apoyo a los Negocios	16,126	3.42
PEA Servicios Educativos	23,535	5.00
PEA No Especificada	20,012	4.25

a) Sector primario

El Municipio, debido a su carácter urbano, no realiza actividades directamente vinculadas a la agricultura, silvicultura y acuicultura, sin embargo de manera indirecta estas actividades se relacionan con el consumidor final, a través de la actividad comercial. En lo que se refiere a la ganadería, ésta se considera como una actividad de traspatio debido a que sólo se crían de aves, cerdos y en poca proporción al ganado vacuno.

b) Sector secundario

De acuerdo al último censo económico, la industria manufacturera registró 4,231 unidades económicas y ocupaban 16,892 personas, un promedio de 4 personas por unidad. Asimismo, dentro de este sector los subsectores de: productos alimenticios, bebidas y tabaco absorben el 39 por ciento de las unidades económicas y el 32 por ciento del personal ocupado; el de Textiles, prendas de vestir e industria del cuero con 14 por ciento para el primer rubro y el 20 por ciento para el segundo; la industria de la madera y muebles tiene el 13 por ciento de unidades y 11 por ciento de personal; el de productos metálicos, maquinaria y equipo participa con 20 por ciento y 19 por ciento respectivamente. Los cuatro subsectores absorben 86 por ciento de las unidades económicas y 82 por ciento del personal ocupado.

c) Sector terciario

El sector terciario en el municipio se encuentra conformado principalmente por las ramas de comercio y servicios, destacado en la primera el comercio al menudeo en distintas ramas y manifestándose en la totalidad del municipio. Este grupo de establecimiento se encuentra formado por una gama muy amplia de negocios y microempresas que constan desde misceláneas, papelería, tintorería, mercados, bancos, restaurantes, centros comerciales, discotecas, hoteles, boneterías, café Internet, refaccionarías, talleres mecánicos, entre muchos otros.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Características del área de estudio

El último censo económico registra un total de 22,410 unidades económicas ocupando a un total de 38,950 personas; en tanto los servicios privados no financieros registraron 14,625 unidades económicas absorbiendo a 30,839 personas.

Cuadro 4.11. PEA ocupada por Sector 2000 (municipio de Nezahualcóyotl)

SECTOR I		SECTOR II		SECTOR III		NO ESPECIFICADO	
HAB	%	HAB	%	HAB	%	HAB	%
694	0.14	114,497	24.33	335,385	71.26	20,012	4.25

En síntesis, el sector que emplea el mayor número de personas y que cuenta con más unidades económicas en el municipio es el terciario, en la actividad de comercio, situación similar a lo que sucede en el ámbito estatal.

La Población Económicamente Activa (PEA) total en el municipio representa el 39.02 por ciento de la población en edad de trabajar, repartida en 76.28 por ciento hombres y 23.72 por ciento mujeres, comparándola con el Estado de México encontramos que la PEA total representa el 34.63 por ciento del total de población repartida en 62.03 por ciento hombres y el 37.97 por ciento mujeres.

Esta situación se explica debido a que en el municipio una buena parte de la población vive de la realización de actividades informales, trabaja en maquiladoras clandestinas montadas en edificios y casas habitación, o bien subsiste de las aportaciones de familiares establecidos fuera del estado y del país (como en Estados Unidos). Las mujeres ocupan un porcentaje todavía muy bajo en comparación a los hombres, lo que habla de un buen número que aún se dedican al hogar o realizan actividades informales como vender alimentos, cosméticos o productos puerta a puerta. Aunado a lo anterior, la PEA tanto municipal como estatal es baja debido a que existen personas en edad de laborar (estudiantes, indigentes o minusválidos) que no realizan una actividad productiva.

4.2 Problemática existente

Por su importancia en la configuración de la estructura vial, así como en las facilidades de movilidad o transportación, se destacan los siguientes factores:

- La falta de integración vial adecuada tanto con los municipios, como con las delegaciones colindantes del Distrito Federal prácticamente en todos los sentidos. La falta de continuidad en casi todas las vialidades que deberían ser los conectores principales de los flujos vehiculares del Distrito Federal a Nezahualcóyotl y viceversa es el principal problema, pues por ejemplo, avenidas como Riva Palacio, Vicente Villada, Sor Juana y Nezahualcóyotl, cuya importancia en la estructuración vial es toral al intersectarse con la avenida Texcoco de norte a sur, pierden continuidad y su sección disminuye sensiblemente, convirtiéndose por ello en cuellos de botella.
- La falta de elementos constructivos (puentes vehiculares, gasas de distribución, pasos a desnivel, etcétera) que permitan los flujos vehiculares continuos y a velocidades aceptables implican la pérdida de horas/hombre y propician el aumento de emisiones contaminantes a la atmósfera.

- La falta de elementos complementarios o accesorios a la vialidad como la semaforización debidamente sincronizada (principalmente en la confluencia de grandes avenidas), el balizamiento, la señalización, etcétera; así como el exceso de elementos de control de la velocidad como topes, vibradores, influyen notoriamente en los congestionamientos tan comunes en ciudad Nezahualcóyotl y propician una deterioro más rápido del parque vehicular local.

Un factor de riesgo muy significativo dentro del municipio lo constituye la existencia de asentamientos humanos en áreas sujetas a inundaciones estacionales. Tales asentamientos se localizan en la zona conocida como ampliación Ciudad Lago y a lo largo del Canal de Sales, que colinda con el municipio de Ecatepec de Morelos. Otros elementos de riesgo presentes en los asentamientos irregulares, se relacionan con su ubicación debajo de líneas eléctricas de alta tensión, en camellones, en la ribera de canales y en el derecho de vía de F.F.C.C.

4.2.1 Vialidad de la Red Regional e Infraestructura

La infraestructura carretera, tiene importancia significativa por la localización geográfica del municipio de Nezahualcóyotl, ya que es un área de integración con la Zona Metropolitana del Valle de México; se estructura con los municipios y delegaciones colindantes, pertenecientes a la sub región 2. El sistema vial se estructura por vialidades principales como, Anillo Periférico, Autopista Peñón Texcoco, Av. Central y con un impacto significativo, la Calzada Ignacio Zaragoza, que registra un flujo vehicular cercano a los 500 mil vehículos diarios.

La red ferroviaria del municipio de Nezahualcóyotl, es parte del sistema de transporte férreo de la Zona Metropolitana del Valle de México, y se comunica con el resto del sistema ferroviario nacional, destacando la Vía central que inicia en Buenavista conectando al norte y occidente, así como las líneas que salen por el oriente y se dirigen al Golfo de México.

Es importante mencionar que el municipio es atravesado por la vía del ferrocarril en la zona centro y norte de la localidad, sin embargo este tramo se encuentra en desuso, propiciando la invasión de los derechos de vía por asentamientos humanos irregulares. El tendido de los durmientes se ubica en Av. Ferrocarril, en el tramo de Calle 15 y Calle 27, de la Colonia de El Sol y el límite municipal en la zona oriente o centro, esto es, en los linderos con el municipio de Chimalhuacán.

El aeropuerto Internacional de la Ciudad de México se ubica al nororiente del Distrito Federal, en terrenos que forman parte del ex lago de Texcoco; debido a la cercanía del municipio con el Aeropuerto, algunos asentamientos humanos han invadido parte de la zona que requieren los aviones para hacer maniobras de despegue y aterrizaje (cono de aproximación), cuyo radio de influencia es de 5.0 km. a partir de los principales vértices de la pista de aterrizaje de acuerdo a los lineamientos que marca Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), como organismo dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil. En este sentido, cualquier construcción, anuncio o instalación que se encuentre dentro del polígono de influencia del aeropuerto no deberá sobrepasar los 45 metros de altura, de lo contrario, tendrá que contar con un dictamen especial por parte de Aeropuertos y Servicios Auxiliares.

4.2.1.1 Conectividad de la Red Vial

El municipio presenta una traza urbana con características peculiares, se encuentra conformado por dos zonas, cada una con sistemas viales distintos. La zona centro presenta una traza urbana reticular, es decir, se encuentra estructurada internamente por un sistema de vialidades primarias que constituyen el principal medio para distribuir el tránsito y determinar las líneas de deseo hacia las diferentes áreas de la ciudad y soportar el desarrollo de la mayoría de las actividades comerciales y de servicios de la población.

Territorialmente, su traza urbana ha sido fundamental para orientar el crecimiento de la trama urbana actual, ya que ha propiciado la continuidad de las calles y la formación de nuevas manzanas debido a que facilita la lotificación modulable. De esta forma, la configuración espacial del municipio; se caracteriza por la presencia de grandes manzanas o sectores homogéneos de formas geométricas definidas de acuerdo al ángulo de sus vialidades primarias, integrándose al interior por conjuntos de manzanas rectangulares ordenadas alrededor de un cuadro central, centro urbano de tipo local o centro de barrio.

La zona centro se extiende a través de 17 ejes viales, los cuales en algunos casos se prolongan hacia los municipios y delegaciones; situación que ha sido determinante para que la traza urbana de esta zona mantenga la continuidad física y funcional con los sistemas viales del municipio de Chimalhuacán y las delegaciones Venustiano Carranza, Iztacalco e Iztapalapa del Distrito Federal, con las que conforma un sistema vial de carácter regional.

La estructura reticular o de malla, se mantiene constante en toda la zona centro, a excepción de las colonias Rey Neza, Izcalli Nezahualcóyotl y Villa de los Capulines, las cuales, presentan una traza urbana irregular debido a que las vialidades secundarias tienen diferentes ángulos de inclinación dando como resultado que las manzanas tengan diferentes formas y tamaños, modificando la estructura general del sistema vial.

Al interior, destaca la presencia de grandes áreas habitacionales organizadas sin un orden geométrico definido, conformados en su interior por vialidades de tipo local que tienen como única función, dar acceso a los predios o edificios inmediatos y en algunos casos ligar las vialidades secundarias y primarias. Las características de este tipo de organización urbana permiten disminuir el flujo vehicular sobre zonas habitacionales.

Como resultado de la interacción funcional entre el municipio de Nezahualcóyotl y la Ciudad de México, el sistema vial se ha constituido con la premisa de comunicar con eficiencia a la población, la cual se desplaza diariamente por vialidades de carácter regional, como el Anillo Periférico y la Av. Carlos Hank González.

Actualmente la red vial de Nezahualcóyotl se compone de 1,026 kilómetros lineales, un porcentaje de las vías principales se encuentran en excelentes condiciones de mantenimiento, mientras que una parte importante de vialidades secundarias y terciarias sufren deterioros variables.

4.2.2 Conflictos Viales

Dentro del municipio de Nezahualcóyotl se presentan diferentes causas de problemática vial, entre las que destacan las siguientes (Cuadro 4.12):

Cuadro 4.12. Conflictos Viales en el municipio de Nezahualcóyotl

INTERSECCIÓN VIAL	PROBLEMÁTICA
Av. Texcoco con Av. Canal de San Juan	Nodo Conflictivo que dificulta la incorporación del flujo vehicular para integrarse a la Av. Canal de San Juan.
Av. Nezahualcóyotl y Av. Texcoco	La Av. Nezahualcóyotl es una de las vías de comunicación que estructuran la movilidad de la población al interior del centro urbano, es de dos sentidos y cuenta con camellón, su problemática se presenta en la incorporación con la Av. Texcoco ya que no hay continuidad hacia las delegaciones limítrofes.
Av. Sor Juana Inés de la Cruz y Av. Texcoco	La Av. Sor Juana Inés de la Cruz en su intersección con la Av. Texcoco presenta problemática en la falta de integración por la falta de continuidad, ya que para incorporarse a la Calzada Ignacio Zaragoza el flujo vehicular tiene que dirigirse por un tramo de la Av. Texcoco y posteriormente integrarse por la calle de justicia, lo que genera un nodo conflictivo de primer orden.
Av. General Vicente Villada y Av. Texcoco	Es una vialidad que estructura la funcionalidad del municipio al interior, cuenta con camellón y es de ambos sentidos, se genera un nodo conflictivo al incorporarse el flujo con la Av. Texcoco.
Av. Las Torres y Av. Texcoco	Es una vialidad que estructura la las actividades de movilidad al interior del municipio, con posibilidades de integrarse al contexto regional inmediato, su problemática principal se ubica en el distribuidor vial que en horas pico se satura generando un nodo conflictivo.
Av. Pantitlán y Calle 7	La Av. Pantitlán es una vialidad primaria que estructura la zona centro de Nezahualcóyotl, sin embargo en la incorporación con la Calle 7 se genera un nodo conflictivo.
Av. Chimalhuacán en su entronque con Calle 7 y Río Churubusco	La Av. Chimalhuacán es otra de las vías primarias que estructura la parte centro del municipio, sin embargo en el entronque con Río Churubusco y Calle 7 se genera un nodo conflictivo.
Av. Bordo de Xochiaca y Anillo Periférico	En esta intersección, se genera una zona de conflicto vial ya que es un punto estratégico para la distribución hacia la zona norte y centro del municipio.
En la zona norte del municipio	En la zona norte del municipio hay un falta de integración, debido a la barrera física generada por la Av. Carlos Hank González, ya que la accesibilidad se estructura por los puentes vehiculares de las Av. Jorge Jiménez Cantú y la Av. Valle de las Zapatas, generando

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

INTERSECCIÓN VIAL	PROBLEMÁTICA
	subsistemas viales independiente para cada una de la zonas de la parte norte del municipio.

Como se observa en el cuadro anterior, los nodos más conflictivos se ubican al sur de la parte centro del Municipio de Nezahualcóyotl, y tienen que ver con la falta de integración a la estructura regional inmediata de Nezahualcóyotl; dichos nodos se identifican en los corredores de Av. Texcoco es importante mencionar que la Av. Texcoco es la frontera con la delegación Iztapalapa, así mismo, destaca la Av. Canal de San Juan que es limítrofe con la delegación Iztacalco, y de igual manera se presenta una serie de nodos conflictivos cuya naturaleza tiene que ver con la falta de continuidad vial de la estructura vial principal.

4.2.3 Sistema de transporte

El servicio de autobuses urbanos y sub-urbanos es proporcionado por 9 empresas originarias en su mayoría de los municipios vecinos, que cubren 81 derroteros; para lo cual cuentan con un parque vehicular de 2,366 unidades. Este servicio es fundamentalmente de tipo metropolitano, pues los vehículos no transitan al interior del municipio, ya que realizan constantemente viajes pendulares principalmente entre Chimalhuacán, Los Reyes, Texcoco, Ecatepec, y el Distrito Federal sobre vialidades primarias de carácter regional, como son: Bordo de Xochiaca y anillo Periférico. Debido a lo anterior se tienen registradas tres bases, dos de ellas localizadas en la zona centro y un restante en la parte norte.

Respecto al sistema de transporte público de bici-taxis, se tienen identificadas alrededor de 41 organizaciones con un número aproximado de 5,662 unidades y 492 distribuidas principalmente en las colonias de la Zona Centro.

Los bicitaxis se han convertido en una importante fuente de empleo alternativo, principalmente integrada por la población joven, que en la mayoría de los casos no son propietarios de las unidades con las que laboran y se ven en la necesidad de rentarlas, lo que disminuye de forma importante sus ingresos.

4.3 Descripción del Proyecto

Es importante mencionar que las avenidas principales del municipio, particularmente las que colindan con el D.F., han alcanzado su nivel de capacidad vial, presentando en los periodos de máxima demanda niveles de saturación y conflictos viales.

4.3.1 Ubicación del Proyecto

El proyecto se ubica en la zona limítrofe entre el DF y el Estado de México, Municipio de Netzahualcóyotl, en las cercanías del aeropuerto de la Ciudad de México, sobre la Calle 7 (Periférico) y Xochiaca. (Figura 4.8 y Figura 4.9).



Figura 4.8. Croquis de Macrolocalización del Proyecto



Figura 4.9. Croquis de Microlocalización del Proyecto

4.3.2 Objetivo

El proyecto: “DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”; consiste en la construcción de un puente vehicular sobre la calle 7 (Periférico), dicho puente consta de dos cuerpos (oriente y poniente), aunado a lo anterior se propone una solución a los movimientos vehiculares con su respectiva semaforización y señalamiento horizontal y vertical, además de la construcción de un retorno metros atrás del lugar del proyecto para disminuir el problema de los camiones colectores de basura. Propone dotar a estas vialidades de la cantidad de estructuras que permitan el flujo vehicular continuo en ambas direcciones de las dos avenidas, reduciendo los tiempos de traslado.

4.3.3 Características Técnicas Básicas del proyecto

El distribuidor vial se encuentra integrado por un puente con 2 cuerpos o estructuras independientes, cada estructura (oriente y poniente) tiene una longitud de aproximadamente 700 m. de inicio de pendiente hasta el descenso de pendiente y cuenta con 300 m. de geometría a nivel de suelo para la incorporación y desincorporación del tránsito usuario que utilizará dicha infraestructura. El ancho de calzada es de 10.50 m. que alberga 3 carriles de circulación de 3.50 m. cada uno. En el **anexo A.1**, se presenta la planta general del proyecto.

Las dos estructuras resolverán el movimiento de los usuarios que circulan en sentido norte de la Calle 7 hacia la Carr. México – Texcoco (Peñón – Texcoco) y viceversa; y que no tendrán que utilizar el cruce a nivel con la Av. Bordo de Xochiaca, y realizar largas filas de espera en dicha intersección semaforizada.

Este proyecto beneficia a la Delegación Venustiano Carranza, Iztacalco (D.F.) y al municipio de Nezahualcóyotl (Estado de México) y es acorde con los lineamientos del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Nezahualcóyotl.

4.3.4 Situación Actual

La intersección de estudio está actualmente regulada por 10 semáforos los cuales se localizan conforme a la Figura 4.10. Sus fases permiten el conjunto de movimientos que será detallado más adelante. La mayoría de las fases presenta problema de saturación en las horas pico con lo que se producen filas de espera demasiado largas que a la vez obstruyen la realización de otros movimientos por lo que los niveles de servicio se encuentran en el nivel más bajo (F).

Además de canalizar los movimientos de incorporación a las avenidas C7 (Periférico) y Xochiaca, la intersección también funciona como un punto de intercambio modal tanto para los servicios de transporte del Distrito Federal como del Estado de México los cuales no están integrados lo que induce una duplicidad de funciones. Por otra parte, dichos servicios no cuentan con la infraestructura necesaria (paraderos, adecuación de vialidades, espacio para estacionamiento, etc.) por lo que su funcionamiento implica detenciones y obstrucción del flujo vehicular. Bajo esta circunstancia de operación se inventariaron los siguientes elementos:

- 2 Paraderos de autobuses ubicados en cada una de las márgenes de la avenida C7. El del margen izquierdo con respecto al Norte (ver figura 3) es empleado por los autobuses de la ruta 100 y los microbuses del distrito Federal. El del margen derecho es empleado por los autobuses y minibuses del Estado de México. Adicionalmente este paradero es empleado también como base de una ruta de transporte público del Estado de México.

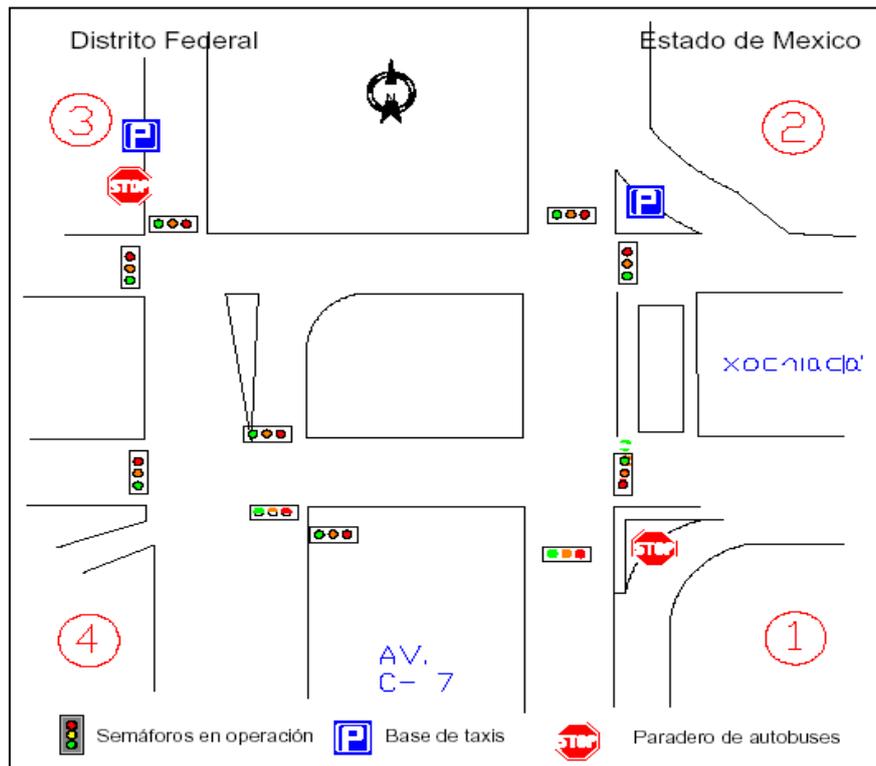


Figura 4.10. Situación actual de la Intersección de Calle 7 y Av. Xochiaca.

- 2 paraderos de taxis de la misma forma ubicados en cada uno de los márgenes de la avenida C7 y operados como ya se mencionó anteriormente por los taxis del Distrito Federal y del Estado de México. En el caso del DF esta base de taxis opera contiguamente al paradero de autobuses mientras que en el caso del Estado de México, la avenida Xochiaca separa a la base del paradero. De manera análoga a los autobuses, los taxis hacen base en este lugar (margen derecho superior).
- La situación descrita es de trascendencia por lo que cualquier alternativa de solución a la intersección deberá ser integral en el sentido de no solo canalizar los movimientos para que éstos tengan menos obstrucciones sino también considerar medidas que faciliten el acceso a los servicios de transporte colectivo (autobuses y taxis).

4.3.5 Impacto o riesgos del proyecto o conjunto de proyectos

A partir del análisis de la información presentada y con relación a las distintas clases de impactos directos e indirectos del “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”, se puede mencionar que:

- El proyecto contribuye a la rehabilitación y mejoramiento de uno de los principales corredores viales y su impacto tenderá a ser positivo y de un alto beneficio económico y social para el Municipio de Nezahualcóyotl, la Región IX Nezahualcóyotl y el Estado de México.

- El proyecto beneficia particularmente a los habitantes de los municipios de Nezahualcóyotl, Texcoco y Chimalhuacán, así como aquellos ciudadanos que habiten en el Distrito Federal (Delegaciones de Venustiano Carranza e Iztacalco); y que interactúen con tales municipios, localizados en el área de influencia de dicho proyecto, al facilitar el transporte, el comercio, los servicios y la integración regional.
- El proyecto facilita contar con un servicio de transporte de carga y pasajeros más eficiente y con mejores niveles de seguridad.

4.3.5.1 Impacto y factibilidad ambiental

El impacto ambiental es el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente, es la alteración del medio ambiente debido a la acción antrópica o a eventos naturales.

La evaluación de los impactos potenciales consiste en la magnitud estimada con criterios de calidad ambiental, normas técnicas ambientales o la percepción de la población afectada. El objetivo de la evaluación es determinar la dimensión de los impactos potenciales para definir el tipo de medidas preventivas que eviten, reduzcan, controlen y compensen el daño que se le ocasionará al ambiente por los trabajos de construcción de la obra.

El sustento legal, usado para justificar la viabilidad del presente proyecto fue La ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su reglamento de Impacto Ambiental, principalmente en sus artículos 5 y 6. También se tomó en cuenta la Ley orgánica de la Administración Pública del Estado de México y Código para la Biodiversidad del Estado de México.

Como los recursos para llevar a cabo el proyecto son otorgados por el Gobierno del Estado de México, el proyecto es meramente de jurisdicción Estatal, por lo que se está elaborando de acuerdo a los requisitos estipulados por la Secretaría del Medio Ambiente para que éste sea evaluado por dicha dependencia y obtener con esto la Autorización en Materia de Impacto Ambiental correspondiente.

Otras consideraciones:

- Las obras propuestas no presentan impactos ambientales significativos, no implican reasentamientos de personas y el derecho de vía está disponible.
- No se generan afectaciones ambientales sobre zonas protegidas y no hay impactos negativos sobre grupos vulnerables.
- Se estima que al incrementar la capacidad y niveles de servicio de las vías, la cantidad de toneladas de gases nocivos para la salud y que contribuyen a la contaminación ambiental, se vea reducida por el hecho de que la quema de combustibles como la gasolina y el diésel sea más eficiente y por lo tanto se viertan en menor cantidad los gases contaminantes dañinos a la salud. Esto aplicaría para mejorar la contaminación del aire a nivel local y regional.
- Referente a la contaminación por ruido, se estima que el impacto va a ser benéfico al reducir la cantidad de decibeles a nivel local, simplemente por el hecho de que los usuarios de la vía

tendrán un desplazamiento con mejor confort y a mejores velocidades de viaje; lo que redundará en un menor ruido de los motores y se utilizará menos el claxon o bocina de los vehículos.

- Por el hecho de que el proyecto contribuiría a mejorar la funcionalidad urbana a nivel local y regional, añadirá elementos que reduzcan los diversos tipos de contaminación ambiental.

4.3.5.2 Impacto y factibilidad legal

- Por el hecho de que el proyecto aproveche una vía existente con derecho de vía aparejado a la misma, no se tendrán que recurrir a períodos prolongados para la liberación del derecho de vía, esto ocurre tanto en la vía en situación “sin Proyecto” como en la situación “con Proyecto”.
- Al ser un proyecto pre-aprobado por la Dirección de Vialidad, la Secretaría de Comunicaciones Estatal y por el Cabildo Municipal, se presupone que se lograron los consensos en donde se llevarán a cabo las obras y donde se asentará la infraestructura nueva y modernizada; además de los consensos Estatal y del Distrito Federal; por lo que el impacto legal a nivel distintas dependencias no supondrá ningún impedimento.
- En lo referente a las comunidades que pertenecen a la población civil, hasta el momento de la elaboración del informe del presente estudio, no se tienen detectadas ningún tipo de inconformidades hacia la construcción y puesta en operación del proyecto.

4.3.5.3 Impacto y molestias de la obra

Es pues conducente en esta sección mencionar las molestias que el proyecto ocasionaría y posibles elementos para mitigar las mismas.

Posibles Molestias de la Obra y su mitigación.

- Es posible que se generen molestias cuando los trabajos se lleven a cabo en dicha zona; sin embargo, ya que esta vía cuenta con una sección transversal de 2 cuerpos con 2 y 3 carriles por sentido de circulación y un camellón de aproximadamente 37 m de ancho en donde se encuentra embovedado el Río Churubusco, existirá espacio para llevar a cabo los trabajos sin afectar considerablemente el flujo de vehículos en la zona
- Probablemente en donde se presente mayor impacto con las obras en la zona será en el tramo que se encuentra exactamente en la intersección de Anillo Periférico (Calle 7) y Av. Xochiaca. Por lo que se deberá realizar un operativo de señalización de las obras, encausar el flujo vehicular probablemente por las calles de Av. Vía Tapo, Av. 602, Carr. México – Texcoco, Calle Cuarta Avenida – Calle Cuauhtémoc y Calle Higinio Guerra.
- Por lo anteriormente expresado en el párrafo de arriba se recomienda que para mitigar dichas molestias se elaboren programas por las instituciones involucradas para reencausar los flujos y sentidos de circulación alrededor de las zonas afectadas. Adicionalmente se

recomienda utilizar los medios de comunicación conducentes para informar a la población de las entidades involucradas, y de esta forma poder minimizar molestias y posibles problemas.

4.3.5.4 Impacto de obras civiles y municipales

De la revisión del Plan Municipal de Desarrollo de la entidad Municipal inmersa en el ámbito de desarrollo de los trabajos para la construcción de las estructuras (distribuidor vial) en la intersección de Anillo Periférico (Calle 7) y Av. Bordo de Xochiaca se tiene que:

Para el municipio de Nezahualcóyotl: Se encontró que es altamente probable que influya de manera positiva la ejecución de la obra, para los planes de crecimiento ordenado del transporte masivo en la zona de influencia, esto es que, facilitará los accesos al límite con las delegaciones Venustiano Carranza e Iztacalco (D.F.) y los límites con el municipio de Netzahualcóyotl (Estado de México).

También, es posible que la puesta en operación del proyecto cumpla con las estrategias de ampliación, construcción, pavimentación y prolongación de vialidades primarias de la zona oriente y centro del municipio, para comunicar las zonas urbanas del norte y centro del municipio, así como, el mejorar las condiciones físicas de las vialidades existentes y mejorar las rutas de transporte público de pasajeros y de carga; además de coadyuvar a orientar el crecimiento y densidad habitacional en el municipio.

Contribuirá con los siguientes aspectos contemplados en el Plan Municipal de Desarrollo (PMD).

- Fortalecer la integración vial en las direcciones poniente-oriente y norte-sur en ambos sentidos.
- Resolver uno de los principales nodos o conflicto vial con la Delegación Venustiano Carranza.
- Dar solución y facilitar la comunicación con el D.F. en la zona norte-centro del municipio.
- Contribuir a dar solución a la integración económica y social con las delegaciones y municipios vecinos.
- Coadyuvar a potenciar las ventajas comparativas y competitivas a fin de atraer inversión al municipio.
- Hacer más eficiente el servicio de transporte de carga, de transporte público y del transporte de desechos hacia la zona de tiraderos de basura.

4.4 Análisis de la oferta

4.4.1 Definición de la red de análisis

Actualmente, la red vial se compone de 1,026 kilómetros lineales, de los cuales más del 88% se encuentra pavimentado. Cabe señalar que en algunas zonas las condiciones materiales de la vialidad se encuentran deterioradas, debido al flujo vehicular que presentan, así como a la falta de mantenimiento.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

La estructura vial está formada por una cuadrícula casi perfecta, en la zona centro, las principales vialidades del municipio son: de oriente a poniente, Av. Texcoco, Av. Pantitlán, Av. Chimalhuacán, 4ª Avenida, Av. Bordo de Xochiaca. De sur a norte, Calle 7, Av. Cuauhtémoc, Av. Vicente Rivapalacio, Av. Nezahualcóyotl, Av. Adolfo López Mateos, Av. Sor Juana, Av. Vicente Villada, Av. Carmelo Pérez, Av. Tepozanes y Av. de los Reyes. Se excluye de esta malla a las colonias Rey Neza y la zona industrial que tienen diferentes ángulos de inclinación, dando como resultado que las manzanas tengan diferentes formas y tamaños.

a) Vialidades primarias

Se caracterizan por ser las principales vías de entrada y salida del municipio, permitiendo la comunicación directa hacia los diferentes puntos de origen y destino del territorio municipal. Generalmente, los cruces en estas vialidades se dan con otras de igual jerarquía y en algunos casos como el Anillo Periférico, las avenidas Carlos Hank González, Peñón-Texcoco y las Torres en la zona norte, así como Adolfo López Mateos, Carmelo Pérez, Bordo de Xochiaca y Pantitlán en la zona centro continúan hacia el Distrito Federal y municipios colindantes, conformando una red vial de carácter metropolitano que mantiene la continuidad y conurbación física y funcional, dando la impresión de ser un sólo sistema vial. Las vialidades primarias se enlistan en los Cuadros 4.13 y 4.14:

Cuadro 4.13. Vialidades primarias zona centro, municipio de Nezahualcóyotl

NOMBRE	SECCIÓN	LONGITUD	SENTIDO	CAMELLÓN	ORIGEN Y DESTINO
Av. Bordo de Xochiaca	75 m.	6.68 km.	Doble sentido	Uno	Cruza el Municipio a partir de Anillo Periférico hasta la Av. Circuito Universidad Tecnológico, continua hasta Av. Chimalhuacán.
Av. Pantitlán	35 m.	10.05 Km	Doble sentido	Uno	Cruza el Municipio a partir de Anillo Periférico hasta la Av. de Los Reyes, continua hacia el municipio de Los Reyes la Paz.
Av. Chimalhuacán	43 m.	9.60 Km.	Doble sentido	Uno	Cruza el Municipio a partir de la Av. Río Churubusco hasta conectarse directamente con el municipio de Chimalhuacán.
4ta Av. – Aureliano Ramos	20 m.	11 Km.	Doble sentido	Uno	Comienza en la Av. Río Churubusco o Anillo Periférico, hasta Av. Riva Palacios con el nombre de Av. 4 o

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

NOMBRE	SECCIÓN	LONGITUD	SENTIDO	CAMELLÓN	ORIGEN Y DESTINO
					Aurelio Ramos; y a partir de ahí hasta la Av. López Mateos cambia el nombre a Virgen de Guadalupe y de Av. López Mateos hasta la Av. Lázaro Cárdenas o Av. Universidad Tecnológico.
Av. Gustavo Baz Prada	12 m.	7.38 Km.	Doble sentido		Inicia en la Av. López Mateos hasta la Av. Lázaro Cárdenas.
Av. Rancho Grande	12 m.	4.75 Km.	Doble sentido	Uno	Inicia en la calle Águila Negra, junto a la Av. Bordo de Xochiaca y llega hasta la Av. Lázaro Cárdenas.
Av. Texcoco	32 m.	8.10 Km.	Doble sentido	Uno	Inicia en la Av. José María del Pilar dirigiéndose hacia el municipio de los Reyes la Paz.
Av. Cuauhtémoc – Higinio Guerra	20 m.	5.35 km.	Doble sentido	Uno	Inicia en la vía del tren con el nombre de Higinio Guerra hasta la Av. Xochiaca.
Av. José del Pilar	20 m.		Doble sentido	Uno	Inicia en la Av. Pantitlán y termina en Av. Texcoco.
Av. Riva Palacio	20 m.	8.38 Km.	Doble sentido	Uno	Inicia en la vía del tren y termina en la Av. Texcoco.
Av. Nezahualcóyotl	40 m.	3.86 km.	Doble sentido	Uno	Inicia en la Av. Texcoco hasta la Av. Bordo de Xochiaca.
Av. Adolfo López Mateos	45 m.	3.86km.	Doble sentido	Dos	Cruza la parte sur del Municipio desde la Av. Texcoco hasta Av. Bordo de Xochiaca.
Av. Sor Juana Inés de la Cruz	45 m.	4.08 km.	Doble sentido	Uno	Inicia en la Av. Texcoco y termina en la Av. Bordo de Xochiaca.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

NOMBRE	SECCIÓN	LONGITUD	SENTIDO	CAMELLÓN	ORIGEN Y DESTINO
Av. José Vicente Villada	45 m.	4.31 km.	Doble sentido	Uno	Inicia en la Av. Bordo de Xochiaca hasta la Av. Texcoco.
Av. Carmelo Pérez	44 m.	4.45 km.	Doble sentido	Uno	Inicia de norte a sur, en Av. Bordo de Xochiaca hasta llegar a la Av. Texcoco.
Cuauhtémoc	12 m.	2.38 km	Doble sentido		Texcoco-Av. Pantitlán.
Av. México.	12 m.	4.19 km	Doble sentido		Texcoco-Pantitlán.
Av. Ángel Independencia a Golondrinas	12 m.	6.56 km	Doble sentido		Texcoco-Chimalhuacán
Paloma Negra					Pantitlán-Chimalhuacán
AV. San Ángel continuación 7 Leguas	12 m.	6.80 km	Doble sentido		Texcoco-Chimalhuacán
Av. Floresta	12 m.	2.55 km.	Doble sentido		Av. Los Reyes-Pantitlán.
Av. Lázaro Cárdenas	20 m.	1.90 km	Doble sentido		Circuito Rey Nezahualcóyotl-Bordo de Xochiaca
4 Avenida	20 m.	11 km	Doble sentido	Uno	Calle 7-Lázaro Cárdenas
Av. Tepozanes	12 m.	5.46 km.	Doble sentido	Uno	Cruza a partir de la Av. Universidad Tecnológico hasta la Av. Texcoco.
Av. Baja California	20 m.	2.2 km.			Inicia en Av. de las Torres (Chimalhuacán) y termina en calle Insurgentes (Chimalhuacán).

Cuadro 4.14. Vialidades primarias zona norte, municipio de Nezahualcóyotl

NOMBRE	SECCIÓN	LONG. KM.	SENTIDO	CAMELLÓN	ORIGEN Y DESTINO
Anillo Periférico (Calle 7)	28 m.	7.95 km.	Doble sentido	Uno	Inicia en la parte norte del Municipio a partir de la calle Valle Alto con el nombre de Boulevard Río de los

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

NOMBRE	SECCIÓN	LONG. KM.	SENTIDO	CAMELLÓN	ORIGEN Y DESTINO
					Remedios de norte a sur se convierte en el Anillo Periférico hasta el cruce con Vía Tapo siguiendo con el nombre de Av. Río Churubusco o Av. 7 hasta la avenida Texcoco rumbo a la avenida Zaragoza en el Distrito Federal.
Av. Carlos Hank González - Av. Central	100 m.	3.0 Km.	Doble sentido	Tres	Inicia de norte a sur en Río de los Remedios y termina en Av. Eje 5 norte-Villa de Aragón (en el Distrito Federal)
Av. Peñón - Texcoco	20 m.	1.09 Km.	Doble sentido	Uno	Inicia en Av. Estado de Veracruz y termina en el Anillo Periférico,
Av. Taxímetro	20 m.	2.63 Km.	Doble sentido	Uno	Inicia en Av. Estado de Veracruz hasta la Av. Aeropuerto.
Vía Las Torres (Valle de Zambezi, Jorge Jiménez Cantú, Av. Bosques de los Continentes	48 m.	4.08Km.	Doble sentido	Uno	Inicia en Av. Estado de Veracruz hasta la Av. Aeropuerto, Inicia con el nombre de Av. Valle de Zambezi a partir de la Av. Veracruz hasta el entronque con la Av. Valle de Las Zapatas, a partir de aquí cambia su nombre por Av. Las Torres hasta el entronque con la Av. Rancho Seco y se llama Av. Jorge Jiménez Cantú desde el punto antes mencionado hasta llegar -a la Av. Carlos

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

NOMBRE	SECCIÓN	LONG. KM.	SENTIDO	CAMELLÓN	ORIGEN Y DESTINO
					Hank González. Se llama Av. Bosque de los Continentes desde la Av. Carlos Hank González hasta la Av. Taxímetro.
Av. Valle de las Zapatas	25 m.	5.63 Km.	Doble sentido	Uno	Comienza en la Av. Valle Alto hasta el entronque con la Av. Carlos Hank González.
Av. Del Francisco Canal Villa	20 m.	3.06 Km.	Doble sentido	Uno	Comienza en Av. Estado de Veracruz y termina en el entronque con la Av. Carlos Hank González.
Valle Yang-Tse	12 m.	3.5 km.	Doble sentido	Uno	Valle Alto-Calle 35.
Valle Yukón.	12 m.	3.5 km.	Doble sentido	Uno	Valle Alto-Calle 35.
Hacienda de la Noria.	12 m.		Doble sentido	Uno.	Av. Central-Hacienda de Yecapixtla.
Jorge Jiménez Cantú.					Calle 35-Valle Alto.
Bosques de las Américas o Taxímetros	20 m.	2.63 km.	Doble sentido	Uno	Av. Aeropuerto-Av. 412.
Av. Aeropuerto.	20 m.	2.83 km.	Doble sentido.	Uno	Taxímetros-Vías del FFCC.
Bosques de las Naciones.	20 m.	1.88 km.	Doble sentido	Uno	Av. 412- Bosques de los Continentes.
Hacienda de Solís.					Rancho seco-Hacienda de Presillas.
Av. Central.	100 m.	3 km.	Doble sentido.	Tres	Periférico- Av. 412.
Calle 35					Periférico- Av. 412.
Av. Valle de Santiago.	12 m.	1.4 km.	Doble sentido.	Uno.	Periférico- Valle de Zapatas.
Valle Alto.					Periférico-Valle de Zapatas.
Av. Veracruz	20 m.	4.35 Km.	Doble sentido	Uno	Inicia en la Av. Peñón Texcoco y continúa hasta la Av. Carlos Hank

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

NOMBRE	SECCIÓN	LONG. KM.	SENTIDO	CAMELLÓN	ORIGEN Y DESTINO
					González.

En la zona norte las vialidades primarias se integran por la Avenida Central, el Periférico (Calle 7), Avenida Taxímetro, Avenida Peñón -Texcoco, Vía las Torres (Avenida Bosques de los Continentes, Valle de Zambezi, Jorge Jiménez Cantú) Valle de Las Zapatas, Avenida del Canal, Avenida Veracruz, sin embargo sus formas geométricas son distintas, dando como resultado una estructura irregular. Lo anterior se debe a que las vialidades primarias señaladas son perpendiculares entre sí, son continuaciones de importantes ejes viales provenientes del Distrito Federal, tales como Anillo Periférico y el Eje 3 Norte, situación que ha propiciado la continuidad de la traza urbana entre los diferentes municipios y delegaciones con que colinda.

4.4.2 Situación actual de la intersección Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

En la situación actual Anillo Periférico (Calle 7) X Av. Pantitlán presenta un estado del pavimento de bueno a regular, la intersección presenta un nivel de servicio de saturación (F) nada satisfactorio, y particularmente los movimientos más críticos son:

- Movimiento norte a sur en la Calle 7 y movimiento sur – norte sobre Calle 7. Estos dos movimientos representan casi el 50% de los volúmenes que confluyen a la intersección.

En cuanto a la geometría de la intersección, esta se compone de 4 ramales: Calle 7 norte, Calle 7 Sur, Xochiaca Oriente y Xochiaca Poniente. Cada uno de estos ramales posee un cuerpo (camellón) que separa los sentidos de circulación. A partir de esta consideración se pueden distinguir cuatro cruces identificados del 1-4 en la figura 11.

- a) Cruce 1: Se localiza al sureste de la intersección, se integra por el carril del margen derecho de la avenida Calle 7 en dirección al norte y el carril del margen izquierdo (con respecto al Poniente) de la avenida Xochiaca. Tiene como particularidad que el giro a la derecha de la avenida Calle 7 a la Xochiaca está segregado.
- b) Cruce 2: Se ubica al noreste de la intersección conformándose por el carril del margen derecho de la avenida Calle 7 en dirección al norte y el carril del margen derecho (con respecto al Poniente) de la avenida Xochiaca. Tiene como particularidad que el giro a la derecha de la avenida Xochiaca a la Calle 7 esta canalizado formando una bahía que es empleada como base por el sitio de taxis del estado de México.
- c) Cruce 3. Se encuentra en el noroeste de la intersección. Se forma con el carril del margen izquierdo de la avenida Calle 7 en dirección al sur y el carril del margen derecho (con respecto al poniente) de la avenida Xochiaca. Presenta también una canalización que permite realizar la incorporación de la avenida Xochiaca a la Avenida Calle 7 en dirección al sur (giro a la izquierda).
- d) Cruce 4. Se ubica al noroeste de la intersección. Se forma con el carril del margen izquierdo de la avenida Calle 7 en dirección sur y el carril del margen izquierdo de la

avenida Xochiaca. Tiene dos particularidades: en primer lugar, una calle del Distrito Federal que se une al cruce en dirección sur poniente. En segundo lugar, la canalización del giro proveniente de la avenida Xochiaca en dirección al Sur de la avenida Calle 7.

En la zona se definió una red de análisis de forma siguiente:

- En el sentido Poniente - Oriente: Los segmentos o arcos de dicha red los integran las vialidades de: Av. Xochiaca, Av. Vía Tapo, Av. Aureliano Ramos y Calle Xocoyote.
- En el sentido Norte - Sur: Anillo Periférico (Calle 7), Calle 6 y Vía Tapo.

Los nodos de la red son aquellos en donde se interceptan (intersecciones) dichas vialidades para conformar la red.

4.4.2.1 Situación de proyecto de construcción de puente vehicular en el entronque de Periférico (Calle 7) y Av. Bordo de Xochiaca

El proyecto está considerado dentro de los planes de integración de las regiones intermunicipales, consiste en la construcción de un puente o paso superior vehicular de dos cuerpos. Dichas estructuras darán solución a los movimientos norte – sur y viceversa, sobre la Av. Anillo Periférico (Calle 7). Adicionalmente dará solución a los movimientos provenientes del oriente hacia el poniente, es decir, del flujo proveniente de la zona de la Colonia El Sol, Colonia Estado de México, Colonia Virgencitas y Colonia El Arenal 1ª, 2ª y 3ra secciones.

La longitud del proyecto es de 1000 m. con un ancho de 10.50 m. en cada cuerpo, para alojar tres carriles de circulación de 3.50 metros por sentido. La velocidad de proyecto será del orden de 70 km/h por hora, esperando una velocidad media de operación de 60 km/h.

4.4.3 Características físicas y geométricas de la red de análisis

Se realizó un inventario geométrico de las avenidas Anillo Periférico (Calle 7) y Av. Bordo de Xochiaca, con el objetivo de determinar las condiciones geométricas en las que se encuentran los diferentes tramos que conforman las vialidades en estudio. Para ello se recopiló la información y datos conducentes para el análisis de las vías. Esta información es útil para obtener el nivel de servicio bajo el cual se encuentran operando los diferentes tramos de la vialidad en estudio (ver **Anexos A.2 y B.1**).

4.4.3.1 Levantamiento de intersecciones críticas y/o semaforizadas de la red de análisis

Se efectuaron inventarios geométricos de la intersección dentro de zona en estudio, la determinación se realizó analizando los datos que se obtuvieron de desarrollar dicha actividad.

- Se realizaron mediciones de la sección transversal en cada uno de los accesos de la intersección, diagramas de flujos de movimientos del tránsito, medición del ancho de corona, ancho de carriles, ancho de camellones, etc.

- Se midió la duración de las fases y los ciclos de semáforos en las intersecciones que cuentan con ellos.

En el **Anexo A.3**, se muestran las fases de semáforos ubicados en el sitio de proyecto.

4.4.4 Velocidades y Tiempos de Recorrido

Para obtener los tiempos de recorrido en la vialidad(es) estudiada(as), se aplicó el método del “vehículo flotante”. Estos recorridos se efectuaron en las horas de máxima demanda y horas valle.

- Los puntos de control en el itinerario de la vialidad en estudio se identificaron previamente en los que el observador visualizó con facilidad cada aspecto a evaluar y la ruta se midió con odómetro. Para este caso los puntos de control fueron el inicio y final del tramo de la vialidad seleccionado previamente, intersecciones y otros que sirvieron de referencia para los análisis correspondientes.
- Para el caso de las demoras se asentó el tiempo que duró la demora y las causas que la motivaron.

Lo anterior permite obtener la velocidad de operación de la situación actual “sin proyecto” y poder comparar con la situación “con proyecto” en el análisis de Beneficio–Costo. Se procesaron los datos recabados de cada uno de los estudios de tiempos de recorrido y demoras para obtener entre otros productos:

- Cuadros resumen donde se indican los tiempos de recorrido por tramo, tiempos sin demora, velocidad del tramo con demora, velocidad del tramo sin demoras, velocidad promedio con demoras y sin demoras.

En el Cuadro 4.15, se muestran los puntos de control para el itinerario Av. Chimalhuacán – (Carr. México – Texcoco (Peñón – Texcoco)) y Av. Vicente Riva Palacio – Av. 602.

Cuadro 4.15. Definición de Puntos de Control

ITINERARIO	PUNTO DE CONTROL	DENOMINACIÓN
AV. CHIMALHUACÁN – CARR. MÉXICO - TEXCOCO	A	AV. CHIMALHUACÁN
	B	CALLE SEXTA AVENIDA
	C	CALLE CUARTA AVENIDA
	D	CALLE SEGUNDA AVENIDA
	E	AV. BORDO DE XOCHIACA
	F	CRUCE CON CANAL
	G	CARR. MÉXICO – TEXCOCO (PEÑÓN – TEXCOCO)
AV. VICENTE RIVA PALACIO – AV. 602	H	AV. VICENTE RIVA PALACIO
	I	CALLE CUAUHTÉMOC
	J	ANILLO PERIFÉRICO (CALLE 7)
	K	INICIO CALLE VÍA TAPO
	L	AV. 602

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

En el Cuadro 4.16, se presenta el promedio de los tiempos de recorrido obtenidos a través del método del vehículo flotante.

Cuadro 4.16.Tiempos de Recorrido (Vialidades en Estudio)

TRAMO	LONGITUD KM.	TIEMPO DE RECORRIDO	VEL. TRAMO
			Km / h
A – B	0.35	00:03:39	5.75
B – C	0.18	00:00:40	16.05
C –D	0..17	00:01:26	7.10
D – E	0..26	00:00:40	23.32
E - F	1.64	00:04:22	22.55
F – G	1.70	00:03:39	27.99
H – I	1.00	00:04:48	12.05
I – J	0.60	00:02:21	15.30
J – K	1.10	00:03:23	19.50
K– L	3.00	00:06:20	29.80

En el Cuadro 4.17, se muestran las principales demoras que se presentaron durante la ejecución del estudio, así como la duración de las mismas y las causas que las provocaron.

Cuadro 4.17.Principales Demoras (zona de estudio)

DEMORAS		
TRAMO	TIEMPO DEMORA	CAUSA DE LA DEMORA
A - E	00:00:35	Semáforo y Cambio de Circulación
F - G	00:02:29	Tráfico
H – I	00:02:55	Tráfico y Semáforo
I – J	00:01:49	Tráfico y Semáforo
J – K	00:00:30	Tráfico y Semáforo
K – L		Ninguna

En el Anexo B.2 y C.1, se presenta el reporte fotográfico y las hojas de cálculo de los tiempos de recorrido y demora de la Av. Chimalhuacán a la autopista Peñón – Texcoco.

4.5 Análisis de la demanda

4.5.1 Conteos de tránsito y clasificación vehicular

4.5.1.1 Conteos de tránsito y clasificación vehicular (Contadores de Detección Neumática)

Para el presente estudio en los sitios localizados en el recorrido preliminar de la zona en estudio, se instalaron estratégicamente 8 estaciones de conteo vehicular en los diferentes tramos, que conforman la red vial de estudio, utilizando equipos contadores-clasificadores de tránsito de detección neumática. El período de estudio fue el mes de febrero de 2009.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

Se llevó a cabo el establecimiento, mantenimiento y recuperación de datos de estaciones de Aforo del Tránsito, conteo automático por ambos sentidos, en los cuales se realizó la tendida para colocar los contadores- clasificadores de tránsito; en los sitios localizados. En dicha actividad se trasladaron a cada uno de los sitios, el personal y materiales; localizando los sitios previamente detectados. Se llevó a cabo la instalación de dichas estaciones de aforo del tránsito, con las medidas de seguridad adecuadas para colocar los diferentes dispositivos para instalar las estaciones referidas.

Los contadores se programaron para obtener el volumen horario por un periodo de siete días consecutivos. Los equipos se programaron para iniciar su conteo a las cero horas del día uno finalizando a las 24 horas del día siete; se realizaron cortes parciales cada hora, durante todo el tiempo en que permanecieron monitoreando y clasificando el flujo del tránsito. La clasificación vehicular se llevó a cabo por el número de ejes. Los sitios en los que se ubicaron las estaciones de aforo son los que se indican en el Cuadro 4.18.

Cuadro 4.18.Sitios de Aforo para Av. Calle 7 y Av. Pantitlán

CLAVE EST. DE AFORO	ITINERARIO	SC
1	PERIFÉRICO CALLE 7 ENTRE AV. AURELIANO RAMOS Y AV. XOCHIACA	1
2	PERIFÉRICO CALLE 7 ENTRE AV. AURELIANO RAMOS Y AV. XOCHIACA	2
3	PERIFÉRICO CALLE 7 ENTRE AV. XOCHIACA Y CALLE SALVADOR ALLENDE	1
4	PERIFÉRICO CALLE 7 ENTRE AV. XOCHIACA Y CALLE SALVADOR ALLENDE	2
5	AV. XOCHIACA ENTRE PERIFÉRICO CALLE 7 Y VÍA TAPO EXPRESS	1
6	AV. XOCHIACA ENTRE PERIFÉRICO CALLE 7 Y VÍA TAPO EXPRESS	2
7	AV. XOCHIACA ENTRE CALLE CUAUHTÉMOC Y PERIFÉRICO CALLE 7	1
8	AV. XOCHIACA ENTRE CALLE CUAUHTÉMOC Y PERIFÉRICO CALLE 7	2

Al final del periodo, se recuperó la información de las estaciones de conteo y se respaldó la totalidad de dichos datos en una PC portátil. Posteriormente se realizaron las labores de desinstalación de las estaciones de conteo del tránsito, con las medidas estrictas de seguridad que dicha actividad requiere y similares a la etapa de instalación. Una vez que se contó con la información de los archivos magnéticos se organizaron en una Base de Datos, a partir de la cual se realizó su procesamiento para obtener los volúmenes horarios, volúmenes diarios, volúmenes máximos por día, volúmenes diurno y nocturno, el tránsito promedio semanal, los periodos de máxima demanda (y definir así los intervalos de los estudios de los Tiempos de Recorrido); lo anterior para cada estación de aforo (Cuadro 4.19).

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

Cuadro 4.19.Conteo de tránsito y Clasificación Vehicular

CLAVE EST. DE AFORO	ITINERARIO	SC	TDPS	CLASIFICACIÓN VEHICULAR EN %							
				A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS
1	PERIFÉRICO CALLE 7 ENTRE AV. AURELIANO RAMOS Y AV. XOCHIACA	1	17,480	67.81	22.57	4.52	1.53	2.99	0.32	0.13	0.13
2	PERIFÉRICO CALLE 7 ENTRE AV. AURELIANO RAMOS Y AV. XOCHIACA	2	18,019	77.6	10.3	6.3	2.9	2	0.7	0.1	0.1
3	PERIFÉRICO CALLE 7 ENTRE AV. XOCHIACA Y CALLE SALVADOR ALLENDE	1	26,915	81.9	0.85	9.26	2.3	5.02	0.25	0.07	0.35
4	PERIFÉRICO CALLE 7 ENTRE AV. XOCHIACA Y CALLE SALVADOR ALLENDE	2	23,566	81.27	1.18	8.55	2.73	5.5	0.45	0	0.32
5	AV. XOCHIACA ENTRE PERIFÉRICO CALLE 7 Y VÍA TAPO EXPRESS	1	13,192	86.37	6.93	4.97	0.75	0.45	0.45	0	0.08
6	AV. XOCHIACA ENTRE PERIFÉRICO CALLE 7 Y VÍA TAPO EXPRESS	2	11,710	88.3	7.74	2.47	1	0.08	0.25	0	0.16
7	AV. XOCHIACA ENTRE CALLE CUAUHTÉMOC Y PERIFÉRICO CALLE 7	1	27,611	83.3	8.35	5.11	1.04	1.56	0.44	0	0.2
8	AV. XOCHIACA ENTRE CALLE CUAUHTÉMOC Y PERIFÉRICO CALLE 7	2	22,190	89.96	5.33	3.2	0.85	0.5	0.13	0	0.03

En los anexo B.3 y C.2 se presenta el informe fotográfico y las tablas con los resultados obtenidos en las estaciones de conteo de tránsito.

4.5.1.2 Conteos de tránsito y clasificación vehicular (Aforos direccionales con clasificación detallada)

Se realizó un estudio direccional en las horas de máxima demanda para la intersección en estudio. Estas horas se obtuvieron al realizar un análisis previo de los datos obtenidos por los contadores-clasificadores de tránsito, colocados en los sitios de aforo. Esta actividad se realizó con personal capacitado y especializado para llevarla a cabo. En términos resumidos el estudio consiste en:

- Colocar observadores en función de cada movimiento que se presente en la intersección y de la complejidad de los mismos.
- Se determinó mediante estas observaciones, cuáles son las vialidades que constituyen la vialidad principal y cual la vialidad secundaria de la intersección.

Los aforos direccionales se efectuaron en las dos horas de máxima demanda diurnas (AM) y las dos horas de máxima demanda nocturna (PM); los cortes de aforo de tránsito dentro de esas horas, se realizaron cada quince minutos. Lo anterior se llevó a cabo por los dos días de mayor flujo vehicular, determinados por los aforos de muestra semanal (Ver anexos A.4 –formato direccional- B.4 –reporte fotográfico).

4.5.1.3 Capacidad y niveles de servicio en intersecciones

Para la intersección en estudio se calculó la capacidad y el nivel de servicio, en los puntos que generan mayor movimiento. Para ello, se utilizaron los movimientos direccionales, características geométricas y de operación de la intersección (Ver Anexo C.3).

La eficiencia de una carretera o vialidad urbana, se determina cualitativa y cuantitativamente, mediante el cálculo de los niveles de servicio, referencias que son útiles en la gestión, ya sea en la planeación, modernización y construcción de infraestructura carretera o vialidad urbana, toda vez que, del análisis de esta información se desprenden las características básicas para su diseño, su justificación económica y la evolución que deberán tener durante su vida útil.

En cuanto a la capacidad y niveles de servicio para intersecciones semaforizadas y No semaforizadas, tenemos que la capacidad en intersecciones se define en términos de la capacidad de sus ramas o grupos específicos de carriles para determinados movimientos; tal capacidad es el volumen de tránsito máximo que puede pasar por ellos bajo las condiciones prevalecientes de geometría, tránsito y semáforos. Se mide en vehículos por hora. Cuando se elimina la restricción de los semáforos, al volumen correspondiente se le denomina volumen de saturación y se mide en vehículos por hora de tiempo efectivo de luz verde (vphv).

Para determinar los niveles de servicio futuros en que operará cada tramo analizado, se considera que la infraestructura no se modifica y el volumen de tránsito que crece a 5, 10 y 15 años, se determinará con una tasa de crecimiento de 3.97% anual, la que se obtuvo a partir de los volúmenes de tránsito históricos contenidos en los libros de Datos Viales, publicados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. En la siguiente tabla, se presenta el cálculo con el volumen horario del proyecto actual y futuro a 5, 10 y 15 años (Cuadro 4.20).

Cuadro 4.20. Niveles de Servicio en intersecciones zona de estudio

No. INTER	INTERSECCIÓN	CALLES O VIALIDADES	ACCESO	2009		2014		2019		2024	
				VHP	N. S.						
IT-01	PERIFÉRICO (CALLE 7) X AV. BORDO DE XOCHIACA	AV. XOCHIACA	OESTE	1398	F	1698	F	1968	F	2223	F
		AV. XOCHIACA	ESTE	1903	F	2313	F	2683	F	3035	F
		PERIFÉRICO (CALLE7)	SUR	1893	F	2299	F	2664	F	3014	F
		PERIFÉRICO (CALLE7)	NORTE	2094	F	2532	F	2936	F	3323	F
	NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN				F		F		F		F

4.5.2 Tendencias del tránsito

Se consultaron los aforos históricos de la zona en estudio, en libro de Datos Viales de los años de 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 Y 2007; se tomaron como referencia los puntos que tuvieran influencia sobre la zona en estudio y guardarán en su contexto un aforo histórico sobre el mismo

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Características del área de estudio

punto durante esos años; resultando conveniente de analizar el comportamiento de la tendencia del tránsito. Los puntos son los que se presentan en el Cuadro 4.21.

Cuadro 4.21. Resumen del cálculo de tasa de crecimiento del tránsito (2001-2005) (zona en estudio)

CARRETERA:	Km.:	TRAMO:	TASA DE INCREMENTO ANUAL EN %:
MÉXICO - PACHUCA (LIBRE)	26.93	T. DER. PIRÁMIDES (CUOTA)	0.71%
MÉXICO - PUEBLA (LIBRE)	28.85	T. DER. CHALCO	4.51%
LOS REYES ZACATEPEC	3.35	T. IZQ. LA MAGDALENA	1.13%
LOS REYES ZACATEPEC	8.45	T. IZQ. CHIMALHUACÁN	0.73%
PEÑÓN TEXCOCO (CUOTA)	16.5	T. C. SAN BERNARDINO - TEPEXPAN	15.27%
SAN BERNARDINO - TEPEXPAN	2.08	T. DER. TEXCOCO	1.45%
		PROMEDIO TOTAL:	3.97%

En el anexo C.4, se presentan las tablas para la determinación de las tasas de crecimiento por carretera.

4.5.3 Crecimiento de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación

De los análisis realizados se puede ver que la tendencia del tránsito en los años de 2001 a 2007 en algunos puntos de las carreteras analizadas que influyen a la zona de estudio, presentan variaciones año con año, que en ciertos casos solo se tiene acumulada una variación cercana al 0.71% y en otros de 15.27% anual. De aquí se desprende que en el escenario de captación del tránsito en la zona se modela de un 3.97%.

5. DESARROLLO DE MODELOS DE CAPTACIÓN, ASIGNACIÓN Y PRONÓSTICO DE TRÁNSITO

Resumen

Los estudios de asignación y pronóstico de tránsito constituyen un elemento importante en el proceso de planeación de la construcción, ampliación y modernización de la infraestructura vial. El objetivo que se persigue es proporcionar los elementos necesarios para la toma de decisiones y de la programación de inversiones, así como una herramienta para poder elaborar los estudios de justificación económica de los programas de inversiones en el corto, mediano y largo plazos.

5.1 Simulación de la demanda para el año base

Del proceso de información del análisis de la oferta hacia los usuarios de las vialidades y la demanda que estos hacen de dicha oferta, se integraron los resultados al modelo y se construyó el escenario base, obteniéndose resultados acerca de cómo se comportaría el tránsito dentro de la Red. Las variables más importantes, entre otras que se tomaron en consideración fueron:

- Dimensión de la sección transversal.
- Ancho de carriles.
- Número de carriles.
- Tiempos de recorrido.
- Ciclos y fases de semáforos.
- Niveles de servicio actual de las Intersecciones.
- Tiempos o causas de demora a lo largo de las vialidades.
- Movimientos direccionales en Intersecciones.
- Tránsito Promedio Semanal

5.2 Definición de alternativas

5.2.1 Alternativas planteadas

Al realizar el análisis del comportamiento de la operación de la red, se encontró que el trazo propuesto de los proyectos ejecutivos cumple con el objetivo planteado dentro de los mismos.

La modernización de esta vialidad, servirá al desarrollo económico de colonias y municipios importantes como Nezahualcóyotl, Los Reyes La Paz, Chimalhuacán, Texcoco, Iztacalco, Iztapalapa y Venustiano Carranza. Asimismo, proporcionará acceso más expedito a la cabecera municipal, norte y centro de Nezahualcóyotl y a las zonas habitacionales del poniente y oriente de dicha cabecera.

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca

Desarrollo de modelos de captación, asignación y pronóstico de tránsito

En caso de que no se realice el proyecto, no se pueden sugerir alternativas, sin embargo, se pueden sugerir algunas acciones como:

- Readecuación de vialidades en la zona para instalar semaforización inteligente, vueltas inteligentes y concretar con éstas adecuaciones algún tipo de circuitos de flujo vial continuo.

5.2.2 Medidas de optimización

Después del análisis de la situación actual, se concluye que no existen medidas contundentes de optimización, debido a que el conjunto de estas zonas carecen de elementos viales que faciliten la integración y el movimiento de personas, transporte y carga. Por lo que, la situación actual se tomará como la situación “Sin Proyecto”.

5.3 Modelo de captación

5.3.1 Modelo de captación para el Distribuidor Vial de Periférico (Calle 7) y Av. Xochiaca

Se analizaron los resultados de los procesos de información de los aforos direccionales de la intersección de Anillo Periférico (Calle 7) X Av. Xochiaca, así como los resultados obtenidos del proceso de datos de las estaciones de aforo de muestra semanal del tránsito (TDPS). Con dicha información se procedió a desarrollar los diagramas de movimientos direccionales resultantes del estudio del total de vehículos que fueron contabilizados durante las 12 horas de los tres días de aforo, mismos que se correlacionaron con las estaciones de muestra semanal instaladas en cada uno de los accesos de las intersecciones en estudio para obtener el Tránsito Diario Promedio Semanal de cada movimiento y de esta manera identificar el número de vehículos que utilizaran el puente vehicular de Periférico (Calle 7) y Av. Xochiaca, así se obtuvo el valor absoluto el volumen de tránsito susceptible de utilizar la vía en proyecto, en este caso “EL PUENTE VEHICULAR EN EL ENTRONQUE DEL PERIFÉRICO (CALLE 7) Y AV. XOCHIACA EN EL MUNICIPIO DE NETZAHUALCÓYOTL, EN EL ESTADO DE MÉXICO”.

5.4 Asignación

Posteriormente, al volumen obtenido, al tránsito atraído, se le afectó por los factores de tránsito inducido y generado para determinar de esta manera el tránsito potencial. Como la vía alterna será libre, el tránsito potencial no se verá influenciado por el efecto “cuota”, por tal razón, este tránsito potencial resultó finalmente el tránsito asignado.

Con objeto de contar con información acerca de los movimientos y flujos vehiculares y de las características operacionales de los mismos, se procesaron los estudios de demanda realizados en la zona de estudio y reportados en este mismo documento.

5.5 Tránsito potencial, asignación y pronóstico de la Demanda

Premisas de la presentación del análisis: Para efectos del presente análisis, la asignación del tránsito se realizó considerando los flujos del tránsito de mayor magnitud que se presentaron en los monitoreos que arrojaron las estaciones de aforo dentro del área de estudio, correspondientes a la vialidad en referencia (Anillo Periférico (Calle 7) y Av. Xochiaca). Para esta asignación de tránsito se

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Desarrollo de modelos de captación, asignación y pronóstico de tránsito

analizaron los flujos direccionales de las intersecciones. Para posteriormente correlacionar dichos flujos con la información de los volúmenes de tránsito registrados en 8 estaciones de aforo de muestra semanal y su expansión a TDPS.

De lo anterior se concluye que el volumen de tránsito base para la asignación correspondiente es de **48,964** como TDPS2008.

Por lo que el tránsito atraído resultó ser de **48,504** vehículos.

Por otra parte se tiene que los factores de tránsito inducido y generado fueron de 4% y 6% respectivamente. Con estos valores se obtuvo el tránsito Potencial el cual resultó ser de **53,354** vehículos.

6. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Resumen

Los análisis económicos son básicos en los proyectos de infraestructura vial, ya que en todos los países los recursos disponibles para inversión en esta materia son limitados, de tal forma que se debe buscar que los beneficios que genere la obra en proyecto a la sociedad sean los mayores posibles. Básicamente, los análisis económicos de proyectos de obras viales evalúan los beneficios y los costos de un proyecto, con objeto de examinar si la aplicación de los recursos se hará con la mayor eficiencia posible; si los beneficios exceden los costos, ambos expresados en medida común, el proyecto es aceptable; si no, deberá ser rechazado.

Así pues en esta evaluación socioeconómica se analizarán los beneficios de proyecto (“ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”) y los costos asociados, midiéndose los resultados en Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN), Relación Benéfico Costo (B/C) y Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).

6.1 Modelo Beneficio - Costo

6.1.2 Criterios de evaluación

Son las premisas que se tomaron en cuenta para realizar la presente evaluación socioeconómica.

6.1.2.1 Criterio sin proyecto y con proyecto

Se comparará la alternativa de invertir en la construcción de la obra en proyecto contra la alternativa no hacer nada, es decir, dejar la vialidad “sin proyecto”, como se encuentra actualmente, dicha comparación se hará para un horizonte de planeación de 30 años; esto es que se realizará la comparación de los costos y beneficios que habría en la nueva situación con la ejecución del proyecto, versus los costos y beneficios que habría si éste no se realizará, para el horizonte de planeación establecido.

6.1.2.2 Valor del dinero en el tiempo

En Ingeniería Económica el dinero es la base de comparación y que éste tiene un valor en el tiempo; dado que cualquier cantidad de dinero durante un cierto periodo de tiempo cambia, cuando ha sido invertido en alguna actividad productiva.

6.1.2.3 Beneficios

Se consideran para el presente proyecto como beneficios; los ahorros en los costos de operación vehicular, de mantenimiento, de operación y los ahorros en tiempos de recorrido que genere la obra en proyecto contra la ruta actual “sin proyecto”.

6.1.2.4 Costos

Se considerarán como costos:

- Costos de construcción, que implican la realización de la nueva obra en proyecto.
- Costos de conservación de la nueva obra en el horizonte de planeación; son aquellos que abarcan las inversiones para mantener el camino en buenas condiciones, así como de conservar la calidad de servicio al usuario, enfrentando el probable crecimiento en la demanda.
- Costos de conservación de la vialidad actual.
- Costos de operación vehicular (COV), que se producen cotidianamente por la circulación de los vehículos por el camino en proyecto.
- COV que se producen cotidianamente por la circulación de los vehículos por el camino actual o existente.

Los costos de operación de los vehículos (COV) implican una atención especial debido a que estos superan a los otros dos, ocurren rutinariamente por el paso del tráfico de vehículos a lo largo de la carretera y tienen que ser pagados por los usuarios. Algunos de los principales costos de operación son:

- Combustible.
- Lubricantes.
- Llantas.
- Reparación y refacciones.
- Operador.
- Depreciación y reposición de vehículos.
- Intereses.
- Seguros.
- Tiempo de traslado de las mercancías.

La influencia de las condiciones del camino en los costos de operación de los vehículos es significativa, como se puede observar en la Figura 6.1. En condiciones óptimas de circulación, que se asocian con una carretera o vialidad pavimentada bien conservada, recta, en terreno plano y sin problemas de tránsito, el costo de operación es mínimo. La presencia de baches o deficiencias en la superficie, de pendiente o grados de curvatura, así como la de otros vehículos, afecta las condiciones de operación y por lo tanto, los costos correspondientes. Más adelante se profundizará en el método de cálculo de COV.

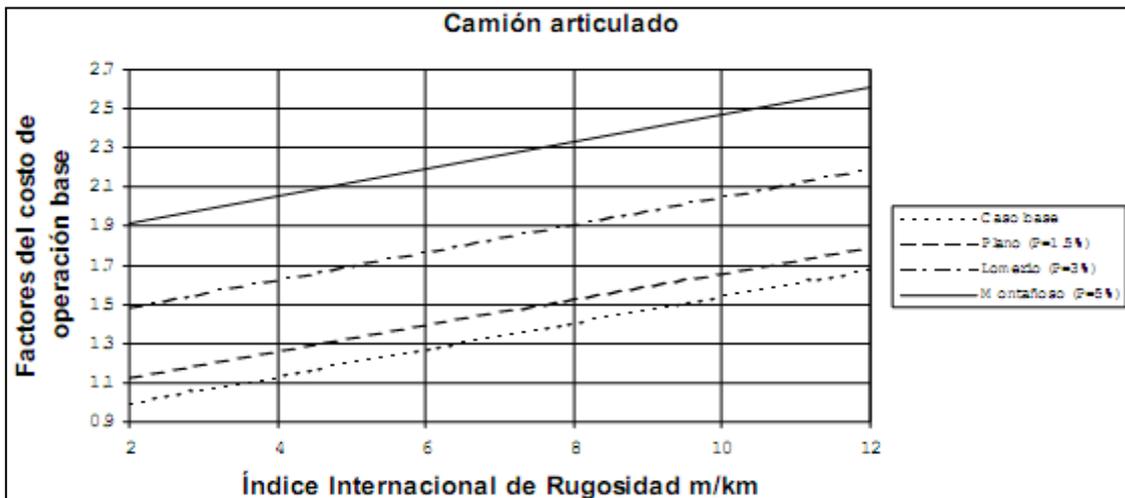


Figura 6.1. Influencia del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en los costos de operación de un vehículo articulado

6.2 Definiciones para la evaluación

6.2.1 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es un indicador de rentabilidad en la evaluación de proyectos, que se define como la tasa que hace que el valor de las entradas netas de efectivo (flujo de ahorros) igual al valor presente de las inversiones netas (flujo de egresos) en el periodo de proyecto. En otras palabras, es la tasa de descuento que hace que el valor presente de los beneficios netos esperados durante la vida útil del proyecto sea igual a cero.

El valor de la TIR se calcula con la expresión:

$$B_{VPN} = \sum \frac{(A_N - E_N)}{(1+i)^n}$$

La Condición es que $i = \text{TIR}$ para $B_{VPN} = 0$; es decir:

$$\text{Lim } i = \text{TIR}$$

Donde:

$$B_{VPN} \rightarrow 0$$

A_N = Ahorros netos

B_{VPN} = Valor presente de los beneficios netos

E_N = Egresos netos

i = Tasa neta de descuentos

n = Periodo de vida útil del proyecto incluyendo el tiempo que requiere la inversión inicial para ser ejecutada.

6.2.2 Tasa de Rentabilidad Inmediata. (TRI)

La TRI cuantifica la rentabilidad de la inversión neta inicial, E_{iVPN} , expresada en valor presente, en el primer año de vida útil del camino. Se calcula con la siguiente expresión:

$$TRI = \frac{B_{VP1}}{\sum_{n=0}^{n=k} E_{iVPN}}$$

Donde:

B_{VP1} = Valor presente de los beneficios netos en el primer año de la vida útil de la carretera.

E_{iVPN} = Valor presente de la inversión inicial neta.

K = Año en que se concluye la inversión inicial en la alternativa “con proyecto”

6.2.3 Relación Beneficio – Costo (RBC)

Es otro criterio principal de la evaluación de proyectos, que tiene la ventaja de su fácil comprensión y cálculo. Permite saber si los beneficios netos descontados que genera el proyecto son superiores, iguales o menores a los costos netos descontados (egresos netos). Si los costos son mayores a los beneficios del proyecto, habrá que rechazarlo porque producirá pérdidas. Si el enfoque del valor presente neto compara beneficios y costos actualizados mediante una suma (B-C), la relación beneficio/costo los compara mediante un coeficiente (B/C).

La ecuación para obtener la RBC, también conocida como coeficiente beneficio/costo, es la siguiente:

$$RBC = \frac{\sum_{n=0}^n B_{VPN}}{\sum_{n=0}^n E_{VPN}}$$

Donde:

B_{VPN} = Valor presente de los beneficios netos durante la vida útil del proyecto.

E_{VPN} = Valor presente de los egresos netos (costos netos) del proyecto, desde el inicio de la inversión hasta el término de su vida útil

RBC = Relación beneficio costo.

6.2.4 Valor Presente Neto (VPN)

Consiste en sumar todos los ingresos y todos los egresos del periodo considerado y puesto que el valor del dinero en el tiempo no es constante, para poder efectuar esas sumas es necesario calcular el valor equivalente de los ingresos y egresos anuales refiriéndolos a un mismo año seleccionado como año base; utilizándose para tal efecto la tasa de descuento del 12 %, que es el índice utilizado por el Banco Mundial para éste tipo de proyectos de infraestructura para países como México. En resumen se calcula el valor presente tanto de los ingresos anuales como de los egresos anuales y se confrontan tomando en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

Para este caso, el año base será el año en que se efectúa la inversión inicial, al valor equivalente se le conoce como valor presente y corresponde a la suposición de que todos los egresos (inversiones y costos de conservación) e ingresos esperados (ahorros a los usuarios del camino en costos de operación y recorrido) durante el horizonte de planeación, suceden en un año, en el año base o “cero”.

El VPN se calcula con la siguiente expresión:

$$B_{VPN} = A_{VPN} - E_{VPN}$$

Donde:

B_{VPN} = Valor presente de los beneficios del proyecto.

A_{VPN} = Valor presente de los ingresos netos o ahorros netos que genera el proyecto.

E_{VPN} = Valor presente de los egresos netos que requiere el proyecto

6.2.5 Año óptimo de puesta en operación

Todo proyecto cuya TIR sea superior al costo de oportunidad del capital que en éste caso se tomó del 12%, puede por definición ser iniciado; sin embargo, esta afirmación no es válida en forma general, ya que está sujeta a ciertas excepciones muy particulares, esto es que cabe la duda de que resulte más conveniente posponer la inversión, si el índice de beneficios en el primer año (IBPA) es inferior a la tasa de descuento. Considerando que para el proyecto en análisis la evolución de los beneficios es independiente del momento de iniciación del proyecto, podría afirmarse que el año óptimo de puesta en operación del proyecto, es aquél en el cual el índice de beneficios en el primer año (IBPA) es mayor que la Tasa de descuento.

La fórmula para obtener el Índice de Beneficios en el primer año es:

$$\sum_{n=1}^n \frac{In}{(1 + in)} = Iact$$

Donde:

In = Inversión

in= Tasa de actualización

n= Año

Iact=Inversión actualizada al año n

Quedando finalmente:

$$\frac{B_n}{Iact} > i$$

Donde:

B= Beneficios en el año n

6.3 Modelos de Evaluación

Se considera el valor del IRI constante. Este escenario se evalúa considerando el proyecto de forma integral o global. En este escenario, en lo que respecta a la conservación y mantenimiento, se consideraron los preceptos vertidos en el Programa de Inversión del Proyecto Ejecutivo “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”, el cual considera un IRI constante a lo largo del desarrollo del proyecto.

6.4 Costos de Operación Vehicular

Se define como el costo por kilómetro de un vehículo que transita por una carretera.

En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) cuenta con el modelo VOCMEX para estimar las relaciones entre costos de operación vehicular y características de las carreteras, incluida la rugosidad.

En el modelo VOCMEX se calcularon los costos de operación vehicular para seis tipos de vehículo: automóvil, autobús, camión de dos ejes, camión articulado (T3-S2), camión articulado (T3-S3) y camión doblemente articulado (T3-S2-R4), por lo que fue alimentado con información de las características de la vialidad en situación “Con Proyecto” y de la vialidad en situación “Sin Proyecto”, además de las características de los vehículos representativos del parque vehicular, las características de los neumáticos, datos de la utilización de vehículos y costos unitarios (actualizados a febrero de 2008) sobre el precio del vehículo, costo de combustible y lubricantes, costo de llanta nueva, tiempo de los operarios, tiempo de los pasajeros, mano de obra de mantenimiento, retención de la carga, tasa de interés real y costos indirectos por vehículo kilómetro (Ver anexo C.5).

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Evaluación del proyecto

Los costos de operación vehicular por cada 1000 veh/km, obtenidos mediante el VOCMEX para cada tipo de vehículo representativo del parque vehicular, habiendo variado el IRI se muestran en la tabla 25 (corridos efectuados para cada tipo de vehículo).

Cuadro 6.1. Costos de Operación Vehicular por 1000 Vehículos – Km (terreno plano) (Pesos)*

IRI	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
2.0	3,060.80	9,494.90	5,612.50	7,908.60	11,649.90	13,160.10	16,865.50
2.1	3,068.60	9,519.40	5,653.40	7,950.60	11,708.90	13,222.90	16,941.20
2.2	3,076.60	9,544.10	5,694.10	7,992.50	11,767.80	13,285.70	17,016.90
2.3	3,084.60	9,568.90	5,734.60	8,034.30	11,826.70	13,348.40	17,092.50
2.4	3,092.80	9,593.90	5,774.90	8,076.20	11,885.50	13,411.10	17,168.10
2.5	3,101.00	9,619.20	5,815.10	8,118.00	11,944.30	13,473.80	17,243.70
2.6	3,109.40	9,644.60	5,855.10	8,159.70	12,003.00	13,536.50	17,319.30
2.7	3,117.90	9,670.20	5,895.00	8,201.40	12,061.70	13,599.10	17,394.90
2.8	3,126.60	9,696.10	5,934.70	8,243.10	12,120.40	13,661.70	17,470.50
2.9	3,135.30	9,722.10	5,974.30	8,284.70	12,179.00	13,724.30	17,546.10
3.0	3,144.20	9,748.40	6,013.80	8,326.30	12,237.60	13,786.90	17,621.70
3.1	3,153.20	9,774.90	6,053.10	8,367.90	12,296.20	13,849.50	17,697.40
3.2	3,162.40	9,801.60	6,092.40	8,409.40	12,354.80	13,912.10	17,773.00
3.3	3,171.70	9,828.60	6,131.50	8,451.00	12,413.40	13,974.80	17,848.70
3.4	3,181.10	9,855.80	6,170.40	8,492.50	12,472.00	14,037.40	17,924.40
3.5	3,190.70	9,883.30	6,209.30	8,533.90	12,530.70	14,100.10	18,000.10
3.6	3,200.40	9,911.00	6,248.10	8,575.40	12,589.40	14,162.80	18,075.80
3.7	3,210.30	9,938.90	6,286.70	8,616.80	12,648.20	14,225.60	18,151.70
3.8	3,220.30	9,967.20	6,325.30	8,658.30	12,707.10	14,288.50	18,227.50
3.9	3,230.50	9,995.70	6,363.80	8,699.70	12,766.10	14,351.40	18,303.40
4.0	3,240.90	10,024.50	6,402.20	8,741.10	12,825.30	14,414.40	18,379.40
4.1	3,251.40	10,053.60	6,440.50	8,782.50	12,884.60	14,477.60	18,455.50
4.2	3,262.10	10,082.90	6,478.70	8,823.90	12,944.10	14,540.80	18,531.60
4.3	3,273.00	10,112.60	6,516.90	8,865.20	13,003.70	14,604.20	18,607.80
4.4	3,284.00	10,142.60	6,555.00	8,906.60	13,063.60	14,667.80	18,684.20
4.5	3,295.20	10,172.80	6,593.10	8,948.00	13,123.80	14,731.50	18,760.60
4.6	3,306.60	10,203.40	6,631.10	8,989.40	13,184.20	14,795.40	18,837.10
4.7	3,318.20	10,234.30	6,669.10	9,030.70	13,245.00	14,859.40	18,913.80
4.8	3,330.00	10,265.50	6,707.00	9,072.10	13,306.00	14,923.70	18,990.60
4.9	3,342.00	10,297.10	6,745.00	9,113.50	13,367.40	14,988.30	19,067.50
5.0	3,354.10	10,329.00	6,782.90	9,154.90	13,429.10	15,053.10	19,144.50
5.1	3,366.50	10,361.20	6,820.80	9,196.30	13,491.30	15,118.10	19,221.70
5.2	3,379.10	10,393.80	6,858.70	9,237.70	13,553.80	15,183.40	19,299.10
5.3	3,391.90	10,426.70	6,896.70	9,279.20	13,616.70	15,249.00	19,376.70
5.4	3,404.90	10,459.90	6,934.60	9,320.60	13,680.10	15,314.90	19,454.40

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Evaluación del proyecto

IRI	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
5.5	3,418.20	10,493.60	6,972.60	9,362.10	13,743.90	15,381.20	19,532.30
5.6	3,431.70	10,527.60	7,010.60	9,403.60	13,808.20	15,447.70	19,610.40
5.7	3,445.40	10,561.90	7,048.70	9,445.10	13,873.00	15,514.60	19,688.70
5.8	3,459.30	10,596.60	7,086.80	9,486.60	13,938.20	15,581.90	19,767.20
5.9	3,473.50	10,631.70	7,125.00	9,528.20	14,003.90	15,649.50	19,845.90
6.0	3,487.90	10,667.20	7,163.20	9,569.80	14,070.10	15,717.50	19,924.90
6.1	3,502.60	10,703.10	7,201.50	9,611.40	14,136.80	15,785.90	20,004.10
6.2	3,517.50	10,739.30	7,239.90	9,653.10	14,204.00	15,854.60	20,083.50
6.3	3,532.70	10,775.90	7,278.40	9,694.80	14,271.70	15,923.80	20,163.20
6.4	3,548.10	10,813.00	7,317.00	9,736.50	14,339.90	15,993.30	20,243.20
6.5	3,563.90	10,850.40	7,355.70	9,778.30	14,408.60	16,063.30	20,323.40
6.6	3,579.80	10,888.20	7,394.50	9,820.20	14,477.80	16,133.60	20,403.80
6.7	3,596.10	10,926.40	7,433.50	9,862.10	14,547.50	16,204.40	20,484.60
6.8	3,612.70	10,965.00	7,472.60	9,904.00	14,617.60	16,275.50	20,565.60
6.9	3,629.50	11,004.00	7,511.80	9,946.00	14,688.30	16,347.10	20,646.90
7.0	3,646.60	11,043.40	7,551.10	9,988.00	14,759.40	16,419.10	20,728.40

- **Nota:** A: Automóvil Ligero, B: Autobús Suburbano o Foráneo, C2: Camión Unitario de 2 ejes, T3S2: Tractocamión de 3 ejes y Semi-remolque de 2 ejes, T3S3: Tractocamión de 3 ejes y Semi-remolque de 3 ejes, T3S2R4: Tractocamión de 3 ejes – Semi-remolque de 2 ejes – Remolque de 4 ejes.

6.5 Costos de construcción y conservación

En base a los proyectos ejecutivos de la obra en proyecto se determinaron los siguientes costos de construcción, supervisión y liberación de derecho de vía para cada tipo de obra. En el Cuadro 6.2, se presentan los costos para cada proyecto ejecutivo.

Cuadro 6.2. Costos del proyecto Distribuidor Vial de Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca (Sin IVA)

PROYECTO	COSTO SIN IVA (NO Incluye Supervisión de Obra)
Inversión inicial	\$199,992,313.83
Activos requeridos para administración	\$ 0.00
SUBTOTAL	\$199,992,313.83

También de acuerdo al programa de Conservación y Mantenimiento proporcionado por la Dependencia correspondiente, se determinaron los siguientes costos de conservación por Km. (Cuadro 6.3).

Cuadro 6.3. Costos sin IVA (por Km) de conservación rutinaria, periódica y reconstrucción del proyecto.

COSTOS CONSERVACIÓN POR KM. (SIN IVA)		
RUTINARIA	PERIÓDICA	RECONSTRUCCIÓN
\$203,773.51	\$1,509,777.49	\$10,050,676.40

Consolidando los datos anteriores, el costo base para el proyecto “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA” se muestra en el Cuadro 6.4.:

Cuadro 6.4.Costo base del proyecto (consolidado).

PARTIDA	SUBTOTAL	IVA	TOTAL (INCLUYE IVA)
Inversión Inicial	\$199,992,313.83	\$29,998,847.07	\$229,991,160.90
Derecho de Vía	0	0	0
Operación	0	0	0
Mantenimiento	\$ 10,048,004.45	\$1,507,200.67	\$11,555,205.12
Conservación	\$20,101,352.80	\$3,015,202.92	\$23,116,555.72
Total Costo Base	\$230,141,671.08	\$34,521,250.66	\$264,662,921.74

6.6 DATOS TÉCNICOS DEL PROYECTO “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN EL ENTRONQUE DEL PERIFÉRICO (CALLE 7) Y AV. BORDO DE XOCHIACA”

La Dependencia proporcionó los siguientes datos técnicos de los distintos proyectos (Cuadro 6.5).

Cuadro 6.5. Datos técnicos del proyecto “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”

CONCEPTO	VALOR
Longitud del tramo	1.0 Km.
No. de cuerpos	2
No. de carriles por cuerpo	3
Sección tipo	10.5 m.
Ancho faja separadora central	Cuerpos independientes.
Ancho de carriles	3.5 m.
Ancho de acotamientos	.50 m.
Tipo de terreno donde se aloja la obra	Plano
Velocidad de proyecto	60 Km/h

6.7 VARIABLES ECONÓMICAS

En las principales instituciones financieras, bursátiles y bancos del país, así como en la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, se investigó la fluctuación de las variables económicas necesarias para los análisis económicos.

6.7.1 Tasa de Actualización o Descuento

Conforme a lo acordado con la Dependencia, la Tasa de Descuento o de Actualización del 12% (que es la autorizada por la SHCP para este tipo de proyectos).

6.7.2 Salarios Mínimos Generales Vigentes

En la página Web de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos se consultó el Salario Mínimo General Vigente en la zona donde se localizan los proyectos (Zona A), así como el de un chofer de auto transporte (Cuadro 6.6).

Cuadro 6.6. SMGV (Enero del 2008).

CONCEPTO	SALARIO (\$)
Salario Mínimo	54.80
Salario de un chofer	81.73

6.8 DATOS DEL TRÁNSITO

Con base a los resultados del proceso de información de los estudios de demanda del tránsito se obtuvieron los siguientes parámetros de análisis para el proyecto (Cuadro 6.7).

6.8.1 Parámetros para análisis correspondientes al proyecto “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN EL ENTRONQUE DEL PERIFÉRICO (CALLE 7) Y AV. XOCHIACA”

Cuadro 6.7. Datos del Tránsito Proyecto “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”

CONCEPTO		VALOR
Tránsito Asignado	ESCENARIO BASE	53,354
Clasificación vehicular en %	Automóviles	74.00
	Autobuses	17.00
	Camiones de dos ejes	5.03
	Camión articulado (T3 S2)	2.57
	Camión articulado (T3 S3)	1.00
	Camión doblemente articulado (T3 S2 R4)	0.40
Índice de ocupación por tipo de vehículo	A	2
	B	16
	C	1
Tiempo de recorrido por la ruta actual		14 min 30 seg.
Tasa de crecimiento del Tránsito	2010 – 2014	3.97%
	2015 – 2024	3.00%
	2025 – 2039	2.50%

* **Nota:** A: Automóvil Ligero, B: Autobús Suburbano o Foráneo, C: Agrupación de Camiones: C2: Camión Unitario de 2 ejes, T3S2: Tractocamión de 3 ejes y Semi-remolque de 2 ejes, T3S3: Tractocamión de 3 ejes y Semi-remolque de 3 ejes, T3S2R4: Tractocamión de 3 ejes – Semi-remolque de 2 ejes – Remolque de 4 ejes.

6.9 Diseño del modelo de cálculo de Costo – Beneficio (para todas las proyecciones del proyecto)

Se programaron en hoja de cálculo los modelos matemáticos para efectuar la evaluación económica base y determinar los indicadores económicos solicitados, en donde se vinculan varias hojas de cálculo según el tipo de escenario de evaluación:

Escenario de Evaluación Socioeconómica: Vinculación de 3 Hojas de Cálculo.

Lo anterior, se realizó para el proyecto analizado y que se listan a continuación:

6.9.1 Escenario de evaluación socioeconómica

Costos Generalizados de Viaje (CGV) situación “Sin Proyecto” y CGV situación “Con Proyecto”. Es aquí donde se alimentan a las Hojas de Cálculo con los parámetros de los costos de operación vehicular, de acuerdo al valor constante del IRI del pavimento (2.0 m/Km) y de la velocidad en la situación “Sin Proyecto” y la de “Con Proyecto”; lo anterior, se hizo para dichos valores calculados de COV por Km para cada tipo de vehículo, valor del IRI y valor de la velocidad (horas de máxima, demanda media y mínima demanda), así como para cada movimiento en la intersección (los movimientos beneficiados con el proyecto).

$$CGV_{2009} = (TDPS_{2009})(\%_{i2009})(COV_{TipoVeh/km})(d)(365)$$

Donde:

CGV_{2009} = Costo Generalizado de Viaje en el año 2009.

$TDPS_{2009}$ = Tránsito Diario Promedio Semanal en el año 2009.

$\%_{i2009}$ = Porcentaje de Composición Vehicular del vehículo i en la vía año 2009.

$COV_{TipoVehik/Km}$ = Costo de Operación Vehicular del tipo de vehículo por Km para 2009.

d = Longitud de la vía.

Proyección de la demanda y beneficios por los ahorros en Costos Generalizados de Viaje. Esta Hoja, vincula los CGV de la situación “Sin Proyecto”, los CGV de la situación “Con Proyecto”, y crecimiento anual de la demanda; para obtener el ahorro anual (Beneficios) en CGV para cada año de análisis en el horizonte de evaluación (Ver anexo C.6). Se calcula el Valor Actual del Flujo Neto, restando a los beneficios los costos totales (Costos en Conservación: Rutinaria, Periódica y Reconstrucción); y se calculan los indicadores financieros siguientes:

VPN = Suma de B + C

TIR = Valor obtenido del cálculo de la TIR de la Tabla “TASA INTERNA DE RETORNO”

TRI = Valor obtenido en el año dos (primer año de operación del proyecto).

6.9.2 Evaluación Económica Base

Con los datos del tránsito asignado para el escenario de evaluación de 48,504 veh/día con el 70% de los vehículos beneficiados en congruencia con el aforo direccional, es decir 33,953 veh/día, y una inversión en la construcción de \$ 199, 992,313.83 (sin IVA), se procedió a efectuar la evaluación económica base. En el Cuadro 6.8 se presenta el resumen de indicadores económicos y en el Cuadro 6.9 se presenta el momento óptimo de inversión (tasa de rentabilidad inmediata vs tasa de descuento).

Cuadro 6.8. Análisis Costo – Beneficio Escenario de Evaluación Socioeconómica. Proyecto “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”.

BENEFICIOS TOTALES (Valor Presente)		\$ 398,447,139.92		
- Valor Presente de Costos (VPC)		\$ 207,309,445.33		
COSTOS	Costo de Inversión	\$ 199,992,313.83	CRITERIO DE DECISIÓN= TRI >= r Tasa Interna de Rendimiento (TIR) = 21.9466% > 12% Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)= 18.65% B/C = 7.65 VAN= \$ 191,137,694.6	
	Conservación Rutinaria	\$ 789,346.83		
	Conservación Periódica	\$ 1,914,344.03		
	Reconstrucción	\$ 4,613,440.63		
	Activos para Administración	\$ 2,290,535.71		
	Cons. Edif. Admvo.	\$ 223,990.38		
	Valor Actual del Flujo Neto = VAN =	\$ 191,137,694.60		

Cuadro 6.9. Momento óptimo de inversión (tasa de rentabilidad inmediata vs tasa de descuento)

AÑO	BENEFICIOS	BENEFICIOS NETOS	INVERSIÓN (I)	TASA DE DESCUENTO (r)	I x r	TRI	TIR
0	0.00	0.00	199,992,313.83				
1	37,290,676.62	37,290,676.62	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.1865	
2	38,771,116.48	38,771,116.48	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.1939	
3	40,310,329.81	40,310,329.81	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2016	
4	41,910,649.90	41,910,649.90	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2096	0.226900
5	43,574,502.70	43,574,502.70	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2179	0.226900
6	45,304,410.46	45,304,410.46	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2265	0.086821

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Evaluación del proyecto

AÑO	BENEFICIOS	BENEFICIOS NETOS	INVERSIÓN (I)	TASA DE DESCUENTO (r)	$I \times r$	TRI	TIR
7	47,102,995.55	47,102,995.55	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2355	0.000100
8	48,972,984.48	48,972,984.48	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2449	0.059403
9	50,917,211.96	50,917,211.96	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2546	0.100429
10	52,444,728.32	52,444,728.32	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2622	0.129418
11	54,018,070.17	54,018,070.17	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2701	0.175219
12	55,638,612.27	55,638,612.27	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2782	0.184496
13	57,307,770.64	57,307,770.64	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2865	0.191698
14	59,027,003.76	59,027,003.76	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.2951	0.197315
15	60,797,813.87	60,797,813.87	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3040	0.201665
16	62,621,748.29	62,621,748.29	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3131	0.205213
17	64,500,400.74	64,500,400.74	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3225	0.208071
18	66,435,412.76	66,435,412.76	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3322	0.210373
19	68,428,475.14	68,428,475.14	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3422	0.212249
20	70,481,329.40	70,481,329.40	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3524	0.213529
21	71,890,955.99	71,890,955.99	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3595	0.214779
22	73,328,775.11	73,328,775.11	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3667	0.215795
23	74,795,350.61	74,795,350.61	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3740	0.216628
24	76,291,257.62	76,291,257.62	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3815	0.217309
25	77,817,082.77	77,817,082.77	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3891	0.217860
26	79,373,424.43	79,373,424.43	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.3969	0.218321
27	80,960,892.92	80,960,892.92	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.4048	0.218703
28	82,580,110.78	82,580,110.78	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.4129	0.219018
29	84,231,712.99	84,231,712.99	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.4212	0.219279
30	85,916,347.25	85,916,347.25	199,992,313.83	0.12	23,999,077.66	0.4296	0.219466

Nota: I = Inversión Inicial
r = Tasa de Descuento
VAN = Valor Actual del Flujo Neto
VPC = Valor Presente de Costos
TIR = Tasa Interna de Retorno
TRI = Tasa de Rentabilidad Inmediata

6.10 Análisis de Sensibilidad

Los análisis de sensibilidad son con el objeto de observar el comportamiento de los indicadores económicos ante cambios que puedan sufrir los elementos considerados en el proyecto, como; inversión, tasa de actualización, costos de mantenimiento, tránsito y política de conservación.

El análisis de sensibilidad es una técnica simple de escenificar los efectos de los cambios adversos sobre un proyecto. Supone cambiar el valor o valores de una o más variables seleccionadas y calcular el cambio en el resultado de los indicadores económicos. Los resultados del cambio en cualquier variable seleccionada pueden ser determinados usando un post-avalúo y por otro lado realizar la comparación con estudios de proyectos similares. Los cambios en las variables deben ser escenificados uno a la vez para identificar las variables “llave” o “clave”. El análisis de sensibilidad debe ser dirigido a proyectar los parámetros que son numéricamente grandes o para los que se piense existe incertidumbre considerable.

Los resultados del análisis de sensibilidad pueden ser resumidos en un indicador de sensibilidad y en un parámetro de canje. Un indicador de sensibilidad compara el cambio de porcentaje en una variable con el cambio en el comportamiento de los otros indicadores o variables de la evaluación del proyecto, por ejemplo, el VPN o B/C.

Por ejemplo, un canje de valores permite identificar los cambios en porcentaje en variables para que el VPN se acerque a cero, o el caso en que la TIR corte la tasa de referencia (tasa de actualización), etc. Esto permite escenificar cambios en los escenarios para la toma de decisiones.

6.10.1 Integración de Resultados “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”

En el Cuadro 6.10, se muestran los resultados resumen de los análisis de sensibilidad efectuados para cada proyecto o alternativa, donde se obtienen los valores correspondientes para el VPN, TIR y B/C.

Cuadro 6.10. Análisis de Sensibilidad de Evaluación Socioeconómica. Proyecto “ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA”.

SENSIBILIDAD	VPN	B/C	TIR	TRI
AL 40% TDPS	-\$ 47,935,972.91	3.06	9.12%	7.46%
AL 45% TDPS	-\$ 28,007,376.05	3.44	10.35%	8.39%
AL 50% TDPS	-\$ 8,079,748.08	3.82	11.53%	9.32%
AL 60% TDPS	\$ 31,764,222.19	4.59	13.77%	11.19%
AL 65% TDPS	\$ 51,692,112.90	4.97	14.85%	12.12%
AL 70% TDPS	\$ 71,594,235.38	5.35	15.90%	13.05%
AL 75% TDPS	\$ 91,509,608.78	5.73	16.94%	13.98%
AL 80% TDPS	\$ 111,457,217.05	6.12	17.96%	14.92%
AL 85% TDPS	\$ 131,359,339.53	6.50	18.97%	15.85%
AL 90% TDPS	\$ 151,274,712.93	6.88	19.97%	16.78%
AL 102% INVERSIÓN	\$ 187,137,848.32	7.52	21.57%	18.28%
AL 107% INVERSIÓN	\$ 177,138,232.63	7.23	20.68%	17.43%
AL 111% INVERSIÓN	\$ 169,138,540.08	7.01	20.02%	16.80%
AL 116% INVERSIÓN	\$ 159,138,924.39	6.76	19.26%	16.07%
AL 120% INVERSIÓN	\$ 151,139,231.83	6.56	18.69%	15.54%
TASA DE ACTUALIZACIÓN 7%	\$ 452,330,533.65	7.65	21.95%	18.65%
TASA DE ACTUALIZACIÓN 8%	\$ 381,490,260.72	7.65	21.95%	18.65%
TASA DE ACTUALIZACIÓN 9%	\$ 321,835,886.97	7.65	21.95%	18.65%
TASA DE ACTUALIZACIÓN 10%	\$ 271,275,346.92	7.65	21.95%	18.65%
TASA DE ACTUALIZACIÓN 11%	\$ 228,149,891.41	7.65	21.95%	18.65%
TASA DE ACTUALIZACIÓN 12%	\$ 191,137,694.60	7.65	21.95%	18.65%
AL 102% COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 190,991,351.97	7.62	21.94%	18.65%
AL 107% COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 190,625,495.39	7.55	21.93%	18.65%
AL 111% COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 190,332,810.13	7.50	21.92%	18.65%
AL 116% COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 189,966,953.56	7.44	21.90%	18.65%

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Evaluación del proyecto

SENSIBILIDAD	VPN	B/C	TIR	TRI
AL 120% COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 189,674,268.30	7.39	21.89%	18.65%

***Nota:** VPN: Valor presente neto; B/C: Relación Beneficio – Costo; TIR: Tasa Interna de Retorno; TRI: Tasa De Rentabilidad Inmediata

El análisis de sensibilidad muestra que del estudio socioeconómico que se presenta, se obtienen los mejores resultados económicos. En el caso en que baje el tránsito proyectado hasta el 60% se obtienen beneficios y la TIR es superior al 12%; sin embargo, el valor del indicador de la TRI no soporta una variación de este tipo en sus beneficios al primer año de operación del proyecto.

Por otro lado, aunque se incrementen los costos de mantenimiento un 20% la TIR disminuye sólo un 0.06%.y la TRI se mantiene igual. También se puede ver que en caso de que la inversión aumente se obtienen beneficios y la TIR y la TRI se comporta con valores > 12%.

7. CONCLUSIONES

Resumen

La realización de estos estudios donde se mezclan distintas ramas de la Ingeniería Civil, como es Ingeniería de Tránsito, Vías Terrestres, Evaluación de Proyectos, etc. nos sirve para la aplicación de todos los conocimientos adquiridos durante la estancia en la Facultad de Ingeniería y de igual forma coadyuvar al desarrollo de México al aplicar nuestros conocimientos en la vida real; en este caso en particular ha servido para solucionar un nodo vial conflictivo en la Zona Metropolitana del Valle de México que beneficie la movilidad urbana de esta zona, Gracias a la Facultad de Ingeniería y su formación nos ayudó a solventar todas las incógnitas que no representaba le realización de un estudio costo beneficio de tal magnitud, y a su vez formarnos como unos profesionistas que no solo llevan conceptos teóricos y trabajan con situaciones ideales, aquí es donde uno se percata de lo que es analizar un caso real y darle respuesta técnica, pero siempre siendo conscientes de la situación real del proyecto, lo más apegado a nuestra formación como Ingeniero. A continuación mencionamos las conclusiones del Proyecto por campo de conocimiento de Ingeniería.

7.1 Ingeniería de Tránsito

Una vez terminado el anterior análisis y entendidas las políticas de desarrollo que se plantean, se concluye que el problema vial existe en la intersección de Anillo Periférico (Calle 7) y Av. Bordo de Xochiaca y se acrecentará hacia el futuro.

La tasa de crecimiento del tránsito se obtuvo a partir de los datos históricos del tránsito en el periodo 2001-2007 de las carreteras que confluyen y pasan por el municipio de Netzahualcóyotl, publicados por la SCT, que resultó ser del 3.97%.

El estado de superficie es regular, esto genera velocidades de operación bajas, principalmente los tiempos de espera que se tienen en la intersección debido al alto volumen de tránsito que espera cruzar por dicha zona.

Las características geométricas y de trazo actuales (situación “sin proyecto”) son insuficientes para la cantidad y tipo de tránsito que circulan por esta vía, lo que propicia altos costos de operación y exceso en el tiempo de recorrido de los usuarios. Aún y cuando el tramo se desarrolla en terreno plano, no ofrece condiciones de seguridad y de operación adecuados.

La demanda que presenta esta vialidad se intensificará al realizar la modernización de la misma, y al concretarse los proyectos de conjuntos habitacionales en la zona.

7.2 Evaluación Socioeconómica

Analizando los resultados con respecto a los indicadores económicos obtenidos para la evaluación socioeconómica base de la obra en proyecto, indican que el proyecto es viable desde el punto de vista económico, ya que en base a los beneficios cuantificables se presentó:

Una relación Beneficio/Costo (B/C) igual o superior a la unidad ($B/C > 1$), ya que representa la utilidad que se obtendrá por cada peso invertido.

La diferencia Beneficio menos Costo; o Valor Presente Neto es una unidad positiva ($VPN > 0$), que equivale a las ganancias que se obtendrán con el proyecto.

La Tasa Interna de Retorno es superior al costo de oportunidad de capital, ($TIR > 12\%$), esta tasa muestra el rendimiento de la inversión.

La Tasa de Rentabilidad Inmediata (final del primer año de operación de la situación “con Proyecto”) muestra un valor igual o superior a la tasa de actualización o de descuento ($TRI \geq 12\%$).

Cuadro 7.1. Indicadores económicos (Evaluación socioeconómica)
 (Escenario base 30 años, tasa de 12%)

PROYECTO	VPN (MDP)	B/C	TIR	TRI
Escenario Global	191.137	7.65	21.94%	18.65%

Nota: VPN = Valor Presente Neto; B/C = Cociente Beneficio/Costo;
 TIR = Tasa Interna de Retorno; TRI = Tasa De Rentabilidad Inmediata

7.2.1 Recomendaciones

Por lo anterior se puede mencionar que:

Los resultados obtenidos en la evaluación económica, presentan parámetros que sugieren la rentabilidad del proyecto y por tanto su ejecución, la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto (VPN), y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI), así lo demuestran. Es importante destacar que la evaluación económica con los datos de tránsito promedio considerados, establecen la factibilidad de estos proyectos. Desde el punto de vista económico, la modernización y construcción del distribuidor vial en Periférico (Calle 7) y Av. Bordo de Xochiaca; aporta mayores beneficios a los usuarios que los costos de inversión asociados a la construcción y mantenimiento de las obras durante su vida útil, pues los resultados arrojan un Valor Presente Neto positivo y una Tasa Interna de Retorno superior a la Tasa de Descuento, el cual, en comparación con las últimas tendencias de la inflación y las tasas de interés reales, resulta mayor que las tasas del mercado.

De igual forma, la modernización de esta vialidad apoyará el desarrollo del municipio de Nezahualcóyotl, de acuerdo a los planes que se tienen previstos por la Presidencia Municipal, el Cabildo Municipal y el Gobierno Estatal. Adicionalmente la contribución que se tendrá con el mejoramiento del medio ambiente y con la posible reducción del número de accidentes posiciona al proyecto como una obra necesaria, y rentable económicamente.

Por otro lado, la reducción en los CGV anualizado en las 11 horas de máxima demanda de los usuarios, en el momento de la ejecución del proyecto se muestra en el Cuadro 7.2:

Cuadro 7.2. Reducción de los CGV anualizados en las horas de máxima demanda
 (Sin proyecto vs. Con proyecto)

MOVIMIENTO	CGV SIN PROYECTO	CGV CON PROYECTO	% DE REDUCCIÓN DE CGV
------------	------------------	------------------	-----------------------

Av. Chimalhuacán – Carr. Peñón - Texcoco (Sentido 1)	\$33,827,001.15	\$24,209,455.38	28.43%
Carr. Peñón – Texcoco – Av. Chimalhuacán (Sentido 2)	\$29,360,792.15	\$20,851,512.99	28.98%

Y la reducción en los CGV consolidados de todos los movimientos por año se muestran en el Cuadro 7.3:

Cuadro 7.3. Reducción de los CGV anualizados de todos los movimientos
(Sin proyecto vs. Con proyecto)

MOVIMIENTO	CGV SIN PROYECTO	CGV CON PROYECTO	% DE REDUCCIÓN DE CGV
Consolidado de Movimientos	\$123,786,710.33	\$87,919,944.32	28.97%

Fuente: Elaboración Propia.

Así, se concluye que la ejecución del proyecto es necesaria, ya que si no se realizase o se tuviera un retraso mayor en su ejecución los CGV se seguirán incrementando, con la consecuente pérdida de beneficios para la sociedad.

Por lo tanto, el proyecto tiene gran rentabilidad desde cualquier punto de vista y se encuentra en el momento óptimo para su ejecución y puesta en marcha.

7.2.2 Limitaciones del estudio y/o alcances

Referente al escenario integral evaluado, se tienen limitaciones en el sentido de que no se hizo incidir en el modelo las posibles consideraciones siguientes:

- Los costos generados por retrasos en el transporte de los diferentes tipos de mercancías, insumos, productos y materias primas en los vehículos de carga.
- La estimación de los daños al pavimento por las toneladas transportadas de los vehículos de carga, ya que no se midieron dichas magnitudes por medio de pesaje dinámico.

Por otra parte, los indicadores económicos para un proyecto están normalmente calculados usando los valores más probables de los parámetros incluidos en los flujos del costo y del beneficio. Los valores futuros son a menudo difíciles de pronosticar y presentarán, por lo tanto, ciertos comportamientos de incertidumbre acerca de los resultados de las evaluaciones de proyectos.

APÉNDICE A

NIVEL DE SERVICIO “A”

Corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos y velocidades altas. La velocidad depende del deseo de los conductores.

NIVEL DE SERVICIO “B”

Corresponde a la zona de flujo estable, con velocidades de operación que comienzan a restringirse por las condiciones del tránsito. Los conductores tienen la libertad razonable para elegir las velocidades y el carril de operación.

NIVEL DE SERVICIO “C”

Condición de flujo estable, pero las velocidades y posibilidades de maniobra están estrechamente controladas por los altos volúmenes de tránsito.

NIVEL DE SERVICIO “D”

Se aproxima al flujo inestable con velocidades de operación aún satisfactorias, pero afectadas considerablemente por los cambios en las condiciones de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobra con la consecuente pérdida de comodidad.

NIVEL DE SERVICIO “E”

No puede describirse solamente por la velocidad, pero representa la operación a velocidades aún más bajas que el nivel de servicio “D”, con volúmenes de tránsito correspondientes a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de corta duración.

NIVEL DE SERVICIO “F”

Corresponde a circulación forzada, las velocidades son bajas y los volúmenes inferiores a los de la capacidad. Las velocidades se reducen y pueden producirse paradas debidas al congestionamiento.

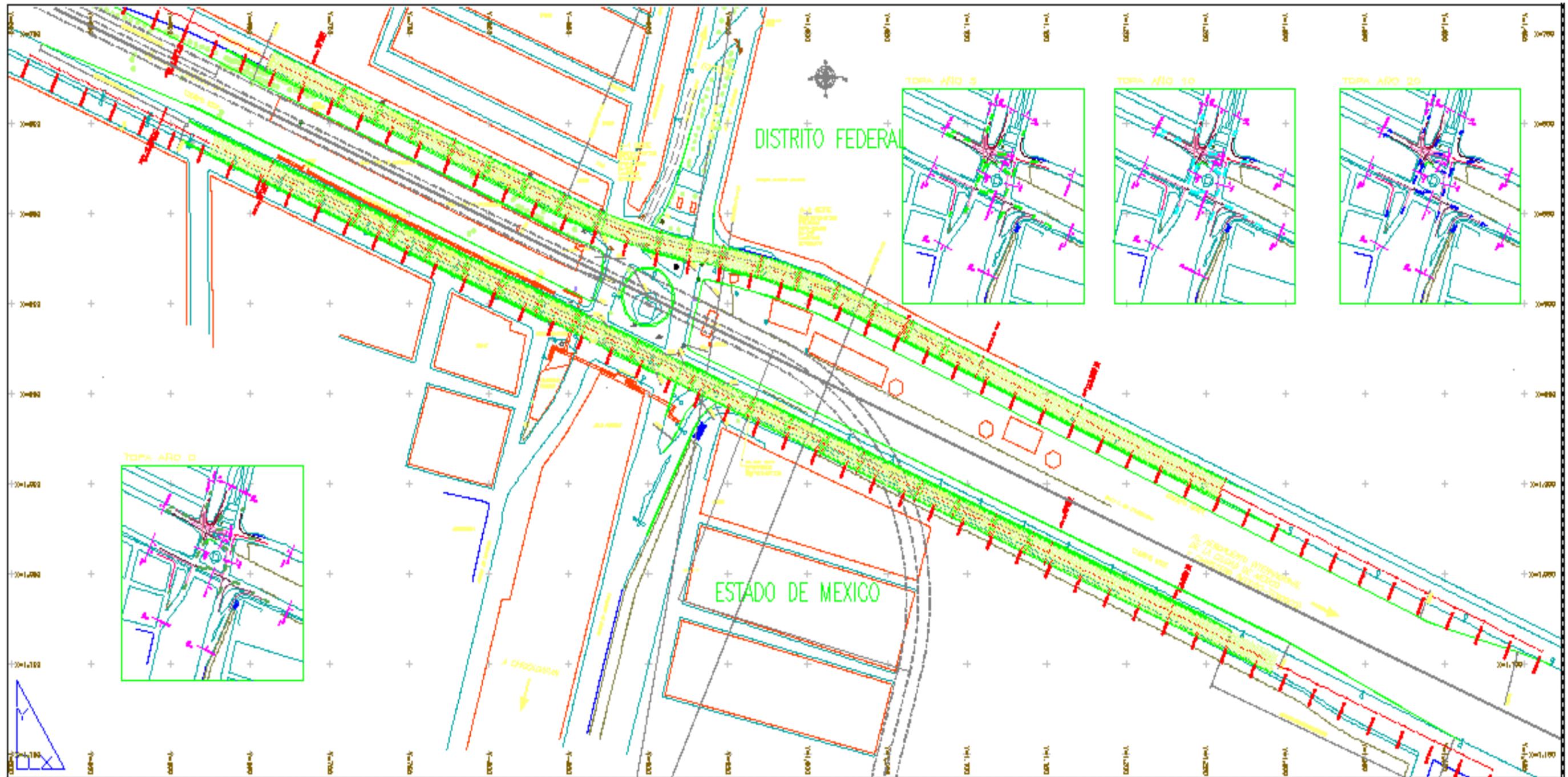
Para determinar el nivel de servicio en el cual se encuentra operando los diferentes tramos se utilizó el criterio para intersecciones con semáforos. Cabe recordar que el nivel de servicio mide la calidad bajo la cual se encuentra operando una vialidad bajo condiciones prevaecientes, en tanto, que la medida cuantitativa que refleja la operación de esa vialidad, es el volumen de servicio, luego entonces, a cada Nivel de Servicio le corresponde un Volumen de Servicio.

ACRÓNIMOS EMPLEADOS

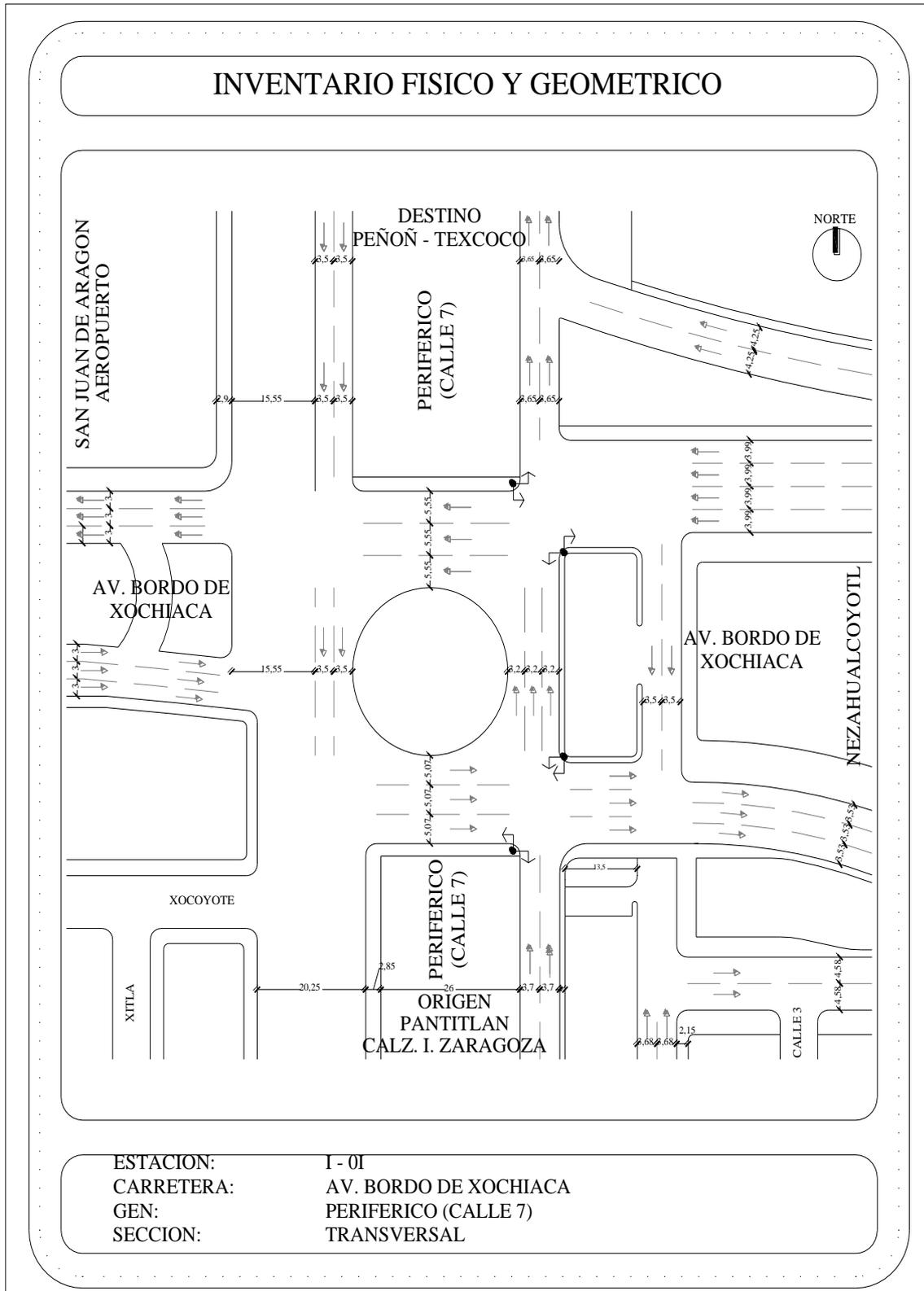
A	Automóvil Ligero
AE y/o AEO	Año en Operación de la vialidad
B	Autobús Suburbano o Foráneo
B/C	Relación Beneficio Costo
C	Agrupación de Camiones: de 2 Ejes hasta 9 ejes
C2	Camión Unitario de 2 Ejes
C3	Camión Unitario de 3 Ejes
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CGV	Costos Generalizados de Viaje
COV	Costos de Operación Vehicular
FFCC	Ferrocarril
IMT	Instituto Mexicano del Transporte
IRI	Índice Internacional de Rugosidad
IVA	Impuesto al Valor Agregado
LFC	Compañía de Luz y Fuerza del Centro
LGEEPA	Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
MDP	Millones de Pesos
NS	Nivel de Servicio
O-D	Origen Destino
PEA	Población Económicamente Activa
RBC	Relación Beneficio Costo
RVCT	Región del Valle Cuautitlán-Texcoco
SC	Sentido de Conteo
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SMGV	Salario Mínimo General Vigente
SNIM	Sistema Nacional de Información Municipal
T3S2	Tractocamión de 3 ejes con Semi-remolque de 2 ejes
T3S2R4	Tractocamión de 3 ejes con Semi-remolque de 2 ejes - Remolque de 4 ejes
T3S3	Tractocamión de 3 ejes con Semi-remolque de 3 ejes
TCMA	Tasa de Crecimiento Media Anual
TDPS	Tránsito Diario Promedio Semanal
TE	Tipo de Estación de Aforo
TIIE	Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio
TIR	Tasa Interna de Retorno
TRI	Tasa de Rentabilidad Inmediata
VOCMEX	Costo de Operación Vehicular (versión México) por sus siglas en inglés.
vphv	Vehículos por hora de tiempo efectivo de luz verde
VPN	Valor Presente Neto
X	Cruce
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

ANEXO A. ESQUEMAS

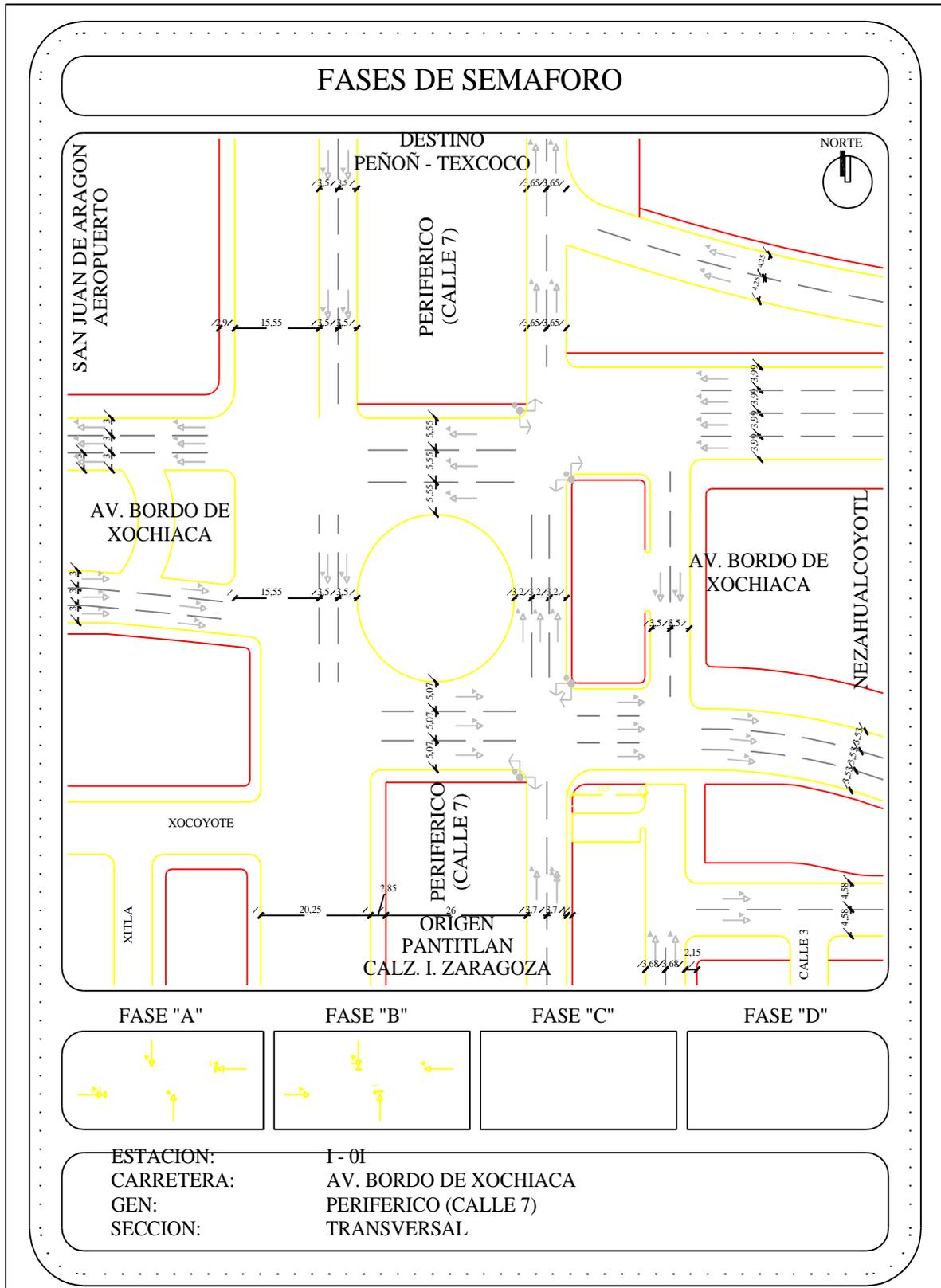
A.1 VISTA EN PLANTA DEL PROYECTO



A.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO



A.3 FASES DE SEMÁFORO EN CRUCE DE LA ZONA DE PROYECTO

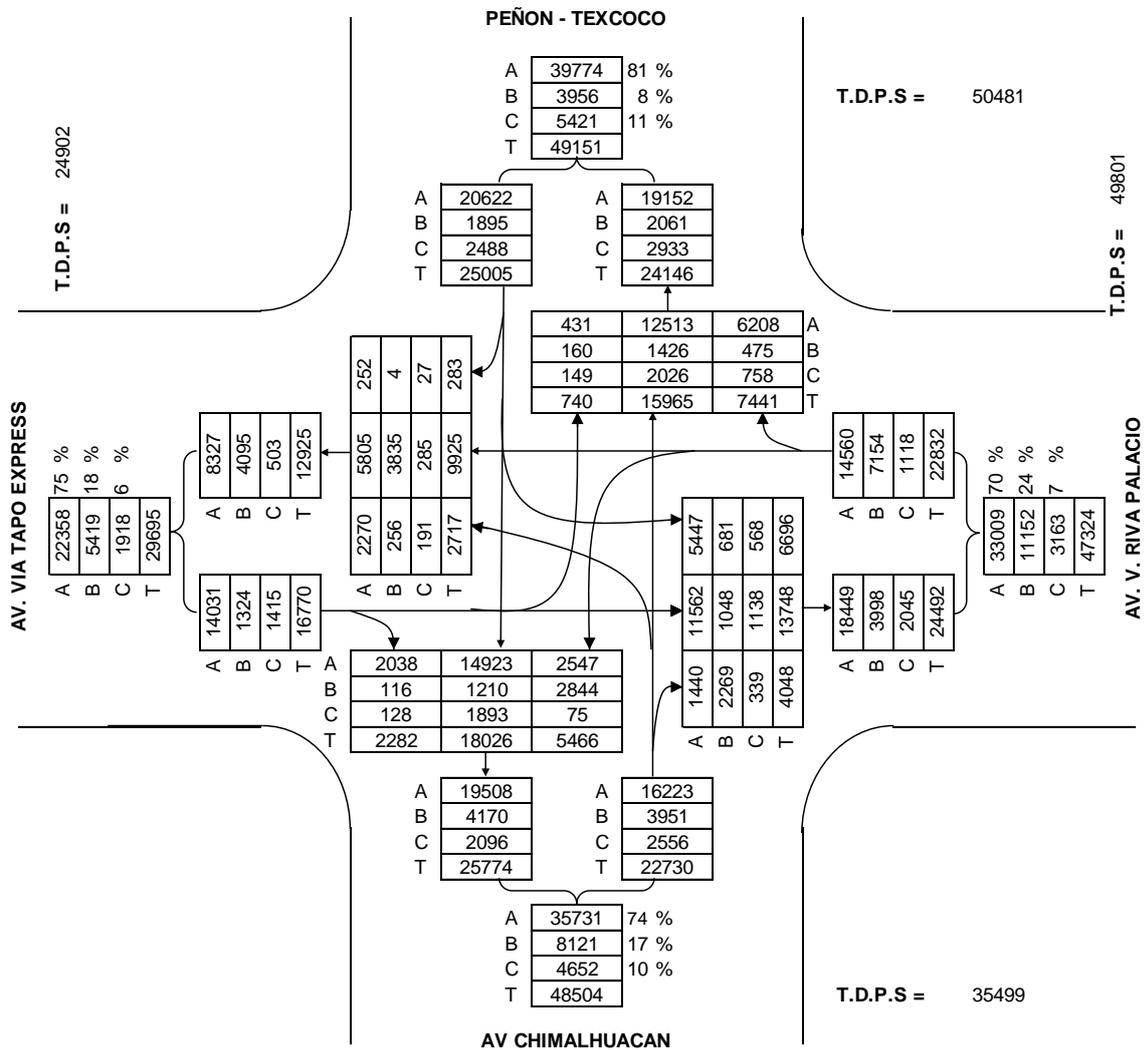


A.4 VOLÚMENES DE TRÁNSITO POR MOVIMIENTOS DIRECCIONALES

VOLÚMENES DE TRÁNSITO POR MOVIMIENTOS DIRECCIONALES

CARRETERA PERIFÉRICO CALLE 7
ESTACIÓN INT-01
ESTADO DEL TIEMPO Despejado
LAPSO DE AFORO Sab (7:00 a 19:00)

TRAMO X. AV. BORDO DE XOCHIACA
FECHA Sab 7/02/2009
ESTADO DEL PAVIMENTO Regular



ANEXO B. REPORTES FOTOGRÁFICOS

B.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS



FOTO B.1.1 Características geométricas



FOTO B.1.2 Características geométricas



FOTO B.1.3 Características geométricas



FOTO B.1.4 Características geométricas



FOTO B.1.5. Características geométricas



FOTO B.1.6 Características geométricas

B.2 TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS



FOTO B.2.1 Tiempos de recorrido y demoras

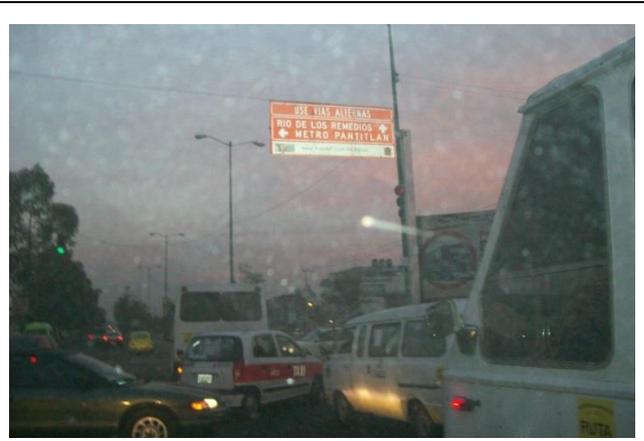


FOTO B.2.2 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.3 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.4 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.5 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.6 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.7 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.8 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.9 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.10 Tiempos de recorrido y demoras

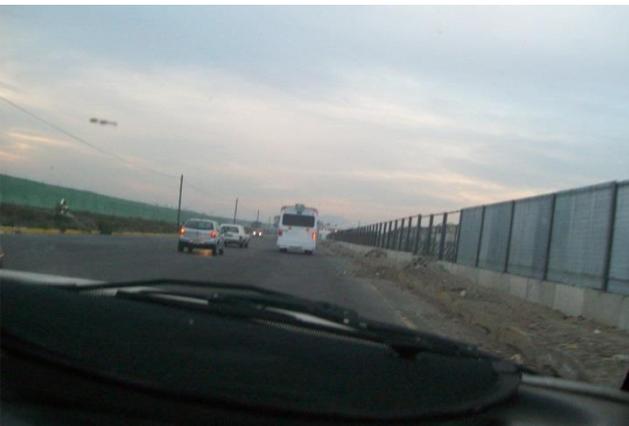


FOTO B.2.11 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.12 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.13 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.14 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.15 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.16 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.17 Tiempos de recorrido y demoras



FOTO B.2.18 Tiempos de recorrido y demoras

B.3 CONTADORES DE DETECCIÓN NEUMÁTICA



FOTO B.3.1 Aforos vehiculares



FOTO B.3.2 Aforos vehiculares



FOTO B.3.3 Aforos vehiculares



FOTO B.3.4 Aforos vehiculares



FOTO B.3.5 Aforos vehiculares



FOTO B.3.6 Aforos vehiculares



FOTO B.3.7 Aforos vehiculares



FOTO B.3.8 Aforos vehiculares



FOTO B.3.9 Aforos vehiculares



FOTO B.3.10 Aforos vehiculares

B.4 AFOROS DIRECCIONALES CON CLASIFICACIÓN DETALLADA



FOTO B.4.1 Aforos direccionales



FOTO B.4.2 Aforos direccionales



FOTO B.4.3 Aforos direccionales



FOTO B.4.4 Aforos direccionales



FOTO B.4.5 Aforos direccionales



FOTO B.4.6 Aforos direccionales

ANEXO C. HOJAS DE CÁLCULO Y CUADROS COMPLEMENTARIOS

C.1 TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS

C.1.1 Automóvil

TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS									
Carretera: AV. CHIMALHUACAN - AV. PEÑON-TEXCOCO						Fecha:			
Tipo de Vehículo: Automóvil						Sentido: 1			
RECORRIDO 1									
Punto de Control	Hora	Odómetro	Tiempo	Distancia	Tiempo Demora	Motivo Demora	Velocidad Parcial Km/h	Velocidad Tramo	
AV. CHIMALHUACAN	09:57:37	0.00							
CALLE SEXTA AVENIDA	10:01:16	0.35	00:03:39	0.35			5.75	17.87	
CALLE CUARTA AVENIDA	10:01:56	0.53	00:00:40	0.18			16.06		
CALLE SEGUNDA AVENIDA	10:03:23	0.70	00:01:26	0.17			7.10		
AV. BORDO DE XOCHIACA	10:04:03	0.96	00:00:40	0.26			23.32	Velocidad Promedio	
CRUCE DE CANAL	10:08:24	2.60	00:04:22	1.64			22.55		
AV. PEÑON - TEXCOCO	10:12:03	4.30	00:03:39	1.70	00:00:50	SEMAFORO	27.99	17.13	
RECORRIDO 2									
						Sentido: 2			
Punto de Control	Hora	Odómetro	Tiempo	Distancia	Tiempo Demora	Motivo Demora	Velocidad Parcial Km/h	Velocidad Tramo	
AV. PEÑON - TEXCOCO	10:12:36	0.0							
CRUCE DE CANAL	10:15:30	1.7	00:02:54	1.70	00:00:30	SEMAFORO	35.20	21.55	
AV. BORDO DE XOCHIACA	10:21:42	3.3	00:06:12	1.64	00:02:29	TRAFICO	15.89		
AV. CHIMALHUACAN	10:24:35	4.3	00:02:53	0.96	00:00:35	TRAFICO	19.99	Velocidad Promedio	
								23.69	
			TOTAL TIEMPO DEMORA	TOTAL TIEMPO	TOTAL TIEMPO MARCHA	VELOCIDAD PROMEDIO			
			RECORRIDO 1	00:00:50	00:14:26	00:13:36	17.13		
			RECORRIDO 2	00:03:35	00:11:58	00:08:24	23.69		
PROM. TOTAL			0:02:13	0:13:12	0:11:00	20.41			

C.1.2 Bus

TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS								
Carretera: AV. CHIMALHUACAN - AV. PEÑON-TEXCOCO						Fecha:		
Tipo de Vehículo: Bus						Sentido: 1		
RECORRIDO 1								
Punto de Control	Hora	Odómetro	Tiempo	Distancia	Tiempo Demora	Motivo Demora	Velocidad Parcial Km/h	Velocidad Tramo
AV. CHIMALHUACAN	10:35:36	0.00	00:01:16	0.35			16.62	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">20.72</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">7.38</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">10.01</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">22.51</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">29.58</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Velocidad Promedio</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">18.57</div>
CALLE SEXTA AVENIDA	10:36:51	0.35	00:00:26	0.18			25.31	
CALLE CUARTA AVENIDA	10:37:17	0.53	00:01:23	0.17			7.38	
CALLE SEGUNDA AVENIDA	10:38:40	0.70	00:01:33	0.26	00:00:22	TRAFICO	10.01	
AV. BORDO DE XOCHIACA	10:40:13	0.96	00:04:22	1.64			22.51	
CRUCE DE CANAL	10:44:36	2.60	00:03:27	1.70	00:00:48	SEMAFORO	29.58	
AV. PEÑON - TEXCOCO	10:48:03	4.30						
Sentido: 2								
RECORRIDO 2								
Punto de Control	Hora	Odómetro	Tiempo	Distancia	Tiempo Demora	Motivo Demora	Velocidad Parcial Km/h	Velocidad Tramo
AV. PEÑON - TEXCOCO	10:48:52	0.00	00:03:12	1.70	00:00:59	SEMAFORO	31.81	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">17.18</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">15.66</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">10.42</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Velocidad Promedio</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">19.30</div>
CRUCE DE CANAL	10:52:04	1.70	00:06:17	1.64	00:03:39	TRAFICO	15.66	
AV. BORDO DE XOCHIACA	10:58:21	3.34	00:05:32	0.96	00:02:00	TRAFICO	10.42	
AV. CHIMALHUACAN	11:03:53	4.30						

	TOTAL TIEMPO DEMORA	TOTAL TIEMPO	TOTAL TIEMPO MARCHA	VELOCIDAD PROMEDIO
RECORRIDO 1	00:01:10	00:12:27	00:11:17	18.57
RECORRIDO 2	00:06:38	00:15:01	00:08:23	19.30
PROM. TOTAL	0:03:54	0:13:44	0:09:50	18.93

C.1.3 Camión

TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS								
Carretera: AV. CHIMALHUACAN - AV. PEÑON-TEXCOCO						Fecha:		
Tipo de Vehículo: Camion						Sentido: 1		
RECORRIDO 1								
Punto de Control	Hora	Odómetro	Tiempo	Distancia	Tiempo Demora	Motivo Demora	Velocidad Parcial Km/h	Velocidad Tramo
AV. CHIMALHUACAN	13:24:34	0.00	00:02:09	0.35			9.79	19.78 Velocidad Promedio 18.70
CALLE SEXTA AVENIDA	13:26:42	0.35	00:00:21	0.18			31.38	
CALLE CUARTA AVENIDA	13:27:03	0.53	00:00:58	0.17			10.60	
CALLE SEGUNDA AVENIDA	13:28:01	0.70	00:01:49	0.26	00:01:01	SEMAFORO	8.57	
AV. BORDO DE XOCHIACA	13:29:50	0.96	00:03:34	1.64			27.63	
CRUCE DE CANAL	13:33:24	2.60	00:04:13	1.70	00:00:44	SEMAFORO	24.22	
AV. PEÑON - TEXCOCO	13:37:36	4.30						
						Sentido: 2		
RECORRIDO 2								
Punto de Control	Hora	Odómetro	Tiempo	Distancia	Tiempo Demora	Motivo Demora	Velocidad Parcial Km/h	Velocidad Tramo
AV. PEÑON - TEXCOCO	13:40:00	0.00	00:11:33	1.70	00:09:24	TRAFICO	8.83	7.77 Velocidad Promedio 9.56
CRUCE DE CANAL	13:51:33	1.70	00:06:06	1.64	00:03:27	TRAFICO	16.15	
AV. BORDO DE XOCHIACA	13:57:38	3.34	00:15:34	0.96	00:04:45	TRAFICO	3.70	
AV. CHIMALHUACAN	14:13:12	4.30						

	TOTAL TIEMPO DEMORA	TOTAL TIEMPO	TOTAL TIEMPO MARCHA	VELOCIDAD PROMEDIO
RECORRIDO 1	00:01:45	00:13:03	00:11:18	18.70
RECORRIDO 2	00:17:36	00:33:12	00:15:36	9.56
PROM. TOTAL	0:09:40	0:23:08	0:13:27	14.13

C.2 RESULTADOS DE AFOROS VEHICULARES

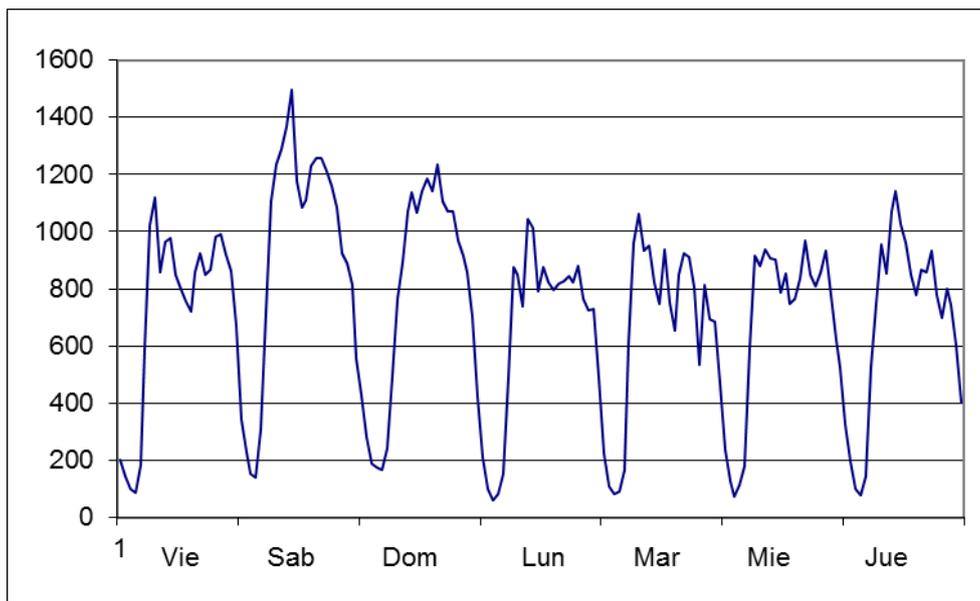
C.2.1 Aforos Periférico – Río Churubusco

ESTACION DE AFORO VEHICULAR DE SIETE DIAS

CARRETERA: PERIFERICO - RIO CHURUBUSCO
 GENERADOR: X. BORDO DE XOCHIACA

ESTACION : 1
 Periodo Del : 6/2/09
 Al : 12/2/09
 Sentido : 1

Hora	VOLUMENES						
	vie 06/02	sáb 07/02	dom 08/02	lun 09/02	mar 10/02	mié 11/02	jue 12/02
1:00	202	344	430	212	222	236	325
2:00	144	227	283	101	111	126	199
3:00	100	154	188	62	83	75	102
4:00	87	142	177	82	92	114	77
5:00	185	308	167	153	167	179	144
6:00	587	712	244	490	600	590	525
7:00	1022	1108	493	874	958	915	747
8:00	1121	1236	764	847	1062	878	954
9:00	858	1289	895	740	935	937	854
10:00	965	1368	1072	1045	949	909	1069
11:00	977	1498	1138	1015	821	902	1141
12:00	847	1176	1068	791	747	785	1025
13:00	799	1082	1142	876	940	854	958
14:00	758	1111	1186	822	752	747	847
15:00	722	1231	1140	797	654	766	777
16:00	856	1257	1235	817	851	836	869
17:00	923	1256	1105	826	923	969	857
18:00	847	1214	1071	845	910	847	932
19:00	867	1158	1072	822	806	811	779
20:00	980	1083	967	879	533	857	698
21:00	989	923	914	764	813	932	800
22:00	921	890	857	726	694	777	741
23:00	863	815	702	728	683	625	600
24:00	672	558	422	491	470	525	402
Vol. Diurno	14452	18880	16119	13486	13348	13722	14048
Vol. Nocturno	2840	3260	2613	2319	2428	2470	2374
Vol. Diario	17292	22140	18732	15805	15776	16192	16422
Vol. Max. día	1121	1498	1235	1045	1062	969	1141
TDPS						17480	



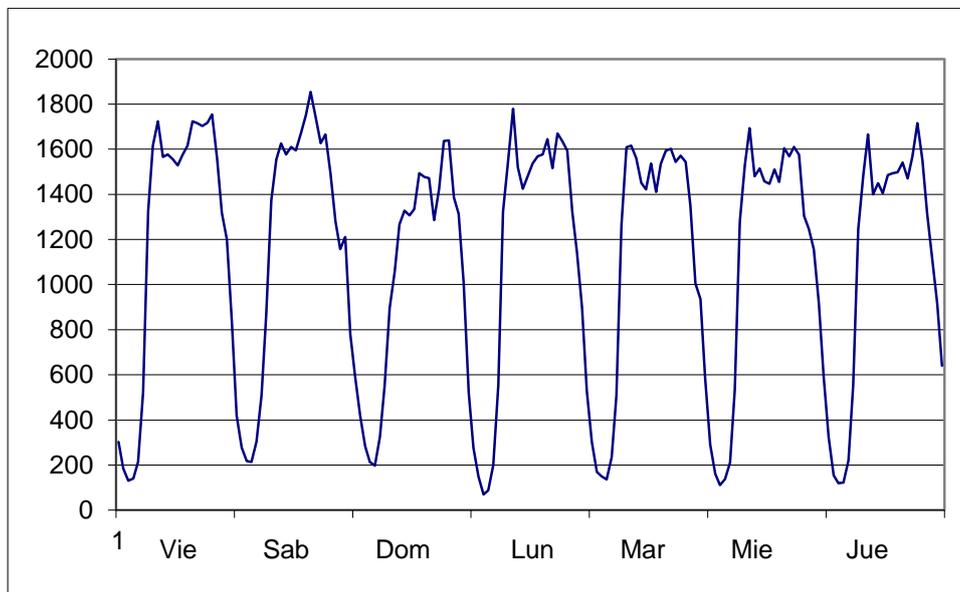
C.2.2 Aforos Anillo Periférico (Estación 3)

ESTACION DE AFORO VEHICULAR DE SIETE DIAS

CARRETERA: ANILLO PERIFERICO
GENERADOR: X. BORDO DE XOCHIACA

ESTACION : 3
Periodo Del : 6/2/09
Al : 12/2/09
Sentido : 1

Hora	VOLUMENES						
	vie 06/02	sáb 07/02	dom 08/02	lun 09/02	mar 10/02	mié 11/02	jue 12/02
1:00	303	419	596	276	303	290	323
2:00	185	278	422	148	169	161	154
3:00	130	218	285	69	150	111	120
4:00	140	214	213	88	136	138	122
5:00	214	304	197	200	235	211	221
6:00	523	509	325	553	507	533	555
7:00	1323	869	552	1323	1263	1279	1246
8:00	1615	1373	896	1546	1608	1530	1484
9:00	1723	1555	1058	1779	1616	1693	1666
10:00	1566	1625	1266	1520	1560	1480	1399
11:00	1577	1577	1327	1425	1451	1515	1449
12:00	1556	1610	1307	1482	1422	1457	1405
13:00	1529	1595	1335	1537	1536	1447	1486
14:00	1574	1670	1494	1568	1411	1510	1493
15:00	1616	1751	1477	1577	1535	1455	1498
16:00	1723	1854	1472	1645	1593	1605	1541
17:00	1716	1741	1286	1516	1602	1568	1470
18:00	1703	1626	1425	1670	1544	1610	1567
19:00	1717	1665	1636	1637	1571	1575	1715
20:00	1754	1494	1639	1594	1544	1304	1551
21:00	1557	1279	1386	1322	1350	1247	1313
22:00	1318	1157	1314	1140	1005	1155	1114
23:00	1200	1211	1006	896	936	916	914
24:00	830	780	521	529	582	596	640
Vol. Diurno	25567	24441	20870	24281	23611	23430	23397
Vol. Nocturno	3525	3933	3565	2759	3018	2956	3049
Vol. Diario	29092	28374	24435	27040	26629	26386	26446
Vol. Max. dia	1754	1854	1639	1779	1616	1693	1715
TDPS							26915



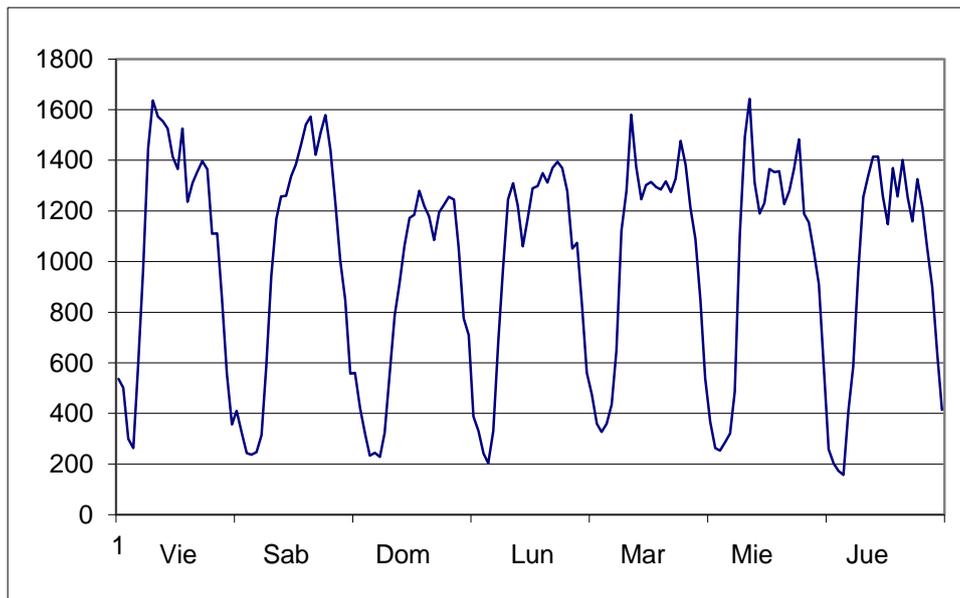
C.2.3 Aforos Anillo Periférico (Estación 4)

ESTACION DE AFORO VEHICULAR DE SIETE DIAS

CARRETERA: ANILLO PERIFERICO
 GENERADOR: X. BORDO DE XOCHIACA

ESTACION : 4
 Periodo Del : 6/2/09
 Al : 12/2/09
 Sentido : 2

		VOLUMENES						
Hora	vie 06/02	sáb 07/02	dom 08/02	lun 09/02	mar 10/02	mié 11/02	jue 12/02	
1:00	536	410	560	388	475	367	258	
2:00	502	324	422	331	359	263	202	
3:00	299	243	320	242	327	253	174	
4:00	263	237	233	204	360	286	158	
5:00	585	247	245	331	435	321	414	
6:00	965	315	229	686	648	487	585	
7:00	1447	585	323	971	1122	1106	958	
8:00	1636	943	556	1246	1279	1493	1254	
9:00	1573	1168	788	1309	1580	1642	1336	
10:00	1554	1257	912	1220	1373	1312	1414	
11:00	1525	1259	1063	1060	1246	1190	1414	
12:00	1414	1337	1172	1175	1302	1231	1259	
13:00	1365	1383	1185	1289	1314	1365	1147	
14:00	1525	1459	1280	1298	1294	1353	1369	
15:00	1236	1541	1219	1349	1284	1357	1257	
16:00	1311	1573	1178	1312	1317	1227	1402	
17:00	1354	1422	1085	1369	1274	1278	1254	
18:00	1397	1510	1195	1394	1327	1366	1158	
19:00	1364	1579	1224	1369	1476	1483	1325	
20:00	1110	1440	1256	1278	1381	1189	1213	
21:00	1111	1226	1245	1051	1214	1155	1054	
22:00	861	1005	1055	1074	1089	1039	900	
23:00	556	848	776	825	845	911	636	
24:00	357	558	710	561	539	596	414	
Vol. Diurno	21783	20687	16736	19764	20872	20786	19714	
Vol. Nocturno	4063	3182	3495	3568	3988	3484	2841	
Vol. Diario	25846	23869	20231	23332	24860	24270	22555	
Vol. Max. día	1636	1579	1280	1394	1580	1642	1414	
TDPS							23566	



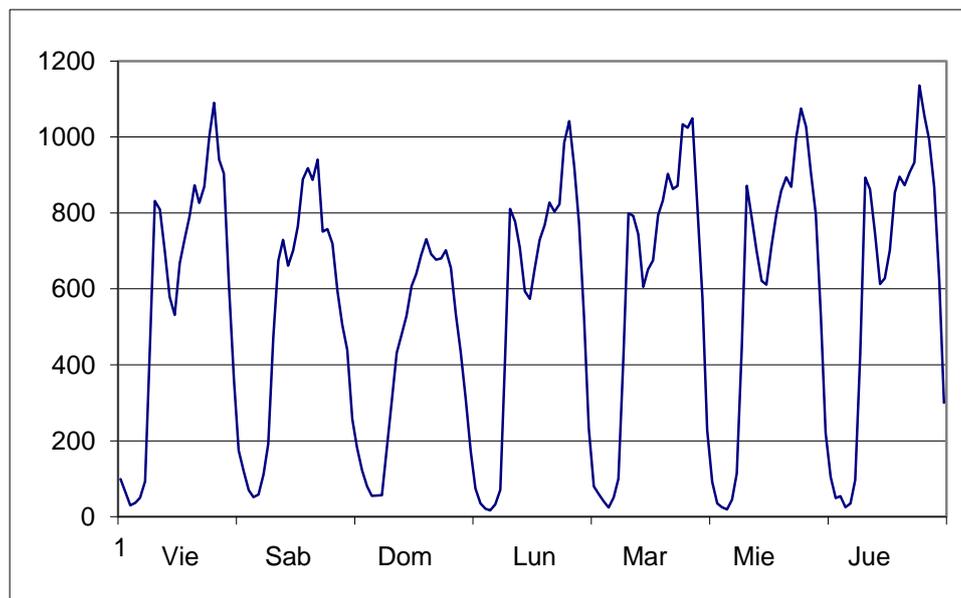
C.2.4 Aforos Bordo de Xochiaca (Estación 5)

ESTACION DE AFORO VEHICULAR DE SIETE DIAS

CARRETERA: BORDO DE XOCHIACA
GENERADOR: ANILLO PERIFERICO (CALLE 7)

ESTACION : 5
Periodo Del : 6/2/09
Al : 12/2/09
Sentido : 1

		VOLUMENES						
Hora	vie 06/02	sáb 07/02	dom 08/02	lun 09/02	mar 10/02	mié 11/02	jue 12/02	
1:00	99	175	182	74	80	92	105	
2:00	66	120	122	35	59	35	49	
3:00	30	70	80	21	41	25	54	
4:00	37	52	55	17	24	19	25	
5:00	50	58	56	33	51	45	35	
6:00	93	112	57	71	100	114	97	
7:00	464	192	176	413	422	449	429	
8:00	831	472	302	811	799	871	893	
9:00	809	674	432	777	792	790	862	
10:00	696	729	478	708	744	699	746	
11:00	579	661	529	594	605	621	613	
12:00	531	701	607	574	651	611	628	
13:00	668	765	639	652	675	712	702	
14:00	729	889	690	729	794	798	854	
15:00	791	918	731	768	832	858	895	
16:00	873	887	692	827	903	894	873	
17:00	826	940	677	803	863	869	907	
18:00	870	751	680	823	871	995	933	
19:00	1003	757	702	985	1033	1075	1136	
20:00	1090	719	655	1042	1024	1027	1055	
21:00	940	594	531	920	1049	909	993	
22:00	904	506	435	772	814	796	868	
23:00	612	439	311	525	575	528	624	
24:00	362	257	172	233	228	221	300	
Vol. Diurno	12604	11155	8956	12198	12871	12974	13387	
Vol. Nocturno	1349	1283	1035	1009	1158	1079	1289	
Vol. Diario	13953	12438	9991	13207	14029	14053	14676	
Vol. Max. día	1090	940	731	1042	1049	1075	1136	
TDPS							13192	



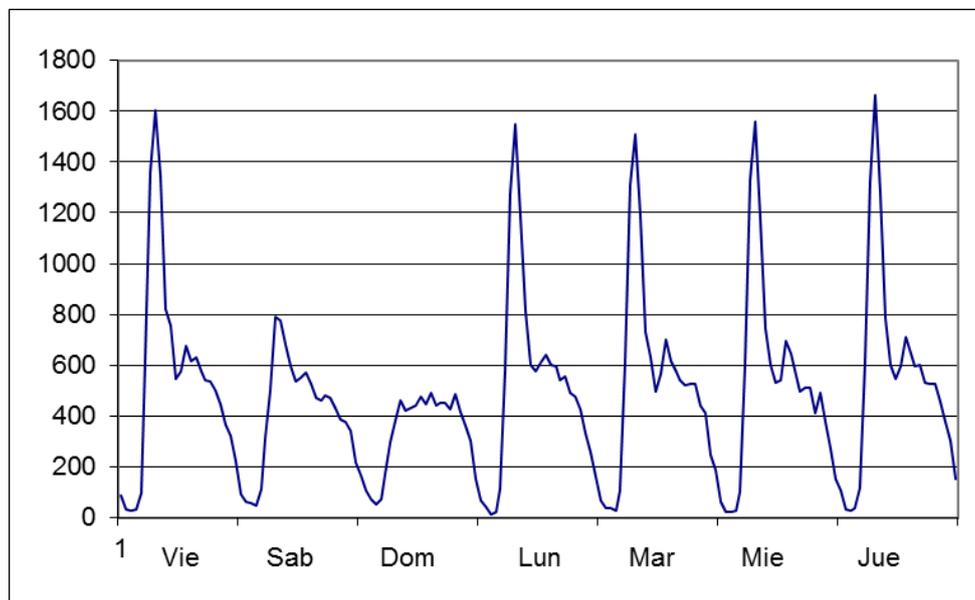
C.2.5 Aforos Bordo de Xochiaca (Estación 6)

ESTACION DE AFORO VEHICULAR DE SIETE DIAS

CARRETERA: BORDO DE XOCHIACA
GENERADOR: ANILLO PERIFERICO (CALLE 7)

ESTACION : 6
Periodo Del : 6/2/09
Al : 12/2/09
Sentido : 2

Hora	VOLUMENES						
	vie 06/02	sáb 07/02	dom 08/02	lun 09/02	mar 10/02	mié 11/02	jue 12/02
1:00	90	95	165	69	66	65	107
2:00	32	65	107	43	38	22	35
3:00	29	58	71	15	37	21	29
4:00	32	49	52	21	26	30	37
5:00	99	112	74	111	110	102	118
6:00	620	313	172	575	604	599	606
7:00	1361	503	298	1273	1307	1331	1318
8:00	1606	789	383	1551	1508	1558	1665
9:00	1343	777	463	1190	1191	1173	1281
10:00	823	682	422	818	732	747	788
11:00	756	596	434	599	633	603	603
12:00	544	537	444	576	496	530	545
13:00	576	552	478	613	564	541	594
14:00	677	570	445	643	701	698	709
15:00	614	528	494	602	617	648	647
16:00	630	471	442	597	576	583	596
17:00	577	463	452	540	541	496	601
18:00	541	484	451	554	523	510	531
19:00	534	473	428	490	528	513	528
20:00	501	430	485	477	528	412	528
21:00	446	385	416	428	444	490	456
22:00	365	379	362	331	410	378	376
23:00	321	340	302	256	247	271	301
24:00	220	216	154	162	188	150	152
Vol. Diurno	11894	8619	6897	11282	11299	11211	11766
Vol. Nocturno	1443	1248	1097	1252	1316	1260	1385
Vol. Diario	13337	9867	7994	12534	12615	12471	13151
Vol. Max. día	1606	789	494	1551	1508	1558	1665
TDPS							11710



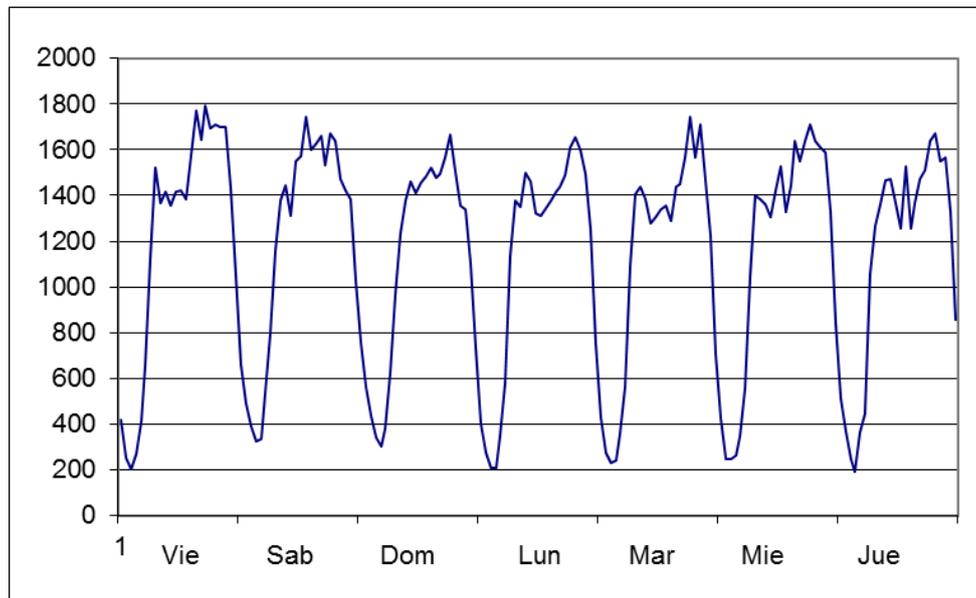
C.2.6 Aforos Bordo de Xochiaca (Estación 7)

ESTACION DE AFORO VEHICULAR DE SIETE DIAS

CARRETERA: **BORDO DE XOCHIACA**
 GENERADOR: **ANILLO PERIFERICO (CALLE 7)**

ESTACION : **7**
 Periodo Del : **6/2/09**
 Al : **12/2/09**
 Sentido : **1**

Hora	VOLUMENES						
	vie 06/02	sáb 07/02	dom 08/02	lun 09/02	mar 10/02	mié 11/02	jue 12/02
1:00	421	663	755	401	432	422	513
2:00	255	488	561	274	276	247	369
3:00	202	390	433	207	229	248	247
4:00	269	327	341	208	242	264	194
5:00	414	334	303	346	359	348	366
6:00	658	534	382	579	561	558	447
7:00	1125	796	625	1133	1090	1045	1055
8:00	1521	1157	969	1375	1405	1400	1269
9:00	1365	1380	1236	1347	1440	1382	1358
10:00	1414	1443	1376	1499	1382	1360	1464
11:00	1356	1311	1462	1459	1280	1307	1474
12:00	1418	1550	1411	1323	1303	1419	1366
13:00	1424	1570	1454	1313	1336	1525	1258
14:00	1384	1744	1484	1346	1354	1325	1525
15:00	1578	1598	1519	1377	1286	1444	1258
16:00	1771	1627	1477	1417	1440	1636	1369
17:00	1646	1658	1495	1441	1451	1547	1474
18:00	1794	1533	1565	1488	1566	1639	1511
19:00	1692	1671	1664	1611	1744	1712	1639
20:00	1710	1635	1504	1657	1568	1639	1671
21:00	1701	1473	1355	1598	1708	1611	1547
22:00	1701	1423	1340	1495	1467	1587	1566
23:00	1430	1381	1101	1250	1220	1327	1325
24:00	1058	1030	732	756	709	847	858
Vol. Diurno	24600	23569	21936	22879	22820	23578	22804
Vol. Nocturno	4707	5147	4608	4021	4028	4261	4319
Vol. Diario	29307	28716	26544	26900	26848	27839	27123
Vol. Max. día	1794	1744	1664	1657	1744	1712	1671
TDPS							27611



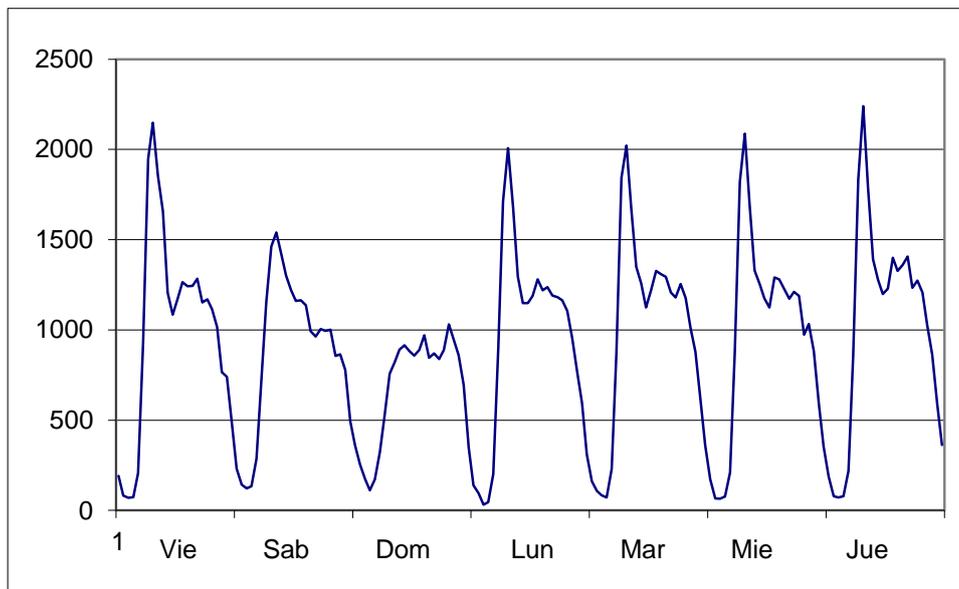
C.2.7 Aforos Bordo de Xochiaca (Estación 8)

ESTACION DE AFORO VEHICULAR DE SIETE DIAS

CARRETERA: **BORDO DE XOCHIACA**
 GENERADOR: **ANILLO PERIFERICO (CALLE 7)**

ESTACION : **8**
 Periodo Del : **6/2/09**
 Al : **12/2/09**
 Sentido : **2**

Hora	VOLUMENES						
	vie 06/02	sáb 07/02	dom 08/02	lun 09/02	mar 10/02	mié 11/02	jue 12/02
1:00	191	230	360	139	161	171	188
2:00	82	142	253	96	107	66	79
3:00	69	121	174	32	84	64	71
4:00	73	134	112	46	72	76	79
5:00	206	286	172	201	229	210	218
6:00	929	735	325	902	869	877	860
7:00	1947	1152	526	1711	1842	1819	1833
8:00	2148	1462	758	2008	2021	2087	2239
9:00	1855	1540	822	1679	1676	1695	1789
10:00	1655	1425	891	1295	1349	1328	1391
11:00	1206	1301	915	1148	1255	1254	1276
12:00	1084	1219	882	1149	1124	1175	1199
13:00	1175	1160	857	1188	1219	1124	1228
14:00	1264	1164	889	1280	1327	1290	1399
15:00	1242	1136	970	1220	1310	1280	1326
16:00	1244	992	845	1236	1294	1227	1360
17:00	1284	963	870	1190	1207	1173	1407
18:00	1152	1004	839	1182	1179	1210	1234
19:00	1169	994	888	1164	1254	1188	1273
20:00	1114	1002	1031	1106	1177	974	1208
21:00	1015	856	943	951	1015	1032	1027
22:00	765	865	859	773	878	881	863
23:00	740	778	694	592	614	590	588
24:00	480	492	347	311	360	354	363
Vol. Diurno	21319	18235	13785	20280	21127	20737	22052
Vol. Nocturno	2770	2918	2437	2319	2496	2408	2446
Vol. Diario	24089	21153	16222	22599	23623	23145	24498
Vol. Max. día	2148	1540	1031	2008	2021	2087	2239
TDPS						22190	



C.3 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES

C.3.1 Resumen en intersección semaforizada

RESUMEN INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA												
Información General						Site Information						
Analista						Intersección I-01						
Agencia o Cia.						Tipo de Área CBD or Similar						
Fecha de Elaboración 20/02/2009						Jurisdicción NEZAHUALCOYOTL						
Periodo de Tiempo 1.0						Año de Análisis 2009						
Geometría de la Intersección												
Volumen y Tiempos de Entrada												
	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	VI	RECT	VD	VI	RECT	VD	VI	RECT	VD	VI	RECT	VD
Volumen (vph)	62	1146	190	456	827	620	226	1330	337	558	1502	24
% Veh Pesados	20	8	6	1	3	10	7	13	8	8	11	10
FHP	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Permitido/Actuado (P/A)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Tiempo Perdido de Inicio		2.0		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		2.0	2.0	
Extensión de Verde Efectivo		2.0		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		2.0	2.0	
Tipo de Llegada		3		3	3	3	3	3		3	3	
Extensión de Unidad		3.0		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		3.0	3.0	
Volumen Peat/Bic/RVUELT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancho de Carril		3.0		4.0	4.0	4.0	3.7	3.7		3.6	3.6	
Estacionamiento (S o N)	N		N	N		N	N		N	N		N
Estacionamiento/Hora												
Paradas Autobus/Hora		0		0	0	0	0	0		0	0	
Temporización Peatones	3.2			3.2			3.2			3.2		
Temporización	EW Perm	2	3	4	NS Perm	6	7	8				
	G = 47.0	G =	G =	G =	G = 48.0	G =	G =	G =				
	Y = 3	Y =	Y =	Y =	Y = 3	Y =	Y =	Y =				
Duración del Análisis (hrs) =	1.00						Longitud Ciclo C = 101.0					

C.3.1 Ajuste de volumen y tasa de flujo de saturación y capacidad y nivel de servicio

AJUSTE DE VOLUMEN Y TASA DE FLUJO DE SATURACION												
Información General												
Descripción del Proyecto		X AV. BORDO DE XOCHIACA - AV. RIO CHURUBUSCO (CALLE 7)										
Ajuste de Volumen												
	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	VI	RECT	VD	VI	RECT	VD	VI	RECT	VD	VI	RECT	VD
Volumen	62	1146	190	456	827	620	226	1330	337	558	1502	24
FHP	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Ajuste Tasa de Flujo	67	1246	207	496	899	674	246	1446	366	607	1633	26
Agrupación de Carriles	LTR			DefL T R			DefL TR			DefL TR		
Ajuste Tasa de Flujo (Agrupada)	1520			496 899 674			246 1812			607 1659		
Proporción de Vlzq or Vder	0.044	--	0.136	1.000	--	1.000	1.000	--	0.202	1.000	--	0.016
Tasa de Flujo de Saturación												
Base Flujo-Saturación	1750			1750			1750			1750		
Número de Carriles	0	3	0	0	3	1	0	2	0	0	2	0
f _y	0.933			1.042			1.044			1.011		
f _{iv}	0.924			0.990			0.971			0.909		
f _a	1.000			1.000			1.000			1.000		
f _b	1.000			1.000			1.000			1.000		
f _{cb}	1.000			1.000			1.000			1.000		
f _a	0.900			0.900			0.900			0.900		
f _{lu}	0.908			1.000			0.952			1.000		
f _{lt}	0.843			--	0.087	1.000	--	0.083	1.000	--	0.083	1.000
Secundario f _{lt}	--			--	--	--	--	--	--	--	--	--
f _{st}	--	0.980	--	--	1.000	0.850	--	0.970	--	--	0.998	--
f _{pb}	--	1.000	--	1.000	1.000	--	1.000	1.000	--	1.000	1.000	--
f _{spb}	--	1.000	--	--	1.000	1.000	--	1.000	--	--	1.000	--
Ajuste Flujo-Saturación	3055			141			3041			1268		
Ajuste Secundario Flujo-Saturación	--			--			--			--		
CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO												
Información General												
Descripción del Proyecto		X AV. BORDO DE XOCHIACA - AV. RIO CHURUBUSCO (CALLE 7)										
Análisis de Capacidad												
	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	LTR	DefL	T	R	DefL	TR	DefL	TR	DefL	TR	DefL	TR
Agrupación de Carriles	1520			496 899 674			246 1812			607 1659		
Tasa de Flujo Ajustada	3055			141 3041 1268			124 1379			122 1416		
Tasa Flujo-Saturación	2.0			2.0			2.0			2.0		
Tiempo Perdido	0.47			0.47			0.47			0.48		
Radio de Verde	1422			71 1415 590			71 655			71 673		
Capacidad por Gpo. De Carriles	1.07			6.99 0.64 1.14			3.46 2.77			8.55 2.47		
Radio v/c	0.50			3.52 0.30 0.53			1.98 1.31			4.98 1.17		
Radio de Flujo	N			Y N N N			N N			Y N		
Grupo de Carriles Críticos												
Suma de Radios de Flujo	8.49											
Tiempo Perdido por Ciclo	6.00											
Radio v/c Crítico	9.03											
Capacidad en Grupo de Carriles, Control de Retardos y Determinación de Nivel de Servicio (NS)												
	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	LTR	DefL	T	R	DefL	TR	DefL	TR	DefL	TR	DefL	TR
Grupo de Carriles	1520			496 899 674			246 1812			607 1659		
Tasa de Flujo Ajustada	3055			141 3041 1268			124 1379			122 1416		
Capacidad en Grupo de Carriles	1.07			6.99 0.64 1.14			3.46 2.77			8.55 2.47		
Radio v/c	0.47			0.47			0.48			0.48		
Radio de Verde	27.0			27.0			26.5			26.5		
Demora Uniforme d ₁	0.50			0.50			0.50			0.50		
Factor Demora k	141.3			10804			2.2 278.8			4472 3184		
Demora Incremental d ₂	1.000			1.000			1.000			1.000		
Factor Ajuste por Progresión PF	168.3			10831			22.7 305.8			4498 3210		
Control de Demora	F			F C F			F F			F F		
NS en Grupo de Carriles	168.3			2706			3364			5608		
Demora en el Acceso	F			F			F			F		
NS en Acceso	3221			Intersección NS			F			F		
Demora en Intersección	3221			Intersección NS			F			F		

C.5 HOJAS DE TRABAJO VOCMEX

"Sensitivity Matrix"

""

"Matrix 12 : Costo de Operación por 1000 vehículo-km \$"

" ", " ", "Predicted values"

""	2.0,	2.7,	3.4,	4.1,	4.9,	5.6,	6.3,	7.0
20.0,	5373.00,	5430.14,	5492.83,	5561.81,	5637.94,	5722.19,	5815.66,	5919.58
32.9,	4096.30,	4153.75,	4216.93,	4286.66,	4363.87,	4449.58,	4544.97,	4651.33
45.7,	3574.67,	3632.55,	3696.42,	3767.19,	3845.87,	3933.57,	4031.56,	4141.20
58.6,	3318.09,	3376.40,	3440.96,	3512.76,	3592.90,	3682.56,	3783.08,	3895.89
71.4,	3184.56,	3243.17,	3308.20,	3380.72,	3461.87,	3552.91,	3655.21,	3770.24
84.3,	3114.78,	3173.47,	3238.66,	3311.42,	3392.94,	3484.53,	3587.63,	3703.75
97.1,	3078.89,	3137.47,	3202.50,	3275.07,	3356.41,	3447.89,	3551.01,	3667.38
110.0,	3060.81,	3119.16,	3183.85,	3255.97,	3336.80,	3427.78,	3530.50,	3646.64

"Columns : Rugosidad promedio (IRI)

m/km"

"Rows : Velocidad deseada

km/hora"

"Sensitivity Matrix"

""

"Matrix 44 : V velocidad del vehículo

km/hr"

" ", " ", "Predicted values"

""	2.0,	2.7,	3.4,	4.1,	4.9,	5.6,	6.3,	7.0
20.0,	20.05,	20.05,	20.05,	20.04,	20.04,	20.04,	20.03,	20.02
32.9,	32.73,	32.72,	32.71,	32.69,	32.66,	32.63,	32.58,	32.52
45.7,	44.87,	44.84,	44.79,	44.72,	44.62,	44.48,	44.30,	44.08
58.6,	56.01,	55.93,	55.81,	55.63,	55.37,	55.03,	54.59,	54.05
71.4,	65.72,	65.57,	65.33,	64.97,	64.48,	63.83,	63.01,	62.02
84.3,	73.77,	73.52,	73.13,	72.55,	71.76,	70.74,	69.49,	68.01
97.1,	80.13,	79.78,	79.23,	78.42,	77.33,	75.94,	74.26,	72.31
110.0,	85.02,	84.57,	83.86,	82.84,	81.47,	79.74,	77.68,	75.35

"Columns : Rugosidad promedio (IRI)

m/km"

"Rows : velocidad deseada

km/hora"

FREE-FLOW VEHICLE OPERATING COSTS MODEL version 4.0

— Sensitivity Table —

Variable : velocidad deseada km/hora
 Minimum value: 20
 Maximum value: 110
 Interval : 5
 Comparison : 110

Cost Breakdown by Percentage and Total VOC per 1000 vehicle-km

VARIABLE	FUEL %	LUBR %	TIRE %	CREW %	PASS %	CARG %	M.L. %	M.P. %	DEPR %	INTE %	OVER %	TOTAL VOC \$	SPEED km/hour	C %
20.00	41.0	0.6	0.9	21.2	0.0	0.0	0.9	5.3	22.8	2.7	4.7	5373.0	20	76
25.00	40.2	0.7	1.0	19.3	0.0	0.0	1.0	6.0	23.6	2.8	5.3	4714.0	25	54
30.00	39.7	0.8	1.1	17.8	0.0	0.0	1.1	6.6	24.2	2.9	5.9	4281.2	30	40
35.00	39.3	0.8	1.2	16.5	0.0	0.0	1.2	7.1	24.7	3.0	6.3	3979.0	35	30
40.00	39.0	0.9	1.3	15.3	0.0	0.0	1.2	7.5	25.1	3.0	6.7	3759.0	40	23
45.00	38.8	0.9	1.3	14.3	0.0	0.0	1.3	7.9	25.4	3.0	7.0	3594.7	44	17
50.00	38.8	1.0	1.4	13.5	0.0	0.0	1.3	8.2	25.6	3.1	7.3	3469.6	49	13
55.00	38.8	1.0	1.4	12.7	0.0	0.0	1.4	8.4	25.8	3.1	7.5	3373.3	53	10
60.00	38.9	1.0	1.4	12.1	0.0	0.0	1.4	8.6	25.9	3.1	7.6	3298.7	57	8
65.00	39.0	1.0	1.5	11.5	0.0	0.0	1.4	8.7	26.0	3.1	7.8	3240.6	61	6
70.00	39.2	1.0	1.5	11.0	0.0	0.0	1.4	8.8	26.0	3.1	7.9	3195.5	65	4
75.00	39.4	1.0	1.5	10.6	0.0	0.0	1.5	8.9	26.0	3.1	8.0	3160.4	68	3
80.00	39.6	1.1	1.5	10.2	0.0	0.0	1.5	9.0	26.0	3.1	8.0	3133.2	71	2
85.00	39.8	1.1	1.5	9.9	0.0	0.0	1.5	9.1	26.0	3.1	8.1	3112.1	74	2
90.00	40.0	1.1	1.5	9.6	0.0	0.0	1.5	9.1	25.9	3.1	8.1	3095.8	77	1
95.00	40.2	1.1	1.5	9.3	0.0	0.0	1.5	9.2	25.9	3.1	8.2	3083.3	79	1
100.00	40.4	1.1	1.5	9.1	0.0	0.0	1.5	9.2	25.9	3.1	8.2	3073.7	81	0

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Anexos

FREE-FLOW VEHICLE OPERATING COSTS MODEL version 4.0

___ Sensitivity Table _____

Variable : Rugosidad promedio (IRI) m/km
 Minimum value: 2
 Maximum value: 7
 Interval : .1
 Comparison : 2

Cost Breakdown by Percentage and Total VOC per 1000 vehicle-km

VARIABLE	FUEL %	LUBR %	TIRE %	CREW %	PASS %	CARG %	M.L. %	M.P. %	DEPR %	INTE %	OVER %	TOTAL VOC \$	SPEED km/hour	C %
2.00	38.9	1.0	1.4	12.1	0.0	0.0	1.4	8.6	25.9	3.1	7.6	3298.7	57	0
2.10	38.8	1.0	1.4	12.1	0.0	0.0	1.4	8.7	25.8	3.1	7.6	3306.5	57	0
2.20	38.8	1.0	1.5	12.0	0.0	0.0	1.4	8.8	25.8	3.1	7.6	3314.4	57	0
2.30	38.7	1.0	1.5	12.0	0.0	0.0	1.4	9.0	25.7	3.1	7.6	3322.5	57	1
2.40	38.7	1.0	1.5	12.0	0.0	0.0	1.4	9.1	25.6	3.1	7.6	3330.6	57	1
2.50	38.6	1.0	1.5	12.0	0.0	0.0	1.5	9.3	25.6	3.1	7.5	3338.9	57	1
2.60	38.6	1.0	1.5	11.9	0.0	0.0	1.5	9.4	25.5	3.1	7.5	3347.3	57	1
2.70	38.5	1.0	1.5	11.9	0.0	0.0	1.5	9.5	25.5	3.1	7.5	3355.8	57	2
2.80	38.4	1.0	1.5	11.9	0.0	0.0	1.5	9.7	25.4	3.0	7.5	3364.4	57	2
2.90	38.4	1.0	1.5	11.8	0.0	0.0	1.5	9.8	25.3	3.0	7.5	3373.2	57	2
3.00	38.3	1.1	1.6	11.8	0.0	0.0	1.5	10.0	25.3	3.0	7.5	3382.1	57	3
3.10	38.3	1.1	1.6	11.8	0.0	0.0	1.5	10.1	25.2	3.0	7.4	3391.1	57	3
3.20	38.2	1.1	1.6	11.8	0.0	0.0	1.5	10.3	25.1	3.0	7.4	3400.2	57	3
3.30	38.1	1.1	1.6	11.7	0.0	0.0	1.5	10.5	25.1	3.0	7.4	3409.5	57	3
3.40	38.1	1.1	1.6	11.7	0.0	0.0	1.5	10.6	25.0	3.0	7.4	3418.9	57	4
3.50	38.0	1.1	1.6	11.7	0.0	0.0	1.6	10.8	24.9	3.0	7.4	3428.5	57	4
3.60	37.9	1.1	1.6	11.7	0.0	0.0	1.6	10.9	24.9	3.0	7.3	3438.2	57	4
3.70	37.9	1.1	1.6	11.6	0.0	0.0	1.6	11.1	24.8	3.0	7.3	3448.0	57	5
3.80	37.8	1.1	1.7	11.6	0.0	0.0	1.6	11.3	24.7	3.0	7.3	3458.1	57	5
3.90	37.7	1.1	1.7	11.6	0.0	0.0	1.6	11.4	24.7	3.0	7.3	3468.2	57	5
4.00	37.7	1.1	1.7	11.5	0.0	0.0	1.6	11.6	24.6	3.0	7.2	3478.5	57	5
4.10	37.6	1.1	1.7	11.5	0.0	0.0	1.6	11.8	24.5	2.9	7.2	3489.0	57	6
4.20	37.5	1.1	1.7	11.5	0.0	0.0	1.6	12.0	24.4	2.9	7.2	3499.6	57	6
4.30	37.5	1.1	1.7	11.5	0.0	0.0	1.6	12.1	24.4	2.9	7.2	3510.4	57	6
4.40	37.4	1.1	1.7	11.4	0.0	0.0	1.7	12.3	24.3	2.9	7.2	3521.4	57	7
4.50	37.3	1.1	1.7	11.4	0.0	0.0	1.7	12.5	24.2	2.9	7.1	3532.6	57	7
4.60	37.2	1.1	1.7	11.4	0.0	0.0	1.7	12.7	24.2	2.9	7.1	3543.9	57	7
4.70	37.2	1.1	1.8	11.3	0.0	0.0	1.7	12.9	24.1	2.9	7.1	3555.4	57	8

"Sensitivity Matrix"

""

'Matrix 12 : Costo de operación por 1000 vehículo-km \$"

' " , " , "Predicted values"

	2.0,	2.7,	3.4,	4.1,	4.9,	5.6,	6.3,	7.0
20.0,	17120.81,	17554.42,	17986.15,	18416.56,	18846.22,	19275.70,	19705.60,	20136.54
32.9,	14559.10,	14997.71,	15435.58,	15873.95,	16314.19,	16757.81,	17206.40,	17661.62
45.7,	13660.49,	14104.38,	14549.00,	14996.44,	15449.00,	15909.13,	16379.24,	16861.55
58.6,	13324.89,	13772.44,	14221.52,	14674.62,	15134.59,	15604.44,	16087.07,	16584.88
71.4,	13207.62,	13656.55,	14106.71,	14560.68,	15021.70,	15493.49,	15979.69,	16483.02
84.3,	13170.74,	13619.54,	14068.71,	14520.87,	14979.80,	15450.16,	15936.30,	16441.14
97.1,	13160.83,	13608.96,	14056.58,	14506.40,	14962.82,	15431.28,	15916.65,	16421.84
110.0,	13159.13,	13606.57,	14052.82,	14500.70,	14955.13,	15422.11,	15906.79,	16412.02

'Columns : Rugosidad promedio (IRI) m/km"
 'Rows : velocidad deseada km/hora"

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Anexos

["Sensitivity Matrix"

""

"Matrix 44 : V Velocidad del vehículo km/hr"

" ", " ", "Predicted values"

""	2.0,	2.7,	3.4,	4.1,	4.9,	5.6,	6.3,	7.0
20.0,	20.32,	20.32,	20.32,	20.32,	20.31,	20.30,	20.28,	20.26
32.9,	33.02,	33.00,	32.97,	32.92,	32.84,	32.71,	32.54,	32.30
45.7,	44.43,	44.35,	44.21,	43.98,	43.63,	43.11,	42.42,	41.53
58.6,	53.42,	53.22,	52.87,	52.31,	51.46,	50.30,	48.82,	47.07
71.4,	59.58,	59.23,	58.63,	57.68,	56.31,	54.50,	52.33,	49.89
84.3,	63.40,	62.91,	62.10,	60.84,	59.05,	56.77,	54.13,	51.28
97.1,	65.66,	65.08,	64.11,	62.62,	60.56,	57.99,	55.06,	51.98
110.0,	66.99,	66.35,	65.28,	63.65,	61.41,	58.66,	55.57,	52.35

"Columns : Rugosidad promedio (IRI) m/km"
"Rows : Velocidad deseada km/hora"

FREE-FLOW VEHICLE OPERATING COSTS MODEL version 4.0

— Sensitivity Table —

Variable : Rugosidad promedio (IRI) m/km
Minimum value: 2
Maximum value: 7
Interval : .1
Comparison : 2

Cost Breakdown by Percentage and Total VOC per 1000 vehicle-km

VARIABLE	FUEL %	LUBR %	TIRE %	CREW %	PASS %	CARG %	M.L. %	M.P. %	DEPR %	INTE %	OVER %	TOTAL VOC \$	SPEED km/hour	C %
2.00	33.2	0.8	7.4	8.0	0.0	0.0	9.7	25.5	7.1	1.1	7.1	11823.3	57	0
2.10	33.1	0.8	7.4	8.0	0.0	0.0	9.7	25.8	7.1	1.1	7.1	11882.4	57	0
2.20	33.0	0.8	7.4	7.9	0.0	0.0	9.7	26.0	7.0	1.1	7.0	11941.4	57	1
2.30	32.8	0.8	7.4	7.9	0.0	0.0	9.8	26.3	7.0	1.1	7.0	12000.5	57	1
2.40	32.7	0.8	7.3	7.8	0.0	0.0	9.8	26.5	7.0	1.1	7.0	12059.5	57	2
2.50	32.6	0.8	7.3	7.8	0.0	0.0	9.8	26.7	6.9	1.1	6.9	12118.6	57	2
2.60	32.5	0.8	7.3	7.8	0.0	0.0	9.8	27.0	6.9	1.1	6.9	12177.7	57	3
2.70	32.3	0.8	7.3	7.7	0.0	0.0	9.8	27.2	6.9	1.1	6.9	12236.9	57	3
2.80	32.2	0.8	7.3	7.7	0.0	0.0	9.9	27.4	6.8	1.1	6.8	12296.1	57	4
2.90	32.1	0.8	7.2	7.7	0.0	0.0	9.9	27.6	6.8	1.1	6.8	12355.3	57	4
3.00	32.0	0.8	7.2	7.7	0.0	0.0	9.9	27.8	6.8	1.1	6.8	12414.6	56	5
3.10	31.8	0.8	7.2	7.6	0.0	0.0	9.9	28.1	6.8	1.1	6.7	12474.0	56	6
3.20	31.7	0.8	7.2	7.6	0.0	0.0	9.9	28.3	6.7	1.1	6.7	12533.5	56	6
3.30	31.6	0.8	7.1	7.6	0.0	0.0	9.9	28.5	6.7	1.1	6.7	12593.0	56	7
3.40	31.5	0.8	7.1	7.5	0.0	0.0	10.0	28.7	6.7	1.1	6.6	12652.7	56	7
3.50	31.4	0.8	7.1	7.5	0.0	0.0	10.0	28.9	6.7	1.1	6.6	12712.4	56	8
3.60	31.3	0.8	7.1	7.5	0.0	0.0	10.0	29.1	6.6	1.1	6.6	12772.3	56	8
3.70	31.1	0.8	7.1	7.5	0.0	0.0	10.0	29.3	6.6	1.1	6.5	12832.3	56	9
3.80	31.0	0.8	7.0	7.4	0.0	0.0	10.0	29.5	6.6	1.1	6.5	12892.4	56	9
3.90	30.9	0.8	7.0	7.4	0.0	0.0	10.0	29.7	6.6	1.1	6.5	12952.7	56	10
4.00	30.8	0.8	7.0	7.4	0.0	0.0	10.0	29.9	6.6	1.0	6.5	13013.1	56	10
4.10	30.7	0.8	7.0	7.4	0.0	0.0	10.0	30.1	6.5	1.0	6.4	13073.6	56	11

Estudio Costo – Beneficio social del distribuidor vial en Calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca
Anexos

FREE-FLOW VEHICLE OPERATING COSTS MODEL version 4.0

___ Sensitivity Table _____

Variable : Velocidad deseada km/hora
 Minimum value: 20
 Maximum value: 110
 Interval : 5
 Comparison : 110

Cost Breakdown by Percentage and Total VOC per 1000 vehicle-km

VARIABLE	FUEL %	LUBR %	TIRE %	CREW %	PASS %	CARG %	M.L. %	M.P. %	DEPR %	INTE %	OVER %	TOTAL VOC \$	SPEED km/hour	C %
20.00	32.6	0.6	6.1	15.4	0.0	0.0	6.7	18.3	13.0	2.1	5.4	17120.8	20	30
25.00	33.1	0.6	6.6	13.4	0.0	0.0	7.3	19.9	11.4	1.8	5.8	15767.7	25	20
30.00	33.7	0.6	7.0	11.9	0.0	0.0	7.7	21.0	10.2	1.6	6.2	14911.1	30	13
35.00	34.3	0.7	7.3	10.7	0.0	0.0	8.0	21.8	9.3	1.5	6.4	14342.4	35	9
40.00	34.9	0.7	7.6	9.7	0.0	0.0	8.2	22.5	8.6	1.4	6.6	13955.7	40	6
45.00	35.4	0.7	7.7	8.9	0.0	0.0	8.4	22.9	8.0	1.3	6.7	13690.8	44	4
50.00	35.9	0.7	7.9	8.3	0.0	0.0	8.5	23.2	7.5	1.2	6.8	13509.7	48	3
55.00	36.4	0.7	8.0	7.8	0.0	0.0	8.6	23.4	7.1	1.1	6.9	13386.9	51	2
60.00	36.8	0.7	8.1	7.4	0.0	0.0	8.6	23.6	6.8	1.1	6.9	13304.7	54	1
65.00	37.2	0.7	8.2	7.1	0.0	0.0	8.6	23.6	6.6	1.1	6.9	13250.4	57	1
70.00	37.5	0.7	8.2	6.9	0.0	0.0	8.7	23.7	6.4	1.0	7.0	13215.1	59	0
75.00	37.7	0.7	8.3	6.7	0.0	0.0	8.7	23.8	6.2	1.0	7.0	13192.6	61	0
80.00	37.9	0.7	8.3	6.5	0.0	0.0	8.7	23.8	6.1	1.0	7.0	13178.4	62	0
85.00	38.1	0.7	8.3	6.4	0.0	0.0	8.7	23.8	6.0	1.0	7.0	13169.8	64	0
90.00	38.3	0.7	8.3	6.3	0.0	0.0	8.7	23.8	5.9	0.9	7.0	13164.6	65	0
95.00	38.4	0.7	8.4	6.2	0.0	0.0	8.7	23.8	5.9	0.9	7.0	13161.6	65	0
100.00	38.5	0.7	8.4	6.2	0.0	0.0	8.7	23.8	5.8	0.9	7.0	13160.1	66	0
105.00	38.6	0.7	8.4	6.1	0.0	0.0	8.7	23.8	5.8	0.9	7.0	13159.3	67	0
110.00	38.6	0.7	8.4	6.1	0.0	0.0	8.7	23.8	5.7	0.9	7.0	13159.1	67	0

C.6 COSTOS GENERALIZADOS DE VIAJE

C.6.1 SIN PROYECTO

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES.
PROYECTO "DISTRIBUIDOR VIAL DE CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA"
Estimación del Costo Generalizado de Viaje Anualizado para Vialidad
Situación Sin Proyecto

Movimiento Sur - Norte de la Av. Calle 7 (Sentido 1) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	71.37%	3.0	6040.61	6.04061	\$16,217,335.32
Autobuses de pasajeros	17.38%	3.0	17099.36	17.09936	\$11,179,249.03
Camiones Unitarios de 2 Ejes	3.09%	3.0	9848.17	9.84817	\$1,144,714.06
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.70%	3.0	11891.32	11.89132	\$760,434.81
Camiones articulados de 5 Ejes	3.80%	3.0	17646.08	17.64608	\$2,522,405.14
Camiones articulados de 6 Ejes	1.86%	3.0	18954.40	18.9544	\$1,326,190.73
Camiones articulados de 8 Ejes	0.80%	3.0	22485.64	22.48564	\$676,672.06
Subtotal					\$33,827,001.15

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 17 Km/h
TDPS (Max.Dem.) 2008 10306 Horas: 11

Movimiento Sur - Norte de la Av. Calle 7 (Sentido 1) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	71.37%	3.0	5154.03	5.15403	\$13,837,117.90
Autobuses de pasajeros	17.38%	3.0	14883.11	14.88311	\$9,730,305.28
Camiones Unitarios de 2 Ejes	3.09%	3.0	8450.29	8.45029	\$982,229.78
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.70%	3.0	10497.43	10.49743	\$671,297.32
Camiones articulados de 5 Ejes	3.80%	3.0	15788.03	15.78803	\$2,256,807.63
Camiones articulados de 6 Ejes	1.86%	3.0	17106.29	17.10629	\$1,196,883.22
Camiones articulados de 8 Ejes	0.80%	3.0	20606.89	20.60689	\$620,133.86
Subtotal					\$29,294,774.99

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 22 Km/h
TDPS (Dem. Media) 2008 5677 Horas: 8

Movimiento Sur - Norte de la Av. Calle 7 (Sentido 1) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	71.37%	3.0	4516.62	4.51662	\$1,264,825.40
Autobuses de pasajeros	17.38%	3.0	13290.31	13.29031	\$906,329.70
Camiones Unitarios de 2 Ejes	3.09%	3.0	7474.07	7.47407	\$90,618.52
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.70%	3.0	9550.33	9.55033	\$63,704.28
Camiones articulados de 5 Ejes	3.80%	3.0	14477.84	14.47784	\$215,868.21
Camiones articulados de 6 Ejes	1.86%	3.0	15821.69	15.82169	\$115,469.46
Camiones articulados de 8 Ejes	0.80%	3.0	19349.35	19.34935	\$60,737.61
Subtotal					\$2,717,553.19

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 28 Km/h
TDPS (Min. Dem.) 2008 1075 Horas: 5

Movimiento Norte - Sur de la Av. Calle 7 (Sentido 2) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	75.69%	3.0	6040.61	6.04061	\$15,732,062.90
Autobuses de pasajeros	16.18%	3.0	17099.36	17.09936	\$9,519,732.49
Camiones Unitarios de 2 Ejes	2.54%	3.0	9848.17	9.84817	\$860,707.57
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.86%	3.0	11891.32	11.89132	\$761,043.33
Camiones articulados de 5 Ejes	1.46%	3.0	17646.08	17.64608	\$886,477.00
Camiones articulados de 6 Ejes	1.28%	3.0	18954.40	18.9544	\$834,807.58
Camiones articulados de 8 Ejes	0.99%	3.0	22485.64	22.48564	\$765,961.29
Subtotal					\$29,360,792.15

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 17 Km/h
TDPS (Max.Dem.) 2008 9427 Horas: 10

Movimiento Norte - Sur de la Av. Calle 7 (Sentido 2) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	75.69%	3.0	5154.03	5.15403	\$13,423,068.88
Autobuses de pasajeros	16.18%	3.0	14883.11	14.88311	\$8,285,878.88
Camiones Unitarios de 2 Ejes	2.54%	3.0	8450.29	8.45029	\$738,536.05
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.86%	3.0	10497.43	10.49743	\$671,834.50
Camiones articulados de 5 Ejes	1.46%	3.0	15788.03	15.78803	\$793,135.10
Camiones articulados de 6 Ejes	1.28%	3.0	17106.29	17.10629	\$753,411.37
Camiones articulados de 8 Ejes	0.99%	3.0	20606.89	20.60689	\$701,962.67
Subtotal					\$25,367,827.46

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 22 Km/h
TDPS (Dem. Media.) 2008 6120 Horas: 9

Movimiento Norte - Sur de la Av. Calle 7 (Sentido 2) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	75.69%	3.0	4516.62	4.51662	\$1,682,034.17
Autobuses de pasajeros	16.18%	3.0	13290.31	13.29031	\$1,058,026.11
Camiones Unitarios de 2 Ejes	2.54%	3.0	7474.07	7.47407	\$93,405.75
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.86%	3.0	9550.33	9.55033	\$87,400.53
Camiones articulados de 5 Ejes	1.46%	3.0	14477.84	14.47784	\$104,001.45
Camiones articulados de 6 Ejes	1.28%	3.0	15821.69	15.82169	\$99,642.73
Camiones articulados de 8 Ejes	0.99%	3.0	19349.35	19.34935	\$94,250.65
Subtotal					\$3,218,761.39

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 28 Km/h
TDPS (Min. Dem.) 2008 1348 Horas: 5

Total de Costo Generalizado de Viaje 2008 \$123,786,710.33

C.6.2 CON PROYECTO

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES.
PROYECTO "DISTRIBUIDOR VIAL DE CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA"
Estimación del Costo Generalizado de Viaje Anualizado para Vialidad
Situación Con Proyecto

Movimiento Sur - Norte de la Av. Calle 7 (Sentido 1) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	71.37%	2.0	3759.05	3.75905	\$10,091,989.77
Autobuses de pasajeros	17.38%	2.0	14649.83	14.64983	\$9,577,791.08
Camiones Unitarios de 2 Ejes	3.09%	2.0	6113.73	6.11373	\$710,636.87
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.70%	2.0	8268.53	8.26853	\$528,761.99
Camiones articulados de 5 Ejes	3.80%	2.0	12576.24	12.57624	\$1,797,700.82
Camiones articulados de 6 Ejes	1.86%	2.0	13955.72	13.95572	\$976,445.92
Camiones articulados de 8 Ejes	0.80%	2.0	17483.13	17.48313	\$526,128.92
Subtotal					\$24,209,455.38

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 40 Km/h
TDPS (Max.Dem.) 2008 10306 Horas: 11

Movimiento Sur - Norte de la Av. Calle 7 (Sentido 1) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	71.37%	2.0	3469.56	3.46956	\$9,314,790.71
Autobuses de pasajeros	17.38%	2.0	10610.01	10.61001	\$6,936,630.61
Camiones Unitarios de 2 Ejes	3.09%	2.0	5771.90	5.7719	\$670,903.84
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.70%	2.0	7998.97	7.99897	\$511,523.97
Camiones articulados de 5 Ejes	3.80%	2.0	12071.80	12.0718	\$1,725,594.03
Camiones articulados de 6 Ejes	1.86%	2.0	13509.69	13.50969	\$945,238.34
Camiones articulados de 8 Ejes	0.80%	2.0	17129.82	17.12982	\$515,496.58
Subtotal					\$20,620,178.10

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 50 Km/h
TDPS (Dem. Media) 2008 5677 Horas: 8

Movimiento Sur - Norte de la Av. Calle 7 (Sentido 1) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	71.37%	2.0	3298.65	3.29865	\$923,747.47
Autobuses de pasajeros	17.38%	2.0	10152.12	10.15212	\$692,321.54
Camiones Unitarios de 2 Ejes	3.09%	2.0	5624.85	5.62485	\$68,197.86
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.70%	2.0	7908.59	7.90859	\$52,753.26
Camiones articulados de 5 Ejes	3.80%	2.0	11823.34	11.82334	\$176,288.96
Camiones articulados de 6 Ejes	1.86%	2.0	13304.72	13.30472	\$97,100.17
Camiones articulados de 8 Ejes	0.80%	2.0	16980.38	16.98038	\$53,301.41
Subtotal					\$2,063,710.68

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 60 Km/h
TDPS (Min. Dem.) 2008 1075 Horas: 5

Movimiento Norte - Sur de la Av. Calle 7 (Sentido 2) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	75.69%	2.0	3759.05	3.75905	\$9,790,006.48
Autobuses de pasajeros	16.18%	2.0	14649.83	14.64983	\$8,156,004.82
Camiones Unitarios de 2 Ejes	2.54%	2.0	6113.73	6.11373	\$534,326.04
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.86%	2.0	8268.53	8.26853	\$529,185.12
Camiones articulados de 5 Ejes	1.46%	2.0	12576.24	12.57624	\$631,786.07
Camiones articulados de 6 Ejes	1.28%	2.0	13955.72	13.95572	\$614,650.99
Camiones articulados de 8 Ejes	0.99%	2.0	17483.13	17.48313	\$595,553.46
Subtotal					\$20,851,512.99

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 40 Km/h
TDPS (Max.Dem.) 2008 9427 Horas: 10

Movimiento Norte - Sur de la Av. Calle 7 (Sentido 2) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	75.69%	2.0	3469.56	3.46956	\$9,036,063.60
Autobuses de pasajeros	16.18%	2.0	10610.01	10.61001	\$5,906,914.46
Camiones Unitarios de 2 Ejes	2.54%	2.0	5771.90	5.7719	\$504,450.88
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.86%	2.0	7998.97	7.99897	\$511,933.30
Camiones articulados de 5 Ejes	1.46%	2.0	12071.80	12.0718	\$606,444.78
Camiones articulados de 6 Ejes	1.28%	2.0	13509.69	13.50969	\$595,006.52
Camiones articulados de 8 Ejes	0.99%	2.0	17129.82	17.12982	\$583,518.15
Subtotal					\$17,744,331.69

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 50 Km/h
TDPS (Dem. Media.) 2008 6120 Horas: 9

Movimiento Norte - Sur de la Av. Calle 7 (Sentido 2) en	% de Vehículos	IRI	COV por 1000 Vehic.	COV x Vehic	Costos Anuales
Automóviles Y Utilitarios	75.69%	2.0	3298.65	3.29865	\$1,228,450.04
Autobuses de pasajeros	16.18%	2.0	10152.12	10.15212	\$808,198.46
Camiones Unitarios de 2 Ejes	2.54%	2.0	5624.85	5.62485	\$70,295.48
Camiones Unitarios de 3 Ejes	1.86%	2.0	7908.59	7.90859	\$72,376.03
Camiones articulados de 5 Ejes	1.46%	2.0	11823.34	11.82334	\$84,932.87
Camiones articulados de 6 Ejes	1.28%	2.0	13304.72	13.30472	\$83,791.21
Camiones articulados de 8 Ejes	0.99%	2.0	16980.38	16.98038	\$82,711.40
Subtotal					\$2,430,755.49

Longitud de la vía 1.00 Km
Velocidad 60 Km/h
TDPS (Min. Dem.) 2008 1348 Horas: 5

Total de Costo Generalizado de Viaje 2008 \$87,919,944.32

C.6.3. Proyección de la demanda (TDPS) y beneficios por ahorro en los costos generalizados de viaje (CGV)

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

PROYECTO "DISTRIBUIDOR VIAL DE CALLE 7 Y AV. BORDO DE XOCHIACA"

Proyección de la Demanda (TPDS) y Beneficios por Ahorro en los Costos Generalizados de Viaje (CGV)

- SUPUESTOS:**
- AFORO ACTUAL (TDPS) =48504 VEHICULOS/DIA DE ASIGNACIÓN DE TRÁNSITO SOLO APROX 70%=33953 VEH. DEL TDPA UTILIZA LA ESTRUCTURA
 - CRECIMIENTO ANUAL DE LA DEMANDA: 3.97% >= 10 años, 3% 11 a 20 y 2% 21 a 30
 - INDICE DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO (IRI) SIN PROYECTO: 3.0
 - INDICE DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO (IRI) CON PROYECTO: 2.0
 - NO SE CONSIDERAN LOS BENEFICIOS INDIRECTOS

No.	Año	AFORO VEHICULAR (TPDA)	CGV SIN PROYECTO	CGV CON PROYECTO	AHORRO ANUAL CGV (DIFERENCIA)	
1	2010	50,429.61	\$ 128,701,042.73	\$ 91,410,366.11	\$ 37,290,676.62	
2	2011	52,431.66	\$ 133,810,474.13	\$ 95,039,357.64	\$ 38,771,116.48	tasa del 3.97%
3	2012	54,513.20	\$ 139,122,749.95	\$ 98,812,420.14	\$ 40,310,329.81	
4	2013	56,677.38	\$ 144,645,923.12	\$ 102,735,273.22	\$ 41,910,649.90	
5	2014	58,927.47	\$ 150,388,366.27	\$ 106,813,863.57	\$ 43,574,502.70	
6	2015	61,266.89	\$ 156,358,784.41	\$ 111,054,373.95	\$ 45,304,410.46	
7	2016	63,699.18	\$ 162,566,228.15	\$ 115,463,232.60	\$ 47,102,995.55	
8	2017	66,228.04	\$ 169,020,107.41	\$ 120,047,122.93	\$ 48,972,984.48	
9	2018	68,857.29	\$ 175,730,205.67	\$ 124,812,993.71	\$ 50,917,211.96	
10	2019	71,590.93	\$ 181,002,111.84	\$ 128,557,383.52	\$ 52,444,728.32	
11	2020	73,738.66	\$ 186,432,175.20	\$ 132,414,105.03	\$ 54,018,070.17	tasa del 3%
12	2021	75,950.82	\$ 192,025,140.46	\$ 136,386,528.18	\$ 55,638,612.27	
13	2022	78,229.34	\$ 197,785,894.67	\$ 140,478,124.03	\$ 57,307,770.64	
14	2023	80,576.22	\$ 203,719,471.51	\$ 144,692,467.75	\$ 59,027,003.76	
15	2024	82,993.51	\$ 209,831,055.65	\$ 149,033,241.78	\$ 60,797,813.87	
16	2025	85,483.31	\$ 216,125,987.32	\$ 153,504,239.03	\$ 62,621,748.29	
17	2026	88,047.81	\$ 222,609,766.94	\$ 158,109,366.20	\$ 64,500,400.74	
18	2027	90,689.25	\$ 229,288,059.95	\$ 162,852,647.19	\$ 66,435,412.76	
19	2028	93,409.92	\$ 236,166,701.75	\$ 167,738,226.61	\$ 68,428,475.14	
20	2029	96,212.22	\$ 243,251,702.80	\$ 172,770,373.40	\$ 70,481,329.40	
21	2030	98,136.47	\$ 248,116,736.86	\$ 176,225,780.87	\$ 71,890,955.99	tasa del 2%
22	2031	100,099.20	\$ 253,079,071.60	\$ 179,750,296.49	\$ 73,328,775.11	
23	2032	102,101.18	\$ 258,140,653.03	\$ 183,345,302.42	\$ 74,795,350.61	
24	2033	104,143.20	\$ 263,303,466.09	\$ 187,012,208.47	\$ 76,291,257.62	
25	2034	106,226.07	\$ 268,569,535.41	\$ 190,752,452.64	\$ 77,817,082.77	
26	2035	108,350.59	\$ 273,940,926.12	\$ 194,567,501.69	\$ 79,373,424.43	
27	2036	110,517.60	\$ 279,419,744.64	\$ 198,458,851.72	\$ 80,960,892.92	
28	2037	112,727.95	\$ 285,008,139.53	\$ 202,428,028.76	\$ 82,580,110.78	
29	2038	114,982.51	\$ 290,708,302.32	\$ 206,476,589.33	\$ 84,231,712.99	
30	2039	117,282.16	\$ 296,522,468.37	\$ 210,606,121.12	\$ 85,916,347.25	

ANEXO D. DATOS COMPLEMENTARIOS

D.1 LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS COSTO Y BENEFICIO DE LOS PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN (SHCP)

Sección I

Definiciones

1. Para efectos de estos Lineamientos, se entenderá por:
 - i. Análisis costo y beneficio: la evaluación de los programas y proyectos de inversión a que se refiere el artículo 34, fracción II de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, y que considera los costos y beneficios directos e indirectos que los programas y proyectos generan para la sociedad.
 - ii. Oferta: Se refiere a la capacidad de producción, suministro y/o cantidad disponible de bienes o servicios.
 - iii. Demanda: Cantidad requerida de bienes o servicios.
 - iv. Cartera: los Programas y Proyectos de Inversión de conformidad con lo establecido en los artículos 34, fracción III, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria y 46 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.
 - v. Costo total: la suma del monto total de inversión, los gastos de operación y mantenimiento, y otros costos y gastos asociados a los programas y proyectos de inversión;
 - vi. Evaluación socioeconómica: Es la evaluación del proyecto desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto; para conocer el efecto neto de los recursos utilizados en la producción de los bienes o servicios sobre el bienestar de la sociedad. Dicha evaluación debe incluir todos los factores del proyecto, es decir, sus costos y beneficios independientemente del agente que los enfrente. Ello implica considerar adicionalmente a los costos y beneficios monetarios, las externalidades y los efectos indirectos e intangibles que se deriven del proyecto.
 - vii. Evaluación Financiera: Es aquella que permite determinar si el proyecto es capaz de generar un flujo de recursos positivos para hacer frente a todas las obligaciones del proyecto y alcanzar una cierta tasa de rentabilidad esperada.

Bajo esta perspectiva se deben incluir todos los costos y beneficios privados que genera el proyecto, incluidos los costos financieros por préstamos de capital, pago de impuestos e ingresos derivados de subsidios recibidos. Los precios empleados son los de mercado.
 - viii. Ley: Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.
 - ix. Ley de Transparencia: la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental.
 - x. Memoria de Cálculo: Hoja de cálculo electrónica donde se incluyan los datos, parámetros, fórmulas y cálculos para sustentar la información presentada en el análisis costo y beneficio.
 - xi. Monto total de inversión: el total de gasto de capital que se requiere para la realización de un programa o proyecto de inversión. Incluye tanto los recursos fiscales presupuestarios y propios, como los de otras fuentes de financiamiento, tales como las aportaciones de las entidades federativas y los municipios y las de inversionistas privados, fideicomisos públicos, crédito externo, y otros.
 - xii. Reglamento: Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.
 - xiii. PIPP: el sistema del Proceso Integral de Programación y Presupuesto.
 - xiv. Precios sociales: los valores que reflejan el costo de oportunidad para la sociedad de utilizar un bien o servicio y que pueden diferir de los precios de mercado, como por ejemplo el precio social de la mano de obra, del capital y del tiempo.
 - xv. Programas y proyectos de inversión: los conjuntos de obras y acciones que llevan a cabo las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal para la construcción, ampliación, adquisición, modificación, mantenimiento o conservación de activos fijos, con el propósito de solucionar una problemática y que generan beneficios y costos a lo largo del tiempo.
 - xvi. Proyectos de inversión: las acciones que implican erogaciones de gasto de capital destinadas a obra pública en infraestructura, así como la construcción, adquisición y modificación de inmuebles, las adquisiciones de bienes muebles asociadas a estos proyectos, y las rehabilitaciones que impliquen un aumento en la capacidad o vida útil de los activos de infraestructura e inmuebles.

xvii. Programas de inversión: las acciones que implican erogaciones de gasto de capital no asociadas a proyectos de inversión.

xviii. Secretaría: la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

xix. Unidad de Inversiones: la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Sección II

Tipos de proyectos y programas de inversión

2. Los proyectos de inversión se clasifican en los siguientes tipos:

- i. Proyectos de infraestructura económica, cuando se trate de la construcción, adquisición y ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios en los sectores de agua, comunicaciones y transportes, electricidad, hidrocarburos y turismo. Bajo esta denominación, se incluyen todos los proyectos de infraestructura productiva de largo plazo a que se refieren los artículos 18, tercer párrafo, de la Ley General de Deuda Pública y 32, segundo párrafo, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, así como los de rehabilitación y mantenimiento cuyo objeto sea incrementar la vida útil o capacidad original de los activos fijos destinados a la producción de bienes y servicios de los sectores mencionados;
- ii. Proyectos de infraestructura social, cuando se trate de la construcción, adquisición y ampliación de activos fijos para llevar a cabo funciones en materia de educación, ciencia y tecnología, cultura, deporte, salud, seguridad social, urbanización, vivienda y asistencia social;
- iii. Proyectos de infraestructura gubernamental, cuando se refieran a la construcción, adquisición y ampliación de activos fijos para llevar a cabo funciones de gobierno, tales como seguridad nacional, seguridad pública y procuración de justicia, entre otras, así como funciones de desarrollo económico y social distintas a las señaladas en las fracciones anteriores. Esta fracción no incluye los proyectos de inmuebles destinados a oficinas administrativas, mismos que están comprendidos en la fracción iv de este numeral;
- iv. Proyectos de inmuebles, cuando se refieran a la construcción, adquisición y ampliación de inmuebles destinados a oficinas administrativas, incluyendo las operaciones que se realicen bajo el esquema de arrendamiento financiero, y
- v. Otros proyectos de inversión, cuando se trate de aquellos que no estén identificados en las fracciones anteriores.

3. Los programas de inversión se clasifican en los siguientes tipos:

- i. Programas de adquisiciones, cuando se trate de la compra de bienes muebles, tales como vehículos, mobiliario para oficinas, bienes informáticos y equipo diverso, entre otros, que no estén asociados a proyectos de inversión;
- ii. Programas de mantenimiento, tratándose de acciones cuyo objeto sea conservar o mantener los activos existentes en condiciones adecuadas de operación y que no impliquen un aumento en la vida útil o capacidad original de dichos activos para la producción de bienes y servicios. Estas acciones incluyen reparaciones y remodelaciones de activos fijos y bienes inmuebles aun cuando se trate de obra pública o se asocien a ésta;
- iii. Estudios de preinversión, cuando se trate de estudios que sean necesarios para que una dependencia o entidad tome la decisión de llevar a cabo un programa o proyecto de inversión. Los estudios que se realicen con posterioridad a la decisión de ejecutar un programa o proyecto deberán considerarse dentro del monto total de inversión del mismo, y
- iv. Otros programas de inversión, cuando se trate de acciones que impliquen erogaciones de gasto de capital no identificadas en las fracciones anteriores.

Sección III Tipos de análisis costo y beneficio

4. Se establecen los siguientes tipos de análisis costo y beneficio que serán aplicables a los programas y proyectos de inversión que consideren realizar las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal:

- i. Análisis costo-beneficio;
- ii. Análisis costo-beneficio simplificado;
- iii. Análisis costo-eficiencia, y
- iv. Justificación económica.

Sección IV Del análisis costo-beneficio y su contenido

5. El análisis costo-beneficio consistirá en una evaluación del proyecto a un nivel de prefactibilidad, conforme a lo señalado en el Anexo 1, y deberá estar sustentado con información confiable y precisa que permita incorporar una

cuantificación en términos monetarios de los beneficios y costos en forma detallada.

6. El análisis costo-beneficio se aplicará en los siguientes casos:
 - i. Para los programas y proyectos de inversión con monto total de inversión mayor a 150 millones de pesos;
 - ii. Para los proyectos de infraestructura productiva de largo plazo, y
 - iii. Para aquellos programas y proyectos de inversión que así lo determine la Secretaría, a través de la Unidad de Inversiones, independientemente de su monto total de inversión.
 7. En el caso de los proyectos de infraestructura económica, así como de aquellos otros que por sus características determine la Unidad de Inversiones, el análisis costo-beneficio se acompañará de una manifestación del administrador del proyecto o del área competente de la dependencia o entidad, de que éste es factible técnica, legal y ambientalmente.
 8. El análisis costo-beneficio deberá contener lo siguiente:
 - i. Resumen ejecutivo. El resumen ejecutivo deberá presentar la visión global del proyecto, describiendo brevemente sus aspectos más relevantes. Se explicará en forma concisa, la problemática que se pretende resolver o las necesidades a cubrir; las principales características del proyecto, las razones por las que la alternativa elegida es la más conveniente; el monto de inversión y sus principales componentes, los indicadores de rentabilidad y los riesgos asociados a su ejecución.
 - ii. Situación sin proyecto y posibles soluciones. En esta sección se deberá presentar lo siguiente:
 - a) Diagnóstico de la situación actual que motiva la realización del proyecto, resaltando la problemática que se pretende resolver;
 - b) Descripción de la situación actual optimizada, la cual detallará las acciones que llevarían a cabo las dependencias o entidades en caso de que el proyecto no se realice. El efecto de las medidas de optimización deberá proyectarse a lo largo del horizonte de evaluación, con el fin de asegurar que en ésta solamente se consideren los costos y beneficios atribuibles a la realización del proyecto;
 - c) Análisis de la Oferta y Demanda de la situación sin proyecto. Se deberá incluir una estimación de la Oferta, Demanda y, en su caso, precios a lo largo del horizonte de evaluación, explicando su comportamiento y su evolución, señalando la metodología y los supuestos utilizados, así como la justificación de los mismos, y
 - d) Alternativas de solución. Se deberán describir las alternativas que pudieran resolver la problemática señalada, identificando y explicando sus características técnicas, económicas, así como las razones por las que no fueron seleccionadas.

Para efectos de este inciso, no se considera como alternativa de solución diferente, la comparación entre distintos proveedores del mismo bien o servicio.
 - iii. Descripción del proyecto. En esta sección se deberán señalar las características más importantes del proyecto de inversión, incluyendo lo siguiente:
 - a) Objetivo, es la descripción de cómo el proyecto contribuye a la consecución de los objetivos y estrategias establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo y los programas sectoriales, regionales y especiales, así como al mecanismo de planeación al que hace referencia al artículo 34 fracción I de la Ley;
 - b) Propósito, es el resultado inmediato o consecuencia directa que se espera lograr con la ejecución del proyecto y que contribuirá a alcanzar el objetivo a que se refiere el inciso anterior, por ejemplo, ahorros en tiempos en el caso de una carretera o aumento en la cobertura del servicio en el caso de líneas de distribución eléctrica;
 - c) Componentes, indicar el número, tipo y principales características de los activos que resultarían de la realización del proyecto, tales como edificios, caminos, plantas productivas, redes, mobiliario y equipamiento, o servicios, los cuales son necesarios para alcanzar el propósito del mismo;
 - d) Calendario de actividades, programación de las principales acciones que se requieren para generar los componentes del proyecto;
 - e) Tipo de proyecto o programa, justificación conforme al numeral 2 de estos Lineamientos;
 - f) Localización geográfica, dónde se desarrollará el proyecto, así como su zona de influencia;
 - g) Vida útil del programa o proyecto y su horizonte de evaluación;

- h) Capacidad instalada que se tendría y su evolución en el horizonte de evaluación del proyecto;
 - i) Metas anuales y totales de producción de bienes y servicios cuantificadas en el horizonte de evaluación;
 - j) Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación, identificar, describir, cuantificar y valorar la generación de ingresos o la obtención de ahorros derivados del proyecto de forma desagregada incluyendo los supuestos y fuentes empleadas para su cálculo;
 - k) Una descripción de los aspectos más relevantes de las evaluaciones técnica, legal y ambiental del proyecto;
 - l) El avance en la obtención de los derechos de vía, manifestación de impacto ambiental, cambio de uso de suelo y cualquier otro trámite previo, en el caso de proyectos que requieran contar con ellos;
 - m) El costo total del proyecto, considerando por separado las erogaciones a realizar tanto en la etapa de ejecución como en la de operación:
 - m.1) Para la etapa de ejecución, el calendario de inversiones por año y la distribución del monto total de inversión en los componentes del proyecto o en sus principales rubros, y
 - m.2) Para la etapa de operación, la distribución de las erogaciones a realizar en sus principales rubros;
 - n) Las fuentes de recursos, su calendarización estimada y su distribución entre recursos públicos (federales, estatales y municipales) y privados;
 - o) Supuestos técnicos y socio-económicos, señalando los más importantes para efectos de la evaluación, tales como factor de planta, rendimiento por hectárea, variación del Producto Interno Bruto, crecimiento de la población, tipo de cambio, costo de los combustibles, precios de los productos, entre otros.
 - p) Infraestructura existente y proyectos en desarrollo que podrían verse afectados por la realización del proyecto.
- iv. Situación con proyecto. En esta sección se deberá considerar el impacto que tendría sobre el mercado la realización del proyecto. Para dicho análisis deberá compararse la situación actual optimizada con la situación con proyecto, de tal manera que se identifiquen los impactos atribuibles al proyecto exclusivamente, mismos que deberán reflejarse en el flujo de costos y beneficios. Este análisis deberá comparar las estimaciones de la Oferta y Demanda incluidas en el punto ii con las estimadas en la situación con proyecto.
- v. Evaluación del proyecto. En esta sección se deberán identificar y cuantificar en términos monetarios los costos y beneficios del proyecto, así como el flujo de los mismos a lo largo del horizonte de evaluación, con objeto de mostrar que el proyecto es susceptible de generar, por sí mismo, beneficios netos para la sociedad bajo supuestos razonables.
- En la evaluación del proyecto se deberán tomar en cuenta los efectos directos e indirectos, incluyendo, en su caso, las externalidades y los efectos intangibles, derivados de su realización sobre el mercado relevante, los mercados relacionados de bienes y servicios, y otros agentes económicos, a fin de determinar su impacto final sobre la sociedad.
- Se deberán presentar los indicadores de rentabilidad que resulten del flujo neto de costos y beneficios del proyecto; así como el cálculo del Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y, en el caso de proyectos cuyos beneficios sean crecientes en el tiempo, la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI).
- Los indicadores de rentabilidad se calcularán de conformidad con las fórmulas contenidas en el Anexo 1.
- vi. Análisis de sensibilidad y riesgos. Mediante este análisis, se deberán identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, esto es, el VPN, la TIR y, en su caso, la TRI. Entre otros aspectos, deberá considerarse el efecto derivado de variaciones porcentuales en: el monto total de inversión, los costos de operación y mantenimiento, los beneficios, en la demanda, el precio de los principales insumos y los bienes y servicios producidos, etc.; asimismo, se deberá señalar la variación porcentual de estos rubros con la que el VPN sería igual a cero.
- Finalmente, se deberán considerar los riesgos asociados tanto en la etapa de ejecución del proyecto como en su operación que puedan afectar su viabilidad y rentabilidad.
- vii. Conclusiones. Exponer de forma clara y precisa los argumentos por los cuales el proyecto debe realizarse.

Sección V

Del análisis costo-beneficio simplificado y su contenido

9. El análisis costo-beneficio simplificado deberá contener los mismos elementos y apartados que los descritos en el numeral 8, así como la manifestación a que se refiere el numeral 7. Dicho análisis consistirá en una evaluación a

nivel mínimo de perfil, que se elaborará con la información disponible con que cuente la dependencia o entidad correspondiente, conforme a lo señalado en el Anexo 1.

10. El análisis costo-beneficio simplificado se aplicará en los siguientes casos:

- i. Los programas y proyectos de inversión cuyo monto total de inversión sea mayor a 20 millones de pesos y de hasta 150 millones de pesos;
- ii. Los programas de adquisiciones a que se refiere la fracción i del numeral 3 de estos Lineamientos, que representen una erogación mayor a 50 millones de pesos.
- iii. Los programas de inversión a que se refiere la fracción iv del numeral 3 de estos Lineamientos, cuyo monto total de inversión sea mayor a 20 millones de pesos.

Sección VI

Del análisis costo-eficiencia y su contenido

11. El análisis costo-eficiencia se aplicará en los siguientes casos:

- i. Los programas y proyectos de inversión en los que los beneficios no sean cuantificables;
- ii. Los programas y proyectos de inversión en los que los beneficios sean de difícil cuantificación, es decir, cuando no generan un ingreso o un ahorro monetario y se carezca de información para hacer una evaluación adecuada de los beneficios no monetarios.
- iii. Los programas y proyectos de inversión que respondan a motivos de seguridad nacional;
- iv. Los proyectos de infraestructura social y gubernamental cuyo monto total de inversión sea mayor a 20 millones de pesos y de hasta 150 millones de pesos.
- v. Los programas de mantenimiento cuyo monto total de inversión sea mayor a 150 millones de pesos.

12. El contenido del documento donde se presente el análisis costo-eficiencia será el mismo que se señala en el numeral 8 de estos Lineamientos, excepto por lo que se refiere a la cuantificación de los beneficios y, por lo tanto, al cálculo de los indicadores de rentabilidad. Adicionalmente, en el análisis costo-eficiencia se deberá incluir la evaluación de, al menos, una segunda alternativa de programa o proyecto, de manera que se muestre que la alternativa elegida es la más conveniente en términos de costos. Para ello, se deberán comparar las opciones calculando el Costo Anual Equivalente (CAE), conforme a la fórmula que se especifica en el Anexo 1. Para efectos de este numeral, no se considera como alternativa diferente, la comparación entre distintos proveedores del mismo bien o servicio.

13. Cuando el monto total de inversión del programa o proyecto sea mayor a 150 millones de pesos, el análisis costo-eficiencia se realizará a nivel de prefactibilidad, mientras que cuando sea de hasta 150 millones de pesos se deberá presentar a nivel de perfil, de conformidad con las definiciones establecidas en el Anexo 1.

14. En el caso a los que se refieren los incisos i y ii del numeral 11, el análisis costo-eficiencia deberá acompañarse de una justificación que lo sustente. La Secretaría, por conducto de la Unidad de Inversiones, podrá solicitar la presentación de un análisis costo-beneficio o costo-beneficio simplificado, según corresponda. En cualquier caso se deberán señalar a nivel cualitativo cuáles son los beneficios del programa o proyecto.

Sección VII

De la justificación económica y su contenido

15. La justificación económica consistirá en una descripción detallada del problema a resolver con el programa o proyecto de inversión, así como las razones para elegir la solución presentada.

16. La justificación económica se aplicará en los siguientes casos:

- i. Los programas y proyectos de inversión cuyo monto total de inversión sea de hasta 20 millones de pesos;
- ii. Los programas de adquisiciones que signifiquen una erogación de hasta 50 millones de pesos;
- iii. Los programas de mantenimiento menores a 150 millones de pesos, y
- iv. Los estudios de preinversión, independientemente de su monto total de inversión.

17. El documento que se presente con la justificación económica deberá contener los siguientes elementos:

- i. Tipo de programa o proyecto, de conformidad con lo establecido en los numerales 2 y 3 de estos Lineamientos, y la localización geográfica donde se desarrollará el proyecto y, en su caso, su zona de influencia;
- ii. Monto total de inversión y calendario de inversiones por año, identificando los componentes del programa o proyecto o sus principales rubros;
- iii. Fuentes de recursos;

iv. La situación actual, donde se identifique el problema que requiere ser solucionado con el programa o proyecto de inversión;

Adicionalmente, en la situación actual se deberá incluir una descripción del estado de los bienes y equipos de la dependencia o entidad que serán sustituidos, señalando su cantidad, antigüedad y estado actual;

v. Alternativas de solución a la problemática, describiendo en qué consiste cada una de ellas e identificando sus ventajas y desventajas frente a las otras. No se considerará como alternativa de solución válida permanecer en la situación actual;

vi. Dentro de las alternativas señaladas, las razones por las que se eligió la solución más viable técnica y económicamente;

vii. Componentes, indicar el número, tipo y principales características de los activos que resultarían de la realización del proyecto, tales como edificios, caminos, plantas productivas, redes, mobiliario y equipamiento, o servicios. Se debe presentar un listado de los componentes del programa o proyecto con sus costos estimados.

En el caso de los estudios de preinversión a que se refiere la fracción iii del numeral 3 de estos Lineamientos, el documento debe contener la información señalada en las fracciones i a iv de este numeral, junto con la vigencia del estudio y una descripción de los estudios a realizar así como cualquier otra información que en su caso solicite la Unidad de Inversiones.

Sección VIII

De la identificación de los programas de adquisiciones

18. Al definir sus programas de adquisiciones, las dependencias y entidades deberán considerar la naturaleza de los bienes que se adquieren, sin combinar adquisiciones de naturalezas distintas.
19. Las dependencias y entidades podrán consolidar sus adquisiciones de una misma naturaleza, aun cuando las realicen diversas unidades responsables. Por ejemplo, podrán integrar sus adquisiciones de equipo informático o de vehículos para uso administrativo en un solo programa para cada uno de estos conceptos, sin importar que el presupuesto provenga de distintas unidades responsables.
20. En casos excepcionales, debidamente justificados, se podrán incluir bienes de naturalezas distintas en un solo programa cuyo monto total no rebase 20 millones de pesos.
21. En materia de adquisiciones, las dependencias y entidades deberán manifestar de manera expresa, en el análisis costo y beneficio correspondiente, que cumplen con las disposiciones vigentes en materia de austeridad y disciplina presupuestaria.

Sección IX

Disposiciones generales

22. Para el caso de proyectos de infraestructura productiva de largo plazo y los de adquisición por arrendamiento financiero, se deberá presentar una evaluación financiera, mostrando en términos de valor presente, los ingresos generados o los ahorros obtenidos y las erogaciones del proyecto para la dependencia o entidad que lo realiza.
23. Conforme a lo previsto en el segundo párrafo del artículo 47 del Reglamento, las dependencias y entidades deberán actualizar el análisis costo y beneficio cuando se modifique el alcance del programa o proyecto de inversión. Se considera que un programa o proyecto de inversión ha modificado su alcance, cuando se presente alguna de las siguientes condiciones:
 - a) Variación en el monto total de inversión de conformidad con los siguientes porcentajes:

Cuadro 3.1 Variación en el monto total de inversión

Monto total de inversión	Porcentaje de variación
Hasta mil millones de pesos	25%
Superior a mil millones y hasta 10 mil millones de pesos	15%
Mayor a 10 mil millones de pesos	10%

b) Modificación en el tipo de inversión, cuando el programa o proyecto de inversión presente un cambio total en la modalidad de financiamiento señalado en el segundo párrafo del artículo 46 del Reglamento.

c) Modificación en el tipo de programa o proyecto de inversión, cuando el programa o proyecto presente un cambio

de conformidad con los programas y proyectos de inversión establecidos en la sección II de los presente Lineamientos.

24. A fin de cumplir con lo establecido en el artículo 109 de la Ley, en la Ley de Transparencia y demás disposiciones en la materia, los análisis costo y beneficio se difundirán por medios electrónicos a través de la página de Internet de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
25. En caso de que exista información considerada por la dependencia o entidad como de carácter reservado, además de presentar la versión completa del análisis costo y beneficio en términos de estos Lineamientos, la dependencia o entidad deberá presentar una segunda versión del análisis costo y beneficio que excluya la información reservada en términos de la Ley de Transparencia y demás disposiciones en la materia. Las dependencias y entidades no podrán argumentar que el total del contenido del análisis costo y beneficio es considerado como información reservada.
26. El análisis costo y beneficio no se requerirá cuando se trate de programas y proyectos de inversión que se deriven de la atención prioritaria e inmediata de desastres naturales, conforme a lo establecido en el Art. 42, fracción II, de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y el Art. 41, fracción II, de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y fracción II del artículo 34 de la Ley.
27. Los beneficios y costos se expresarán en términos reales, esto es, descontando el efecto causado por la inflación. Para ello, en el caso de los análisis costo y beneficio de proyectos por iniciar, los beneficios y costos se expresarán a precios del año en el que se solicita el registro en la Cartera, mientras que en el caso de proyectos ya iniciados para los cuales se requiera la actualización del análisis costo y beneficio, se deberá utilizar la información en términos reales sobre erogaciones realizadas que se haya reportado a través del PIPP para efectos del seguimiento del ejercicio de dichos proyectos. El deflactor a emplearse deberá ser el correspondiente al Producto Interno Bruto.
28. La tasa social de descuento que se deberá utilizar en el análisis costo y beneficio será 12 por ciento anual en términos reales.
29. Adicionalmente, las dependencias y entidades procurarán utilizar otros precios sociales, como los de la mano de obra, el tiempo y la divisa, en las evaluaciones costo-beneficio, costo-beneficio simplificado y costo-eficiencia que realicen, así como incorporar la cuantificación, cuando sea posible, de las externalidades positivas o negativas que genere el programa o proyecto. La Unidad de Inversiones podrá solicitar que, por sus características, un programa o proyecto sea evaluado utilizando precios sociales, en cuyo caso deberá determinar los parámetros correspondientes.
30. Cuando en la cuantificación monetaria de beneficios y costos se utilicen precios de mercado, éstos serán netos de impuestos y subsidios, es decir, a los precios de mercado se les restarán los impuestos y se les sumarán los subsidios.
31. El envío del análisis costo y beneficio deberá realizarse a través del Módulo de Cartera del PIPP.
32. Las dependencias y entidades deberán anexar la memoria de cálculo y todos aquellos documentos que sustenten el análisis costo y beneficio.
33. La Secretaría, a través de la Unidad, de Inversiones, a su juicio y considerando las características técnicas y económicas, así como el impacto social de un programa o proyecto de inversión, podrá requerir un cambio en el tipo de análisis costo y beneficio dentro de los establecidos en los presentes Lineamientos.
34. Las dependencias y entidades deberán informar a la Unidad de Inversiones a través del PIPP, las variaciones en la modalidad de financiamiento señalado en el segundo párrafo del artículo 46 del Reglamento de la Ley.

TRÁNSITORIOS

PRIMERO. Los presentes Lineamientos entrarán en vigor a los veinte días siguientes al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO. A partir de la fecha señalada en el Transitorio anterior, se dejan sin efectos los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión” emitidos por la Unidad de Inversiones mediante oficio 400.1.410.05.064 del 20 de diciembre de 2005.

Dado en la Ciudad de México, a diez de marzo de dos mil ocho.- El Titular de la Unidad de Inversiones, **Carlos Montaña Fernández.**- Rúbrica.

Anexo 1

Niveles de evaluación e indicadores de rentabilidad

- A. Para efectos de lo establecido en los numerales 5, 9 y 13 de los Lineamientos, las evaluaciones a nivel de perfil y prefactibilidad se definen de la siguiente manera:

Evaluación a nivel de perfil: evaluación de un programa o proyecto de inversión en la que se utiliza la información disponible con que cuenta la dependencia o entidad, incluyendo la experiencia derivada de proyectos realizados y el criterio profesional de los evaluadores. También se puede utilizar información proveniente de revistas especializadas, libros en la materia, artículos, estudios similares, estadísticas e información histórica, así como experiencias de otros países y gobiernos. Para este tipo de evaluación, la información a utilizar, para efectos de la cuantificación y valoración de los costos y beneficios, puede no ser muy precisa; sin embargo, debe permitir el cálculo de indicadores de rentabilidad.

Evaluación a nivel de prefactibilidad: evaluación de un programa o proyecto de inversión en la que se utiliza, además de los elementos considerados en la evaluación a nivel de perfil, información de estudios técnicos, cotizaciones y encuestas elaborados especialmente para llevar a cabo la evaluación de dicho programa o proyecto. La información utilizada para este tipo de evaluación debe ser más detallada y precisa, especialmente por lo que se refiere a la cuantificación y valoración de los costos y beneficios.

B. Las fórmulas para el cálculo de los indicadores de rentabilidad a que se hace referencia en los numerales 8 y 12 de los Lineamientos, son:

1. Valor Presente Neto (VPN):

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

Donde:

B_t = beneficios totales en el año t

C_t = costos totales en el año t

B_t - C_t = Flujo neto en el año t

r = tasa social de descuento.

n = número de años del horizonte de evaluación.

t = año calendario, en donde el año 0 será el del inicio de las erogaciones.

2. Tasa Interna de Retorno (TIR): La TIR es el valor de la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero.

$$\sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+TIR)^t} = 0$$

3. Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI):

$$TRI = \frac{(B_{t+1} - C_{t+1})}{I_t}$$

Donde:

B_{t+1} = beneficio total en el año t+1

C_{t+1} = costo total en el año t+1

I_t = monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)

t = año anterior al primer año de operación

t+1 = primer año de operación

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto cuyos beneficios son crecientes en el tiempo es el primer año en que la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento.

4. Costo Anual Equivalente (CAE):

$$CAE = (VPC) \left[\frac{r(1+r)^m}{(1+r)^m - 1} \right]$$

Donde:

B_{t+1} = beneficio total en el año t+1

m = número de años de vida útil del activo

VPC = valor presente del costo total del proyecto (esto es, monto total de inversión, gastos de operación y mantenimiento y otros gastos asociados) y se calcula de la siguiente manera:

$$VPC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

C_t = costos totales en el año t

r = tasa social de descuento

t = año calendario, en donde el año 0 será el del inicio de las erogaciones.

n = número de años del horizonte de evaluación.

La alternativa más conveniente será aquella con el menor CAE. Si la vida útil de los activos bajo las alternativas analizadas es la misma, la comparación entre éstas se realizará únicamente a través del valor presente de los costos de las alternativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Cal y Mayor R, Rafael., Cárdenas G, James. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. México, 2007.
- Enciclopedia de los Municipios de México, Estado de México, Nezahualcóyotl. Localizable en: www.e-local.gob.mx.
- Garber, Nicholas J.; Hoel, Lester A. "Ingeniería de Tránsito y Carreteras". Universidad de Virginia. Editorial Thomson. Tercera Edición. 2005.
- Hinojosa, Jorge. Evaluación económico-financiera de proyectos de inversión. Ed. Trillas. México, 2005.
- Sapag Chain, Nassir. Preparación y evaluación de proyectos. Ed. McGrawHill. Chile, 2008.
- Manuales de Estudios de Ingeniería de Tránsito, SEDESOL – México, 2002.
- Gobierno del Estado de México. CPLADEM 2006.
- Gobierno del Estado de México Gaceta de. Gobierno No. 55, 16 de Septiembre de 2005.
- Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle Cuautitlán – Texcoco, 2005.
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano Nezahualcóyotl 2003-2006 SNIM_V7 (Sistema Nacional de Información Municipal), actualización datos año 2000.
- Guía roji Ciudad de México.
- Publicación Técnica No. 108, IMT, Sanfandila, Qro.
- Comisión Nacional de Salarios Mínimos. Enero 2008.

Direcciones electrónicas:

<http://www.monografias.com/trabajos16/metodos-evaluacion-economica/metodos-evaluacion-economica.shtml>)

<http://www.eumed.net/libros/2006b/cag3/2f.htm>)

www.maestriaenadministracion.uson.mx/Maestros/MDELGADO/riosonoraMetodología.doc)

<http://multimedia2.coev.com/Economistes/ECONO120/art4.htm>

<http://enlinea.guadalajara.gob.mx/planeacion/PLANOS/ESTUDIOS/Urbanizaci%C3%B3n%20es%C3%BAs%20Reyes%20Heroles.pdf>)

(FIRA BI, 13) (Dula, 2000)