

CONTENIDO

1	DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	1-1
1.1	INTRODUCCIÓN	1-1
1.2	METODOLOGÍA.....	1-3
1.3	MODELACIÓN DE ALTERNATIVAS	1-9
1.3.1	Evaluación futura de los escenarios de alternativas	1-9
1.4	FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	1-23
1.4.1	Síntesis del diagnóstico.....	1-25
1.4.2	Descripción de las alternativas.....	1-26
1.4.3	Evaluación de las alternativas de transporte público	1-27
1.4.4	Infraestructura del sistema vial.....	1-58
1.4.5	Sistema de recaudo	1-63
1.5	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	1-70
1.5.1	Diseño funcional del sistema.....	1-70
1.5.2	Matriz multicriterio	1-73
1.5.3	Estructura física	1-80
1.5.4	Tipo de vehículo	1-83
1.5.5	Sistema de recaudo	1-85
1.6	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE VIALIDAD Y TRÁNSITO.....	1-86
1.6.1	Planeación.....	1-86
1.6.2	Corredores viales primarios	1-87
1.6.3	Estructura vial.....	1-87
1.6.4	Sentidos de circulación	1-88
1.6.5	Intersecciones viales conflictivas	1-88
1.6.6	Accidentes de tránsito	1-88
1.6.7	Asignación de paradas.....	1-89
1.6.8	Semáforos	1-89

1.6.9	Señalamiento vial	1-89
1.6.10	Estacionamiento.....	1-90
1.7	EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS DE VIALIDAD Y TRÁNSITO .	1-91
1.8	EVALUACIÓN URBANA	1-104
1.8.1	Introducción	1-104
1.8.2	Evaluación urbana de alternativas de vialidad y tránsito	1-105
1.8.3	Formulación de alternativas de sistema no motorizado.....	1-114
1.8.4	Evaluación de alternativas de sistema no motorizado	1-138
1.9	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA.....	1-143
1.9.1	Metodología.....	1-143
1.9.2	Costos del proyecto.....	1-143
1.9.3	Indicadores de rentabilidad	1-148
1.9.4	Situación con y sin proyectos.....	1-150
1.9.5	Costos Económicos.....	1-151
1.9.6	Determinación del valor monetario de los ahorros de tiempo.....	1-153
1.9.7	Flujos nominales	1-155
1.9.8	Flujos descontados	1-156
1.9.9	Resultados de la evaluación socioeconómica	1-158
1.9.10	Análisis de sensibilidad	1-158
1.9.11	Evaluación socioeconómica del corredor de transporte público	1-161
1.10	EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	1-171
1.10.1	Análisis de gases criterio	1-171
1.10.2	Análisis de gases invernadero	1-176
1.10.3	Análisis para la contaminación por ruido	1-178
1.11	ASPECTOS LEGALES E INSTITUCIONALES.....	1-185
1.12	PROPUESTA DE MANTENIMIENTO VIALIDADES EXISTENTES	1-186
1.12.1	Introducción.....	1-186
1.12.2	Metodología SEDESOL	1-187
1.12.3	Metodología HDM-VOC	1-216

1.12.4	Propuesta de mantenimiento de acuerdo con la metodología de SEDESOL ..	1-222
1.12.5	Especificaciones de Mantenimiento.....	1-230
1.12.6	Revisión de alumbrado público.....	1-230
1.12.7	Estimación de costos de operación HDM - VOC.....	1-230
1.12.8	Propuesta de mantenimiento	1-239
1.12.9	Conclusiones.....	1-243

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Cambios en la infraestructura vial correspondientes a la alternativa del año 2011	1-10
Figura 1.2 Cambios en la infraestructura vial correspondientes a la alternativa del año 2016	1-11
Figura 1.3 Cambios en la infraestructura vial correspondientes a la alternativa del año 2026	1-12
Figura 1.4 Configuración de la red de transporte público correspondiente a la alternativa del año 2011	1-13
Figura 1.5 Configuración de la red de transporte público correspondiente a la alternativa del año 2016	1-14
Figura 1.6 Configuración de la red de transporte público correspondiente a la alternativa del año 2026	1-15
Figura 1.7 Asignación del transporte privado. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2011	1-19
Figura 1.8 Asignación del transporte privado. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2016	1-19
Figura 1.9 Asignación del transporte privado. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2026	1-20
Figura 1.10 Asignación de pasajeros. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2011	1-21
Figura 1.11 Asignación de pasajeros. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2016	1-21
Figura 1.12 Asignación de pasajeros. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2026	1-22
Figura 1.13 Diagrama de Análisis	1-24
Figura 1.14 Carga de pasajeros por caminos mínimos	1-33
Figura 1.15 Polígono de carga tipo	1-35

Figura 1.16 Rutas actuales. Situación base	1-39
Figura 1.17 Carga de pasajeros en la red. Situación Base	1-41
Figura 1.18 Carga de pasajeros en la red. Situación base – Detalle	1-42
Figura 1.19 Recorrido de rutas. Alternativa sin Terminal	1-45
Figura 1.20 Carga del Sistema. Alternativa sin Terminal	1-48
Figura 1.21 Carga del sistema. Alternativa sin Terminal (Detalle)	1-49
Figura 1.22 Recorrido de las rutas. Alternativa con Terminal	1-51
Figura 1.23 Carga de pasajeros. Alternativa con Terminal	1-55
Figura 1.24 Carga de pasajeros. Alternativa con Terminal (Detalle).....	1-56
Figura 1.25 Relación V/C año 2011	1-95
Figura 1.26 Relación V/C año 2016	1-97
Figura 1.27 Relación V/C año 2026	1-98
Figura 1.28 Zonificación para sistema de pares viales	1-107
Figura 1.29 Estrategia General de Nuevas Vialidades.....	1-111
Figura 1.30 Viajes realizados a pie	1-116
Figura 1.31 Líneas de deseo de viajes en medios no motorizados	1-117
Figura 1.32 Diagrama de funcionamiento del sistema no motorizado	1-118
Figura 1.33 Crecimiento de red de ciclovías por periodos	1-120
Figura 1.34 Esquema conceptual de corredores alimentadores a troncal en etapa inmediata.....	1-121
Figura 1.35 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona norte.....	1-123
Figura 1.36 Plano de ubicación de corredor.....	1-124
Figura 1.37 Planta de corredor Dostoievsky - Cervantes.....	1-124

Figura 1.38 Sección de corredor Dostoievsky – Cervantes	1-125
Figura 1.39 Complejo de espacios públicos del centro histórico. Plaza Mayor...	1-127
Figura 1.40 Plano de uso de suelos y ciclorutas en la zona centro	1-128
Figura 1.41 Estrategia general de corredores y espacio público en zona centro. Vialidades con potencial de intervención	1-129
Figura 1.42 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona centro.....	1-130
Figura 1.43 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona centro.....	1-131
Figura 1.44 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona centro.....	1-131
Figura 1.45 Planta de Av. Niños Héroes y Av. Ocampo. Inicio de corredor peatonal ...	1-132
Figura 1.46 Imagen propuesta para corredor Ángel Trias.....	1-132
Figura 1.47 Corredor calle décima	1-133
Figura 1.48 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona sur.....	1-135
Figura 1.49 Plano de ubicación de corredor-parque lineal Calle 15.....	1-136
Figura 1.50 Planta del corredor – parque lineal Calle 15	1-136
Figura 1.51 Sección de corredor – parque lineal Calle 15	1-137
Figura 1.52 Área de influencia de los corredores de ciclovías	1-141
Figura 1.53 Toneladas anuales de ahorro de CO ₂	1-173
Figura 1.54 Ahorro de CO ₂ por zonas	1-174
Figura 1.55 Evolución del ruido a lo largo del horizonte de plantación (Escenario Línea-Base).....	1-179
Figura 1.56 Diferencia en el LAQ en el escenario línea base entre 2006 y 2026	1-183

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Viajes por tipo de vehículo. Escenario moderado	1-18
Tabla 1.2 Viajes por tipo de vehículo. Escenario optimista	1-18
Tabla 1.3 Características de las alternativas.....	1-29
Tabla 1.4 Nivel de Servicio por Tipo de Vehículo.....	1-36
Tabla 1.5 Factor de expansión de la demanda horaria al día	1-37
Tabla 1.6 Días equivalentes	1-38
Tabla 1.7 Carga de rutas en la situación actual. Pico AM.....	1-40
Tabla 1.8 Tiempos medios de viaje. Situación base	1-43
Tabla 1.9 Datos operacionales. Situación base	1-44
Tabla 1.10 Datos de salida del EMME2. Alternativa sin Terminal.....	1-46
Tabla 1.11 Salida de EMME2 ajustada. Alternativa sin Terminal.....	1-47
Tabla 1.12 Tiempos promedio de viaje. Alternativa sin Terminal.....	1-50
Tabla 1.13 Parámetros operacionales. Alternativa sin Terminal	1-50
Tabla 1.14 Datos de salida de EMME2. Alternativa con Terminal	1-52
Tabla 1.15 Datos de salida de EMME2. Alternativa con Terminal	1-53
Tabla 1.16 Tiempos promedio de viaje. Alternativa con Terminal.....	1-57
Tabla 1.17 Parámetros operacionales. Alternativa con Terminal.....	1-58
Tabla 1.18 Comparativo de tiempo de viaje. Situación base y alternativas	1-72
Tabla 1.19 Comparativo de indicadores operacionales. Situación base y alternativas	1-72
Tabla 1.20 Aspectos técnicos. Alternativa 1.....	1-76

Tabla 1.21 Aspectos urbanos. Alternativa 1	1-76
Tabla 1.22 Aspectos económicos. Alternativa 1	1-77
Tabla 1.23 Aspectos ambientales. Alternativa 1	1-77
Tabla 1.24 Aspectos técnicos. Alternativa 2	1-78
Tabla 1.25 Aspectos urbanos. Alternativa 2	1-78
Tabla 1.26 Aspectos económicos. Alternativa 2	1-79
Tabla 1.27 Aspectos ambientales. Alternativa 2	1-79
Tabla 1.28 Calificación alternativa 1	1-80
Tabla 1.29 Calificación alternativa 2	1-80
Tabla 1.30 Resumen de análisis de carril izquierdo y derecho	1-81
Tabla 1.31 Resumen de especificaciones Técnicas	1-83
Tabla 1.32 Incremento de la red vial	1-92
Tabla 1.33 Velocidades medias de recorrido	1-93
Tabla 1.34 Comparación relación V/C año 2011	1-94
Tabla 1.35 Comparación relación V/C año 2016	1-96
Tabla 1.36 Comparación relación V/C año 2026	1-97
Tabla 1.37 Jerarquización de proyectos corto plazo	1-101
Tabla 1.38 Jerarquización de proyectos mediano plazo	1-102
Tabla 1.39 Jerarquización de proyectos largo plazo	1-103
Tabla 1.40 Estrategia de implementación de corredores	1-119
Tabla 1.41 Características físicas y longitud de los corredores zona norte	1-122
Tabla 1.42 Características físicas y longitud de los corredores con ciclovía zona centro	1-130

Tabla 1.43 Características físicas y longitud de los corredores zona sur	1-135
Tabla 1.44 Corredores Urbano del S.M.N.M	1-138
Tabla 1.45 Población directamente beneficiada por los proyectos no motorizados.....	1-142
Tabla 1.46 Costos anuales de inversión en proyectos de infraestructura	1-144
Tabla 1.47 Costos anuales de mantenimiento	1-144
Tabla 1.48 COP y Tiempo de viaje en situación con y sin proyecto	1-151
Tabla 1.49 Conversión de costos a precios de mercado a económicos (pesos)	1-152
Tabla 1.50: Porcentaje de ahorros por modo de transporte.....	1-153
Tabla 1.51 Estructura porcentual de los usuarios de vehículos particulares	1-154
Tabla 1.52 Valor del tiempo por tipo de usuario (\$/hora)	1-154
Tabla 1.53 Determinación del valor monetario de los ahorros de tiempo de viaje.....	1-155
Tabla 1.54 Flujos nominales anuales de los proyectos considerados (pesos) ...	1-156
Tabla 1.55 Flujos descontados anuales de los proyectos considerados (pesos)	1-157
Tabla 1.56 Indicadores de rentabilidad	1-158
Tabla 1.57 Análisis de sensibilidad de los costos de inversión	1-159
Tabla 1.58 Análisis de sensibilidad de los costos de mantenimiento.....	1-159
Tabla 1.59 Análisis de sensibilidad de los ahorros en COP	1-160
Tabla 1.60 Análisis de sensibilidad de los ahorros en tiempo de viaje	1-161
Tabla 1.61 Costos de inversión del CTP	1-162
Tabla 1.62 COP en la situación con y sin proyecto para el CTP.....	1-163
Tabla 1.63 Determinación de los costos económicos del CTP	1-164

Tabla 1.64 Flujos nominales anuales del CTP (pesos).....	1-165
Tabla 1.65 Flujos descontados anuales del CTP (pesos).....	1-166
Tabla 1.66 Indicadores de rentabilidad del CTP	1-167
Tabla 1.67 Análisis de sensibilidad de los costos de inversión del CTP	1-168
Tabla 1.68 Análisis de sensibilidad de los costos de mantenimiento del CTP	1-168
Tabla 1.69 Análisis de sensibilidad de los ahorros en COP del CTP.....	1-169
Tabla 1.70 Análisis de sensibilidad de los ahorros en tiempo de viaje del CTP .	1-170
Tabla 1.71 Emisiones diarias de CO2 en miles de gramos al día.....	1-173
Tabla 1.72 Ahorros diarios de contaminantes en miles de gramos al día.....	1-175
Tabla 1.73 Valores estimados a final de periodo de mg de CO ₂ e/día.....	1-177
Tabla 1.74 Visualización de hoja de cálculo metodología SEDESOL (base Excel).....	1-223
Tabla 1.75 Variables que intervienen en la metodología de SEDESOL	1-224
Tabla 1.76 Descripción de la condición del pavimento de acuerdo con su índice de estado y/o nivel de serviciabilidad.....	1-224
Tabla 1.77 Descripción de las categorías de acción de acuerdo con el rango de índice estado.....	1-225
Tabla 1.78 Niveles de servicio	1-225
Tabla 1.79 Categorías de acción	1-226
Tabla 1.80 Desplegado o consulta de resultados metodología SEDESOL por vialidad.....	1-228
Tabla 1.81 Antepresupuesto de mantenimiento/rehabilitación de la red vial-SEDESOL	1-229
Tabla 1.82 Análisis de los costos de operación situación actual de la red vial ...	1-232
Tabla 1.83 Análisis costos de operación situación ideal (IRI mejorado).	1-234

Tabla 1.84 Ahorro anual en costos de operación.....	1-236
Tabla 1.85 Resumen de ahorros de costos de operación por orden descendente.....	1-238
Tabla 1.86 Vialidades con ahorros nulos en costos de operación.	1-239
Tabla 1.87 Ahorro anual en costos de operación y antepresupuesto de rehabilitación.	1-241
Tabla 1.88 Vialidades no prioritarias en metodología de SEDESOL	1-242

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.0	Sistema no motorizado
Anexo 1.1	Ciclorutas y parques lineales
Anexo 1.2	Ciclorutas y parques lineales
Anexo 1.3	Esquemas de integración al transporte público
Anexo 1.4	Ciclo vías y parque lineales. Zona norte
Anexo 1.5	Ciclo vías y parque lineales. Zona centro
Anexo 1.6	Ciclo vías y parque lineales. Zona sur
Anexo 1.7	Corredor Dostoievsky-Cervantes
Anexo 1.8	Corredor Paseos Universidad –Homero
Anexo 1.9	Parque lineal La Posta
Anexo 1.10	Corredor Esperanza-Milenio
Anexo 1.11	Corredor Águilas-Nogal-Fresno
Anexo 1.12	Corredor Deportiva-Palomar
Anexo 1.13	Corredor Libertad-Juárez
Anexo 1.14	Corredor calle Cuarta
Anexo 1.15	Corredor Samaniego
Anexo 1.16	Corredor parque lineal 15a.
Anexo 1.17	Corredor Fco. Portillo
Anexo 1.18	Corredores peatonales. Zona centro
Anexo 1.19	Esquemas de integración. Zona centro
Anexo 1.20	Esquemas de integración. Corredor urbano

- Anexo 1.21 Esquemas de integración. Centro escolar
- Anexo 1.22 Esquemas de integración. Centro universitario
- Anexo 1.23 Esquemas de integración. Centro hospitalario
- Anexo 1.24 Esquemas de integración. Centro de trabajo
- Anexo 1.25 Insumos para VOC
- Anexo 1.26 Acciones de mantenimiento por avenida
- Anexo 1.27 Ciclovía a corto plazo
- Anexo 1.28 Ciclovía a mediano plazo
- Anexo 1.29 Ciclovía a largo plazo
- Anexo 1.30 Corredor Peatonal Dostoievsky
- Anexo 1.31 Corredor Peatonal Trasviña y Retes – División del Norte
- Anexo 1.32 Corredor Peatonal Calle 20A
- Anexo 1.33 Corredores Peatonales Zona Centro
- Anexo 1.34 Corredor Peatonal Juárez - Libertad
- Anexo 1.35 Corredor Peatonal Libertad
- Anexo 1.36 Corredor Peatonal Niños Héroes
- Anexo 1.37 Corredor Peatonal Calle Cuarta
- Anexo 1.38 Corredor Peatonal Calle Décima
- Anexo 1.39 Evaluación del ruido
- Anexo 1.40 Curvas calibradas en el HDM-VOC
- Anexo 1.41 Sistema de mantenimiento de vialidad urbana

Anexo 1.42 Propuesta de rehabilitación de zonas de obscuridad

Anexo 1.43 Presupuesto alumbrado

TABLA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Nombre
$\mu\text{g/kg-día}$	Microgramos por kilogramo día
$\mu\text{g/m}^3$	Microgramo por metro cúbico
AGEB	Área Geoestadística Básica
AMCH	Área Metropolitana de Chihuahua
AMEAC	Asociación de Maquiladoras y Exportadoras de Chihuahua
$\text{BS}_{1\text{kw}}$	Clima seco es muy extremoso y precipitaciones invernales menores a 5%
$\text{BS}_{0\text{kw}}$	Clima seco y árido, es muy extremoso con un verano fresco y largo y precipitaciones invernales menores a 5%
CERESO	Centro de Rehabilitación Social
CH_4	Siglas para metano, compuesto orgánico muy simple en su estructura, que a condiciones de temperatura y presión en la Cd. de Chihuahua es gas.
CIMAV	Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.
CNG	Compressed Natural Gas, se refiere a dispositivos que almacenan y guardan Gas natural (metano) a presiones mayores a la atmósfera, algunas veces

	hasta 10 veces mas y que es una forma de combustible sucedáneo de la gasolina.
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COP	Costos de Operación
COS	Coeficiente de Ocupación del Suelo
COV	Compounds of Organic Volatile, se refiere a vapores o neblinas de mezclas de hidrocarburos que hierven a temperatura ambiente (muchos a menos de 20 °C).
CRIT	Centro de Rehabilitación Integral
CTM	Confederación de Trabajadores de México (Chihuahua)
CTP	Corredor de Transporte Público
CUM	Consejo de Urbanización Municipal
CUS	Coeficiente de Uso de Suelo
DDUE	Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología
DF	Distrito Federal
DOF	Diario Oficial de la Federación
DOPS	Dirección de Obras Públicas y Servicios (Municipio)
DVPC	Dirección de Vialidad y Protección Civil
DXF	Data Exchange File

EAP	Equipo Administrador del Proyecto
EITV	Estudio Integral de Transporte y Vialidad (1994)
ENIGH	Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares
FINFRA	Fondo de Inversión en Infraestructura
FODA	Fortalezas Oportunidades Debilidades Amenazas
FTP	siglas en ingles de Procedimiento de Prueba Federal
GCC	Grupo Cementos de Chihuahua
GHG	Greenhouse Gas
GPS	Sistema de Posición Global
GWP	Global Warming Potencial
HDM	Highway Desing and Standard Model
IMPLAN	Instituto Municipal de Planeación
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
INE	Instituto Nacional de Ecología, dependiente de SEMARNAT
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática
IPK	Índice de Pasajero por Kilómetro

IRI	Índice de Rugosidad Internacional
ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado
ITCH	Instituto Tecnológico de Chihuahua
IVI	Instituto de la Vivienda del Gobierno del Estado de Chihuahua
Leq dB(A)	Nivel sonoro equivalente, es aquel nivel que tendría un ruido constante para liberar la misma cantidad de energía en un periodo de tiempo idéntico (8 horas), en decibeles en operación A y puede originar una lesión auditiva similar a la de un ruido variable.
LPG	Liquid Petroluem Gas, se refiere a una mezcla de Propano-Butano, en donde en México el propano llega a ser el 70% al menos.
MOBILE6.2	Modelo de Emisiones para vehículos en Autopistas de la EPA
MSAT	Siglas de mobile source air toxics, se refiere a químicos tóxicos en cantidades traza emitidos por fuentes móviles.
MTBE	Siglas en ingles del Metil Terbutil Eter, un popular compuesto antidetonante.
NASA	Agencia Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos.
NMOG	Siglas en inglés de Gases Orgánicos no metánicos.
NO ₂	Dióxido de Nitrógeno

NOM	Norma Oficial Mexicana
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
O ₃	Ozono, una forma fotoquímica del oxígeno gaseoso
PEA	Población Económicamente Activa
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PM ₁₀	Partículas grandes
PM _{2.5}	Partículas finas
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresas
SCINCE	Sistema para la Consulta de Información Censal
SDP	Secretaría de la Presidencia
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SMNM	Sistema de Movilidad No Motorizado
SO ₂	Dióxido de Azufre
SO _x	Óxidos de Azufre
TCMA	Tasa de Crecimiento Media Anual
U.S. EPA	United States Environmental Protection Agency
U.S.DOC	United States Department of Commerce

U.S.G.S.	United States Geological Service
VOC	Vehicle Operating Costs
ZMCM	Zona Metropolitana de la Ciudad de México

1 DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

1.1 INTRODUCCIÓN

Chihuahua es una ciudad diseñada y pensada para automovilistas. En ninguno de los planes de desarrollo o de los planes viales se han contemplado propuestas serias para generar un espacio paralelo, que propicie una relación armónica entre transeúntes y vehículos.

En la ciudad el desarrollo de las vías de comunicación para satisfacer la demanda diaria de más de 400 mil vehículos atiende la movilidad de los carros, pero deja de lado al peatón y mucho menos tiene en cuenta medios alternativos como la bicicleta.

Es importante que en Chihuahua, el transporte público se modernice a partir de otra visión de ciudad, una ciudad para la gente con alta calidad de vida, con menos tiempo dedicado al transporte, sin tanta contaminación, y en donde se tomen en cuenta medidas en torno al desarrollo urbano, la política de vivienda, usos de suelo, recuperación del espacio público, apoyo a medios autónomos de movilidad (como la bicicleta y el caminar).

Transformar los usos del espacio público urbano y el medio ambiente implica que los ciudadanos se apropien de la ciudad y que las autoridades mejoren el bienestar y calidad de vida, con lo que se logrará una ciudad más efectiva, próspera y humana.

En el desarrollo del estudio no sólo se abordó el problema de transporte como tal, sino que se analizaron las múltiples relaciones que el transporte tiene con el desarrollo urbano, los usos de suelo, la contaminación del aire, el tiempo dedicado al transporte, la calidad de vida, el stress en la ciudad, entre otras.

Esto implica una visión siempre crítica, pero propositiva de cómo se deben abordar los problemas de transporte en la ciudad para disminuir sus efectos urbanos, sociales y ambientales, poniendo por delante los intereses de la mayoría de la población y la defensa de los recursos naturales, para contribuir a la construcción de una ciudad mas sustentable, más placentera y con mejor calidad de vida, es decir una ciudad más humana donde la prioridad sean las personas y la ecología y no los automóviles.

Esta iniciativa surge del reconocimiento de que la ciudad tiene grandes deficiencias en su política de transporte y planeación urbana, se carece de un política integral de

transporte en donde se atienda de manera congruente e integrada los efectos urbanos, sociales y ambientales del transporte, de tal manera que se considere al transporte como ordenador de la ciudad y asumir esta importancia. Además hace falta una visión de ciudad a largo plazo y atender los riesgos y amenazas que pesa sobre ella.

Se necesita urgentemente una política integral en donde todos los objetivos estén encauzados a la misma dirección, una visión clara a largo plazo de Ciudad, la cual incentive el desarrollo de las formas más colectivas de moverse por la ciudad como el transporte público y los medio no motorizados, y no privilegiar las formas más individuales, como el automóvil.

Es necesario replantear el modelo de ciudad y buscar otras alternativas de movilidad, hacer uso de las nuevas tecnologías y usar el automóvil de manera racional, usar más el transporte público, caminar más y usar la bicicleta no sólo como diversión sino como un modo viable de trasladarnos de un lugar a otro.

A partir de este marco teórico, se ha realizado la formulación y evaluación de las alternativas de solución que se plantean para hacer frente a este problemática.

En el presente informe, se muestran los aspectos metodológicos que se tuvieron en cuenta para estructurar y evaluar las alternativas que en materia de transporte público, vialidad, tránsito y sistemas no motorizados se presentarán como resultado del estudio del Plan de Movilidad Urbana Sustentable de la ciudad de Chihuahua.

Para cada uno de los componentes del estudio se muestra el proceso seguido para definir los proyectos que harán parte del plan, así como los criterios tenidos en cuenta para la selección de los mismos.

La información incluida en este reporte, se constituye en la base del siguiente informe, en el cual se hará una descripción detallada de cada uno de los proyectos, con los plazos y los costos de ejecución de los mismos.

1.2 METODOLOGÍA

El desarrollo de las alternativas fue el producto en primer lugar del análisis de la situación actual y en segundo lugar de las características que el grupo consultor y las autoridades que siguieron el desarrollo del proyecto definieron como las ideales para un cambio radical en la estructura y visión objetivo de la ciudad.

Esta visión, definió una serie de premisas, consideraciones, objetivos que ayudaron a estructurar todas y cada una de las propuestas de solución desde el nivel macro hasta el nivel de solución puntual. En este capítulo se muestran los elementos que configuraron este ideal de ciudad.

La Movilidad Sustentable en la Ciudad de Chihuahua debe perseguir los siguientes objetivos estratégicos de largo plazo:

1. Potenciar el uso del transporte colectivo
2. Reducir la dependencia del automóvil.
3. Garantizar una eficaz protección al ciudadano que anda a pie y en bicicleta.
4. Fomentar los recorridos a pie o en bicicleta.

Para construir otra visión del transporte urbano se necesita un cambio de actitud frente al uso del automóvil. Es indispensable tomar conciencia del papel central del uso del automóvil en la irracionalidad que existe en el transporte urbano, en la aguda desestabilización del mismo y en la imposibilidad de frenar el desastre ecológico y ambiental de las ciudades. Es imposible avanzar hacia ciudades sustentables sin entender los efectos negativos de tipo urbano, social y ambiental del automóvil.

Para recuperar la racionalidad del transporte urbano, es necesario desmitificar al automóvil, como objeto de máximo lujo y elemento demostrativo del status social del propietario, el cual fomenta la diferenciación social y una dependencia física y psicológica en la población. Es necesario abandonar estos prejuicios que están detrás del uso del automóvil y promocionar un medio de transporte para la mayoría, independientemente del status social al que pertenezcan. Se debe evitar el incremento del parque vehicular y fortalecer el uso del transporte público.

El consumo energético debe ser el criterio de síntesis ambiental y ecológico del transporte urbano. La contaminación atmosférica y el cambio climático, son entre muchos otros, resultado del descontrolado consumo energético. La reducción y

estabilización en el consumo de energía del transporte urbano es por lo tanto un objetivo primordial en la búsqueda de la sustentabilidad en la ciudad.

Con el fin de lograrlo es necesario reducir o sustituir los vehículos de alta intensidad energética, eliminar las altas velocidades en la ciudad, reducir el uso del automóvil y crear programas gubernamentales que incentiven el uso del transporte público poco dependiente a los combustibles fósiles, al igual que promover el uso de medios alternativos de movilidad como la bicicleta y el caminar, lo cual ayudará a estabilizar el consumo energético del transporte urbano en los próximos años.

El cambio de cultura en el transporte urbano empieza por uno mismo. Es indispensable que los ciudadanos comprometidos con el respeto a la naturaleza, la calidad de vida en la ciudad y la promoción de un transporte urbano sustentable demuestren mayor conciencia y respeto con relación a la ecología y medio ambiente. Se debe reducir al máximo el uso del automóvil en la vida cotidiana, utilizar más el transporte público o la bicicleta y procurar caminar, cuando esto sea posible.

Caminar es la forma de movilidad autónoma por excelencia que más se utiliza en las ciudades. A pesar de esto, las necesidades de los peatones pocas veces son consideradas en los planes de transporte, siempre tienen prioridad las máquinas en el espacio público.

En Chihuahua, salvo algunas excepciones, la tendencia ha sido quitar espacio a los peatones para favorecer a los automóviles, llegando a extremos en los que se vuelve peligroso cruzar una avenida en los cruceros, andar en las angostas banquetas, por lo que cada día es más adverso caminar en la ciudad.

El peatón mezcla dos fines al caminar, uno es para trasladarse de un lugar a otro como un medio de movilidad autónoma, evitando usar algún tipo de vehículo y el otro fin es por gusto, como una manera de percibir y de convivir en la ciudad. Ambas visiones deben ser incluidas en el momento de hacer un plan integral de movilidad urbana.

La recuperación del espacio público debe incluirse en los programas de transporte para el beneficio de la población. El espacio público se vuelve un lugar vital para las interacciones sociales ya que abarca la totalidad de lugares y elementos de la ciudad, que posibilitan la vida ciudadana en la medida en que son ellos los lugares de expresión y apropiación social más adecuados.

Para lograr la recuperación del espacio público, se necesitan diversas acciones, crear medidas para calmar el tráfico, como lomos, paraderos, aceras y camellones amplios que permitan al peatón convivir en los espacios urbanos con mayor seguridad. Rescatar plazas, espacios verdes con lugares para sentarse, con rampas para discapacitados, lugares de convivencia que podrán ser utilizados para fomentar una cultura ciudadana de respeto y convivencia.

Igualmente la bicicleta debe tener un espacio fundamental en los sistemas de transporte urbano. Es urgente impulsar el uso de la bicicleta en la ciudad como un medio alternativo de movilidad, desmontar las falacias y los prejuicios, con relación a la bicicleta, principalmente en los medios de comunicación, los expertos gubernamentales y los diferentes sectores de la población. Se ha comprobado que la bicicleta tiene enormes ventajas ambientales, sociales y de salud, que han sido reconocidas mundialmente en las últimas décadas.

Resulta necesario dedicar un mayor presupuesto al fomento del uso de la bicicleta, llevar a cabo campañas de difusión que incentive a los ciudadanos a usarla como medio de transporte. Con la creación de la red de ciclovías, Chihuahua tiene la gran oportunidad de generar un cambio de visión hacia este modo de movilidad y dar la oportunidad al ciudadano que no usa la bicicleta a que lo experimente.

También es necesario que la red de ciclovías se conecten entre si y que puedan servir como vías alternas de movilidad en la ciudad, proponer un transporte multimodal, en donde en un mismo viaje se pueda usar diferentes tipos de movilidad (bicicleta, autobús, etc.) creando un lugar especial para colocar las bicicletas en el transportes colectivo.

El problema del transporte en las ciudades se aborda actualmente desde un planteamiento intermodal, usando distintos modos de transporte, y potenciando la eficacia del transporte público y la calidad ambiental urbana.

Las actividades socioeconómicas exceden territorialmente los límites de las ciudades centrales y se proyectan más allá de los límites actuales. Muchas ciudades tienen en el centro los lugares de trabajo, y en la periferia se encuentra la zona residencial. Esta zonificación de la ciudad, comporta una movilidad diaria pendular, del lugar de vivienda al lugar de trabajo.

Este proceso va unido al fenómeno en estas últimas décadas del uso masivo del automóvil privado por la población. Los ciudadanos perciben como un modo de transporte eficaz, rápido y cómodo su vehículo privado, con el cual evitas colas, esperas y alta densidad características de los modos de transporte públicos y colectivos. Sin embargo, el hecho de que mucha gente use este modo de transporte comporta que éste se convierta en una trampa: retenciones, falta de lugares para estacionar el automóvil en la ciudad, congestión, contaminación acústica y ambiental, impaciencia y malestar.

Para una ciudad de tamaño medio, la circulación del automóvil es causa de: el 100% de las concentraciones de monóxido de carbono y de plomo, el 60% de las concentraciones de óxido de nitrógeno, el 50% de las concentraciones de partículas diversas y en suspensión (desgaste de los neumáticos y de los frenos). Estos elementos contaminantes ejercen efectos directos o indirectos sobre la salud (irritación de diversos órganos, consecuencias tóxicas o cancerígenas, disminución de las reacciones inmunitarias), sobre el medio ambiente (suciedad y corrosión,

incremento del efecto invernadero, acidificación de los suelos y las aguas, debilitación de las masas forestales, disminución de la producción agrícola) y perjudican el patrimonio histórico al atacar los monumentos.

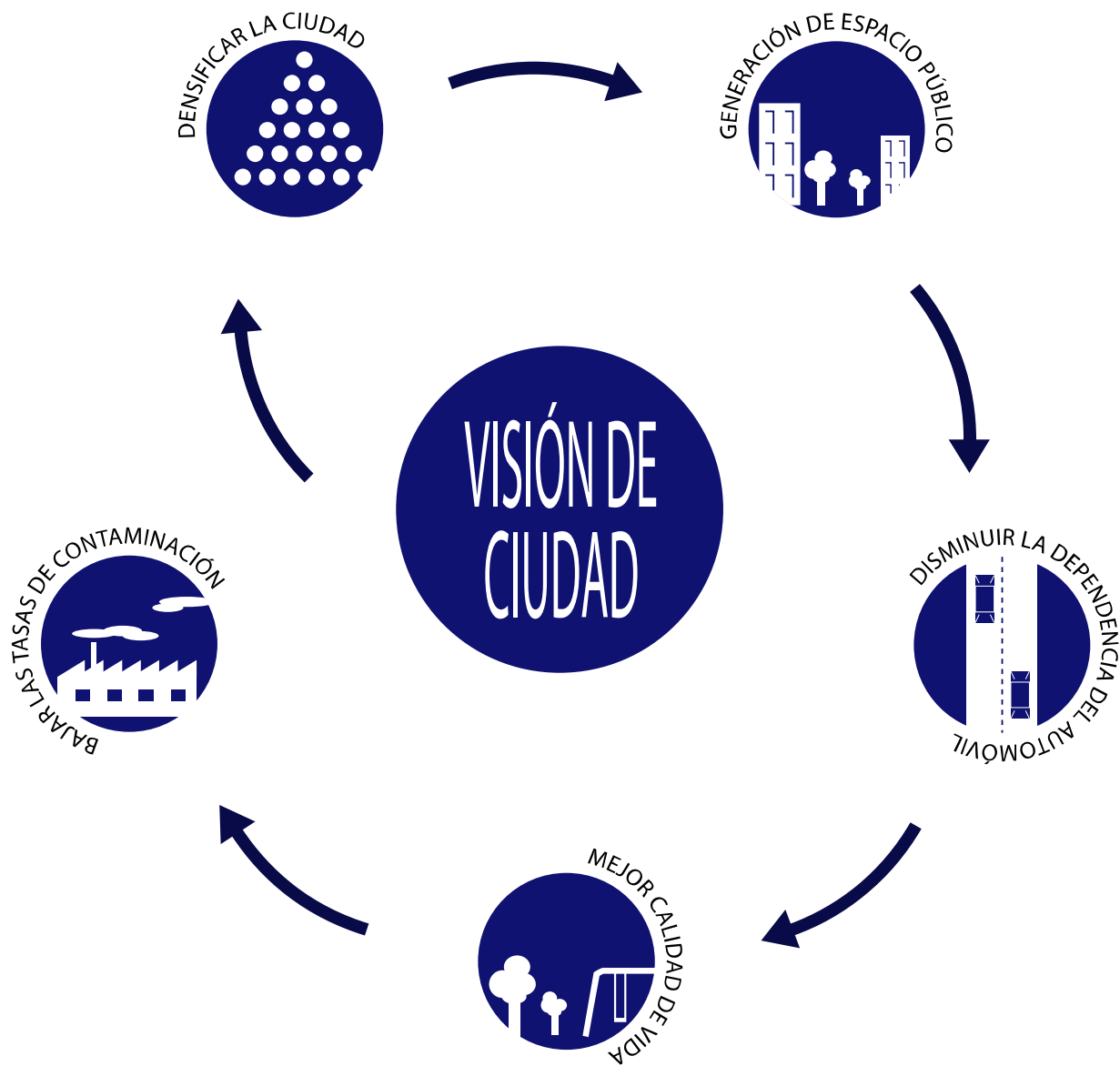
El suelo es limitado y es también caro. Para que puedan moverse los automóviles hace falta mucho espacio y es preciso aún más espacio para que puedan estacionar.

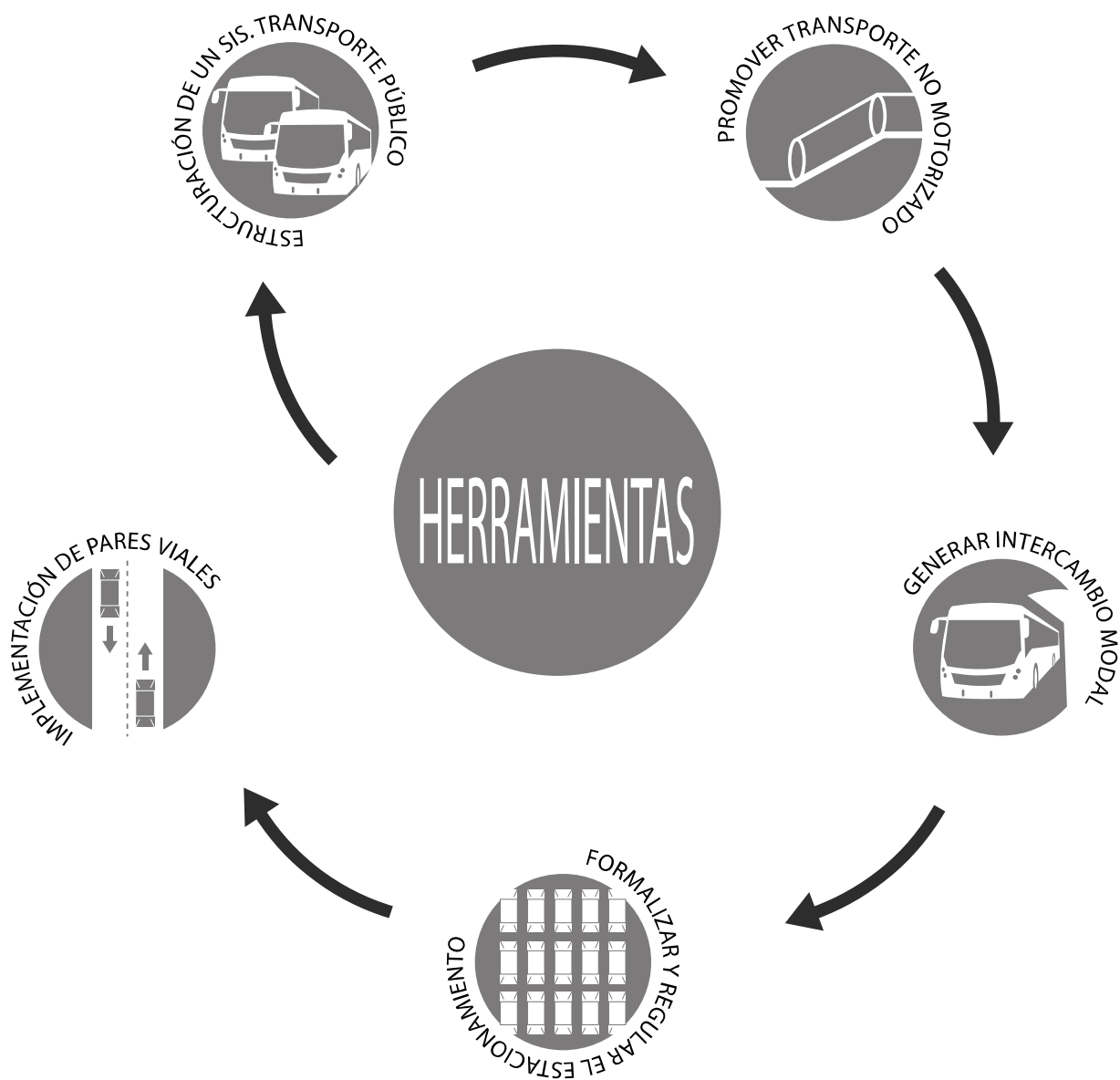
La adquisición y la creación de nuevos espacios para urbanización o para circulación tienen un costo elevado. Este espacio, en el centro urbano, no es ilimitado. Es necesaria una buena gestión del territorio y una buena distribución entre las distintas funciones (vivienda, empleo, servicios) y el sistema de transporte. Un automóvil consume por persona transportada cincuenta veces más espacio, por término medio, que el transporte público y el automóvil aparcado de un empleado del sector terciario ocupa una superficie equivalente a la de su oficina.

Dado que es imposible ofrecer al parque de automóviles particulares un espacio ilimitado, la única respuesta a las dificultades que existen para circular y para acceder al centro, es un sistema eficaz y atractivo de transporte público, o también una red bien organizada de modos de transporte diferentes, complementarios y ecológicos.

No implica que no se use el automóvil como modo de transporte. Implica que debe haber una complementariedad entre los distintos modos de transporte. De esta manera se solucionarán muchos de los problemas mencionados anteriormente.

La siguiente figura diagrama la visión de ciudad que se ha planteado en el proyecto y las herramientas que se tienen para cumplir con esos objetivos.





A continuación se muestra el desarrollo de la formulación y evaluación de alternativas que en materia de transporte público, vialidad, tránsito y sistemas no motorizados se realizaron en esta etapa del proyecto.

1.3 MODELACIÓN DE ALTERNATIVAS

En el presente capítulo se describe la secuencia metodológica seguida para estimar la situación esperada en los sistemas de transporte privado y público, considerando la puesta en operación de las propuestas planteadas por esta consultoría como alternativas de solución en los años horizonte: 2011, 2016 y 2026.

1.3.1 Evaluación futura de los escenarios de alternativas

Sobre los mismos modelos calibrados de transporte privado y público en los que se evaluaron los escenarios de línea base de la etapa de pronóstico, se efectuó la simulación del comportamiento que se tendría en el 2011, 2016 y 2026 por efecto del cambio en la oferta de transporte público.

1.3.1.1 Conformación de los escenarios de alternativas

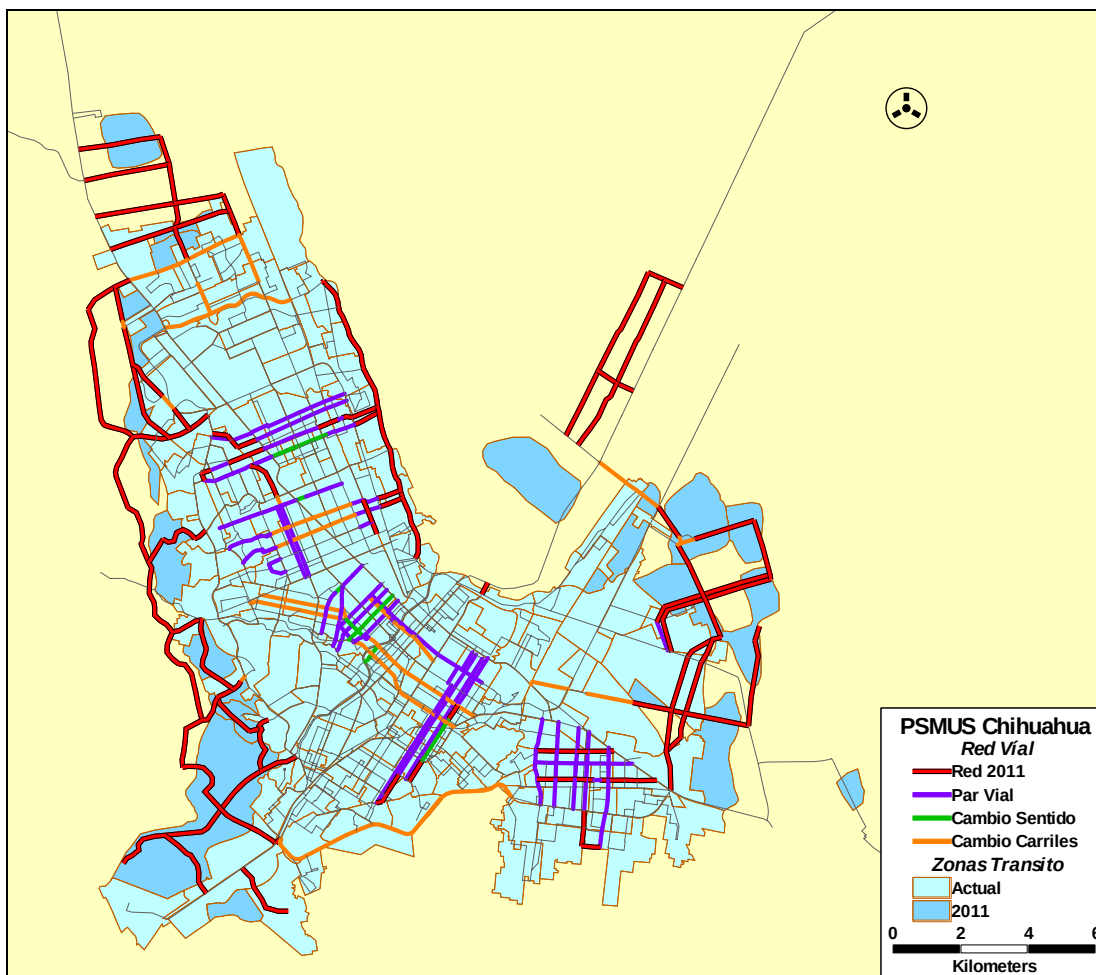
Los equipos técnicos de tránsito y vialidad y de transporte público, definieron alternativas con cambios evolutivos a través del tiempo, los cuales fueron implementados de manera secuencial año a año.

De manera similar a lo realizado para el pronóstico, según el año en que se espera esté consolidada cada zona de expansión urbana, se efectuó la revisión de accesibilidad y su correspondiente conectividad a la oferta de vialidad y de rutas de transporte público que plantean cada una de las alternativas en cada año. En el informe de pronóstico que hace parte del presente estudio, se definen y muestran gráficamente la secuencia de aparición de las zonas de expansión urbana.

Definidos los proyectos técnicamente, se procedió a georeferenciarlos; lo cual se llevó a cabo dentro del Sistema de Información Geográfica, complementando los atributos mediante la validación respecto a la información consignada en las fichas técnicas desarrolladas para la caracterización de proyectos. Con lo anterior, se garantiza la consistencia entre la información empleada en la modelación y la utilizada para la caracterización de los proyectos a evaluar.

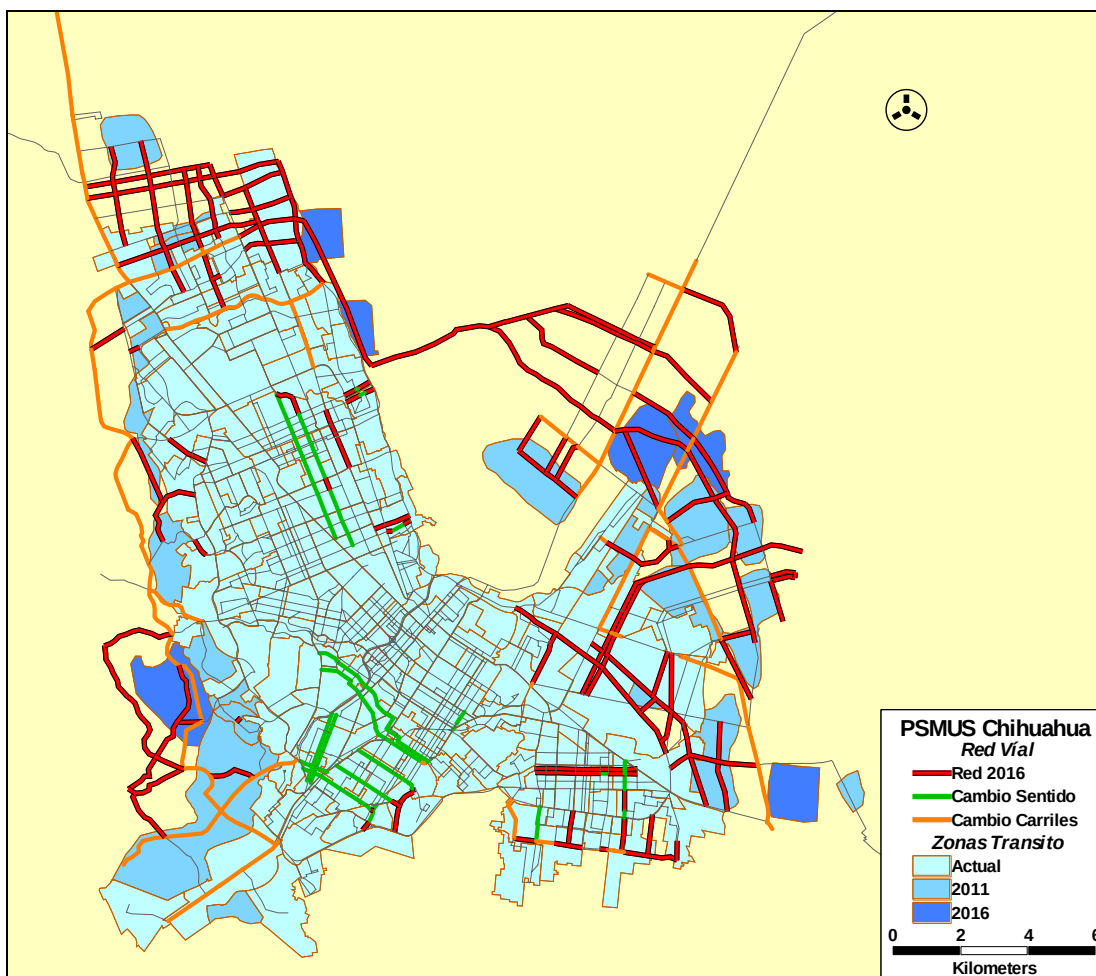
De la Figura 1.1 a la Figura 1.3, se muestran los tipos de intervención sobre la infraestructura vial que plantean cada una de las alternativas al corto, mediano y largo plazo (2011, 2016 y 2026, respectivamente).

Figura 1.1 Cambios en la infraestructura vial correspondientes a la alternativa del año 2011



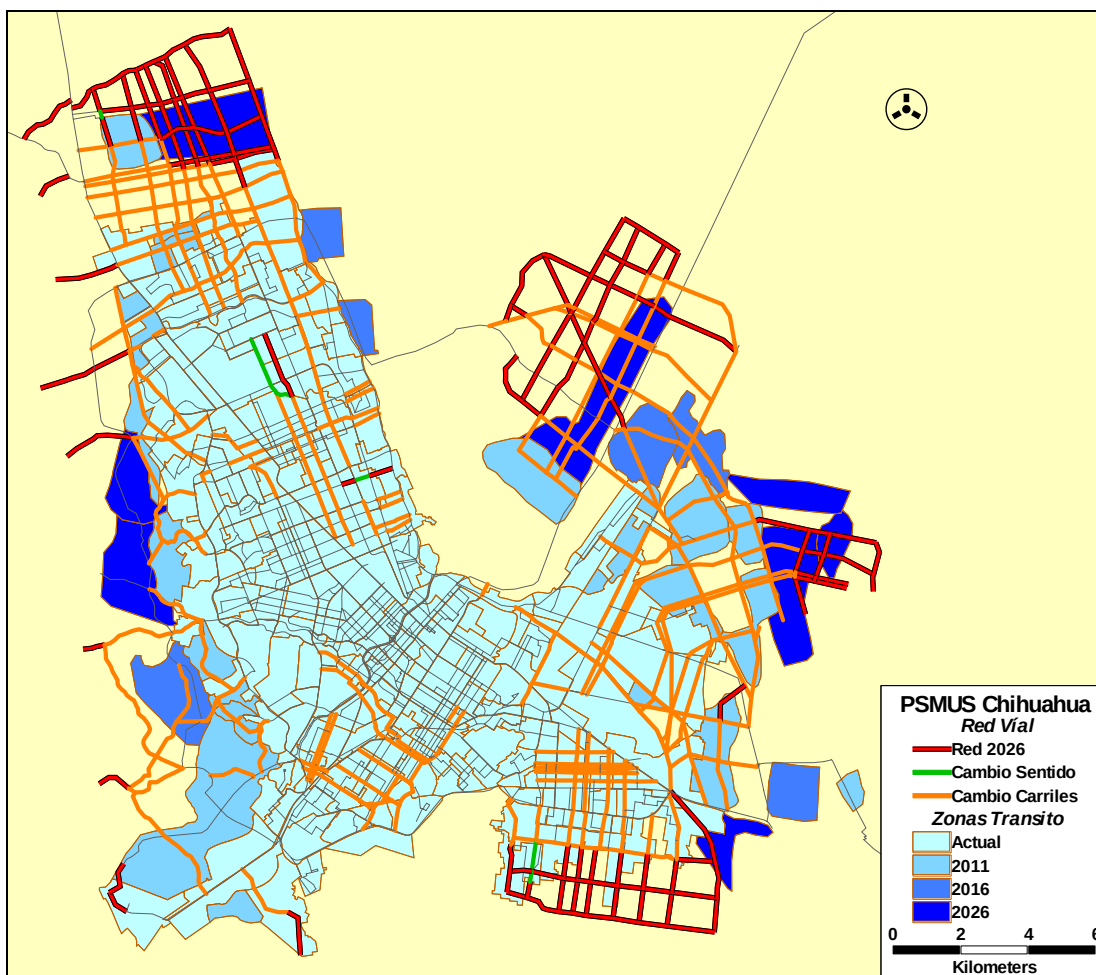
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.2 Cambios en la infraestructura vial correspondientes a la alternativa del año 2016



Fuente: Elaboración propia.

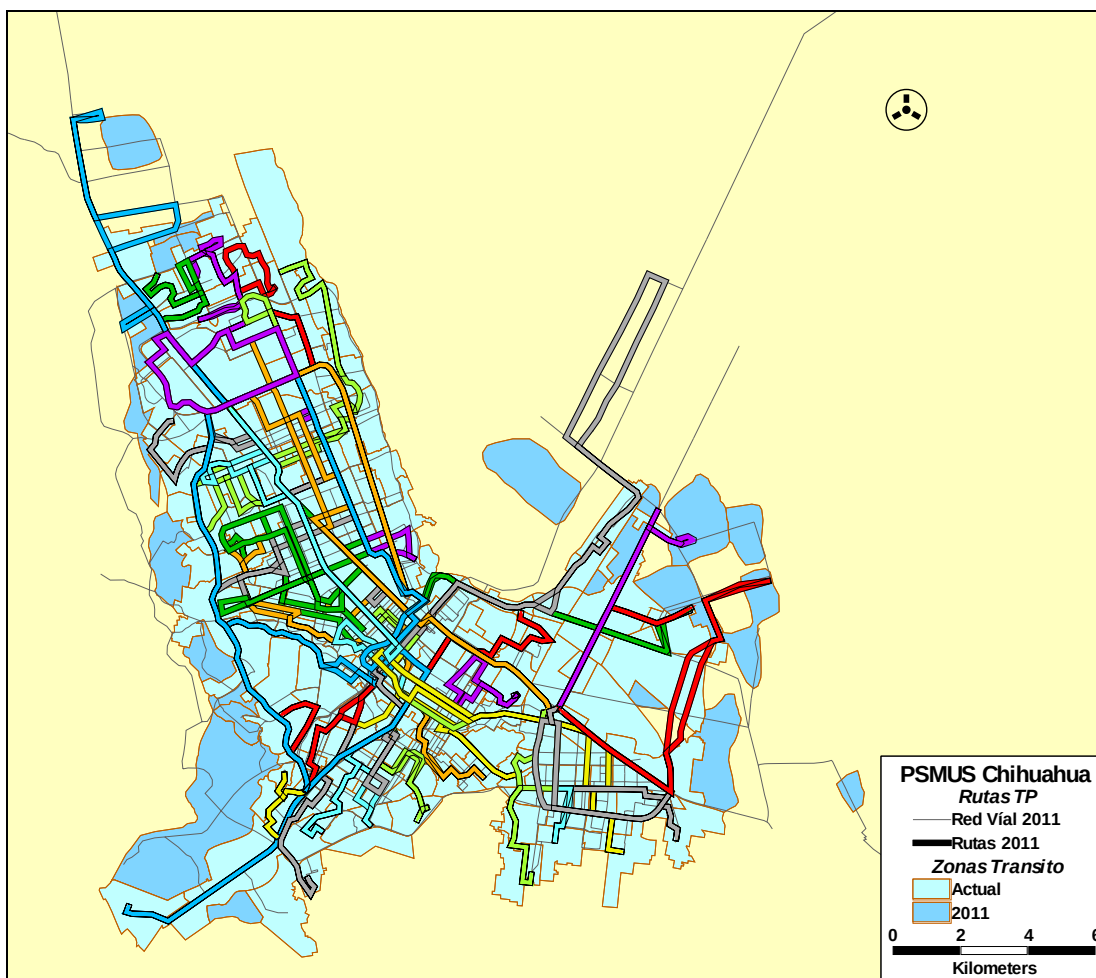
Figura 1.3 Cambios en la infraestructura vial correspondientes a la alternativa del año 2026



Fuente: Elaboración propia.

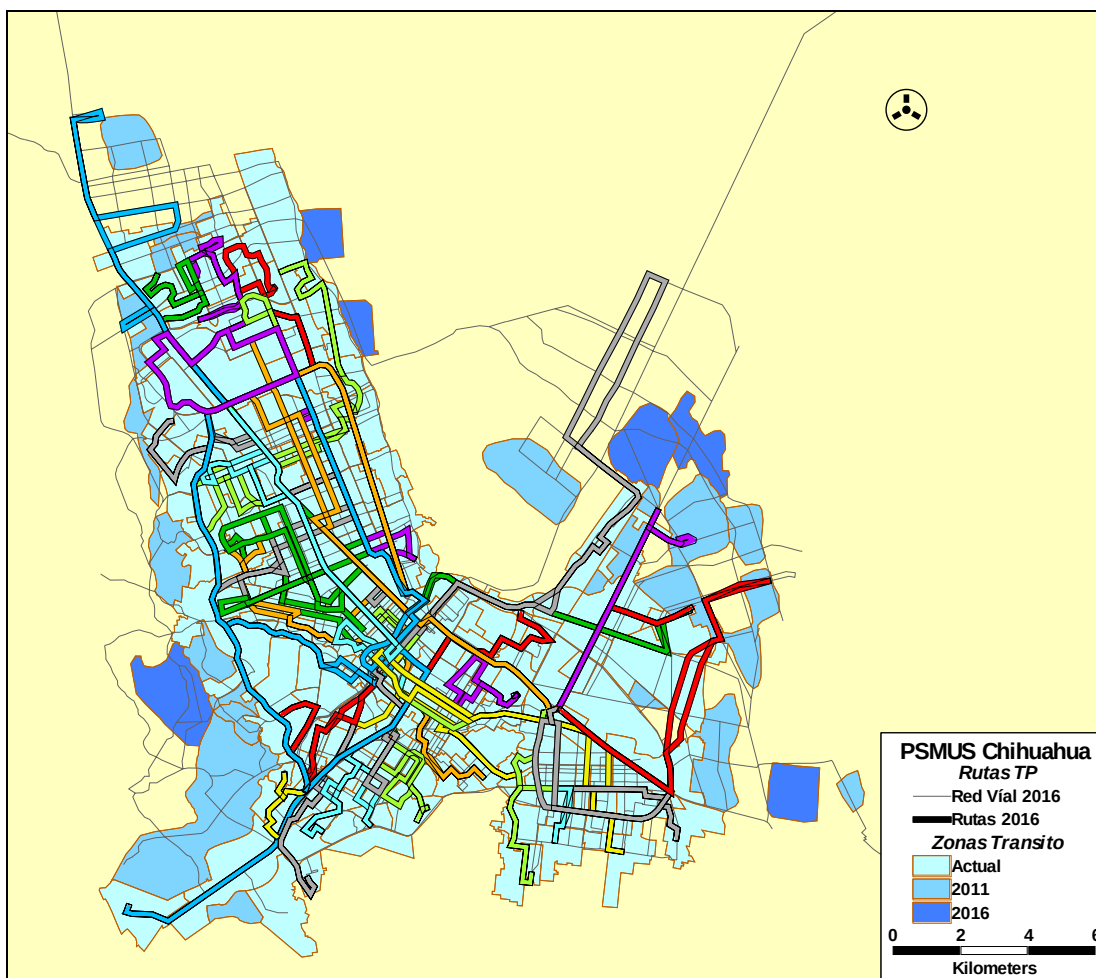
De manera similar para los servicios de transporte público, en la Figura 1.4, la Figura 1.5, y la Figura 1.6, se muestran para los años 2011, 2016 y 2026, las rutas que conforman las alternativas propuestas.

Figura 1.4 Configuración de la red de transporte público correspondiente a la alternativa del año 2011



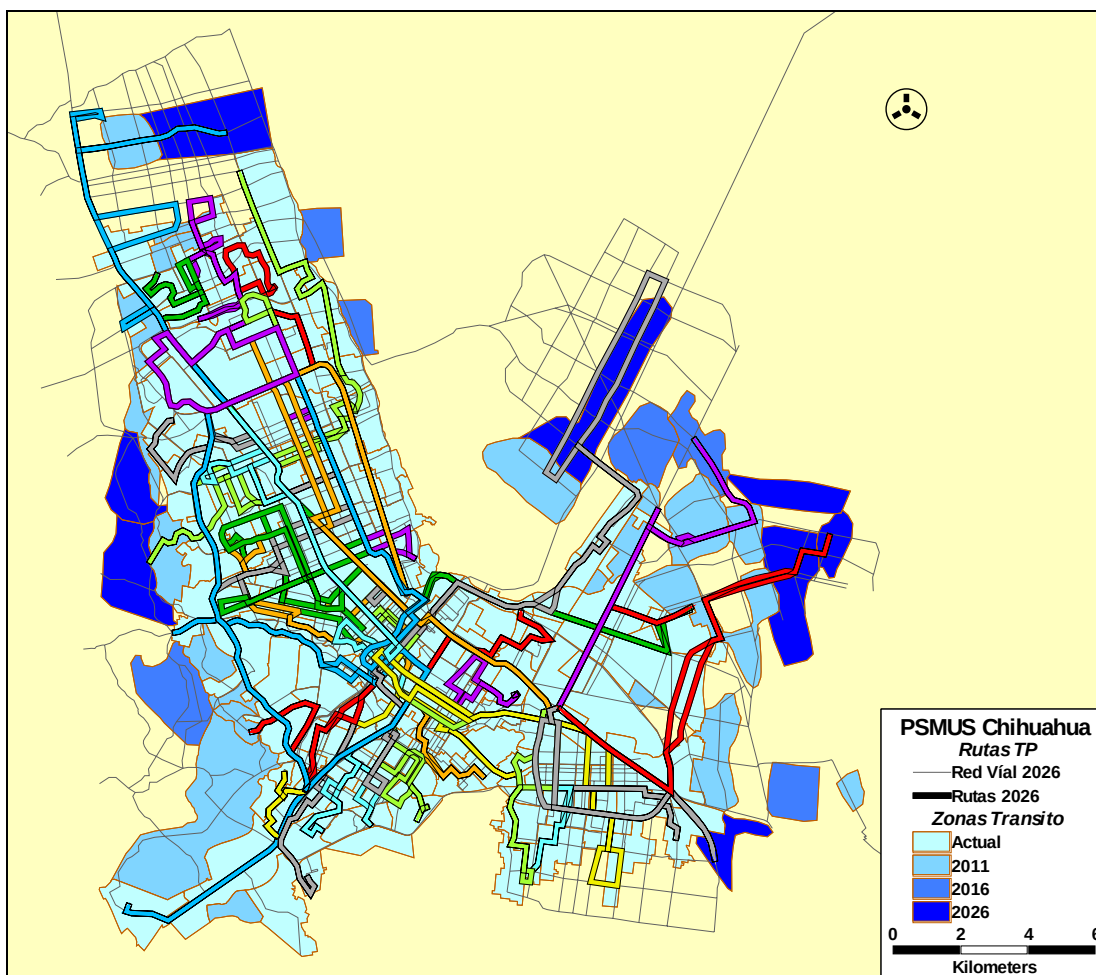
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.5 Configuración de la red de transporte público correspondiente a la alternativa del año 2016



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.6 Configuración de la red de transporte público correspondiente a la alternativa del año 2026



Fuente: Elaboración propia.

1.3.1.2 Simulación futura de las alternativas

El objetivo de este análisis fue estructurar al modelo de transporte como la herramienta que posibilita, por un lado, determinar los niveles de demanda que se movilizarán en el futuro sobre los principales corredores de transporte de la Ciudad de Chihuahua y por otro, estimar los beneficios producidos por las alternativas (ahorros en los costos de operación de los vehículos y ahorros en los tiempos de viaje de los usuarios del transporte).

El proceso de simulación en cada año se efectuó en dos etapas, con el fin de estimar y considerar a futuro la división modal de la demanda.

En primera instancia, se efectuó la simulación del escenario que considera la oferta de la alternativa propuesta, mediante la asignación de la demanda proyectada de manera tendencial en la etapa de pronóstico. Producto de esta simulación, se estimó para cada par origen-destino la demanda de pasajeros que actualmente se moviliza en automóvil, el tiempo y costos asociados a realizar el viaje en vehículo privado y a efectuarlo a través del sistema de transporte público.

Con los costos (económicos y de tiempo) estimados para las dos alternativas modales que tienen los viajeros que cuentan con la posibilidad de efectuar elección modal, es decir, los actuales viajeros en automóvil, se procedió a evaluar el modelo de división modal para este tipo de demanda. Para cada año se estimó en un escenario moderado y otro optimista, la cantidad de pasajeros que abandonarían su automóvil para efectuar sus viajes en el nuevo sistema de transporte público.

Es importante mencionar que a la demanda tendencial que utiliza el transporte público, no se le aplicó el modelo de elección modal. Más allá de que en la mayoría de los casos el pasajero no cuenta con la alternativa de elección, por no tener en su hogar un automóvil, se espera que los actuales pasajeros continúen cautivos del transporte público por efecto del mejoramiento propuesto para el servicio.

Finalmente los escenarios de las alternativas, se evaluaron excluyendo a los automovilistas que hacen cambio modal en el caso del modelo de transporte privado y agregándolos a la demanda tendencial, en el caso del modelo de transporte público.

Para cada uno de los escenarios: corto, mediano y largo plazo, se estimaron los indicadores de desempeño de cada tipo de transporte, además de los insumos necesarios para posibilitar la estimación de beneficios, tanto ambientales como por ahorros de tiempo y costos de operación.

Los beneficios del transporte privado se originan fundamentalmente en el incremento de velocidad que se espera con la implementación de la alternativa propuesta. Para el transporte público, además de la mejora de la velocidad comercial, se esperan beneficios traducidos en menores tiempos de espera y caminata durante el viaje.

Para cada una de las alternativas, la cuantificación de beneficios es producto de la comparación de la situación *con alternativa*, respecto a la situación de referencia conocida como de línea base (objeto de la etapa de pronóstico).

SELECCIÓN MODAL

El modelo de selección modal es utilizado para estimar la probabilidad de un cambio modal (del vehículo particular al transporte público) para utilizarse dentro de la evaluación de alternativas.

El modelo de selección modal es un modelo probabilístico que intenta predecir la decisión de utilizar un modo de transporte dentro de un grupo de alternativas disponibles. El modelo de selección modal está en función de variables cuantitativas y cualitativas que describen las alternativas disponibles. Las variables se explicaron a detalle en el informe de pronóstico del presente estudio.

El modelo puede ser utilizado para estimar el número total de personas que cambiarían su decisión en respuesta a un cambio en los medios de transporte disponibles. Como resultado, el número de personas que utilizarían el transporte privado o el público, así como los usuarios que decidirían caminar es estimado. El modelo también puede ser utilizado para inferir elasticidades de la demanda ante cambios específicos de una variable. El modelo de selección modal fue estimado a partir de las encuestas de preferencia declarada aplicadas a habitantes de la Ciudad de Chihuahua.

En este marco, el modelo de selección modal fue utilizado para estimar la probabilidad de que un usuario del sistema de transporte público y privado en Chihuahua decida dejar de utilizar el automóvil para utilizar el transporte público ante cambios y mejoras del transporte público.

El modelo es aplicado de la siguiente forma:

- En primera instancia se estiman, mediante el uso del modelo de planeación desarrollado en EMME/2, los tiempos de viaje en auto y transporte público para cada par origen – destino.
- Así mismo, se estima el costo de transporte público para cada par origen-destino dentro del área de estudio.
- Posteriormente se estima el número de viajes realizados en transporte privado para cada par origen-destino. El análisis es realizado para los años 2011, 2016 y 2026. Los tiempos y costos de transporte anteriormente mencionados también son estimados para los tres años horizonte.
- Finalmente se identifican, dentro de la zonificación incluida dentro del modelo de transporte, las zonas en donde existe cobro por el uso de estacionamiento público o privado.

- Una vez obtenida la información relacionada con todas las variables incluidas dentro del modelo de selección modal, se aplica el modelo para estimar la probabilidad de que exista un cambio modal.

Se analizaron dos escenarios denominados moderado y optimista. El mismo modelo de selección modal es utilizado para estimar ambos escenarios, la diferencia consiste en modificar la constante modal para el transporte público. Este cambio permite estimar un escenario optimista y moderado sin cambiar la sensibilidad del modelo hacia las variables cuantitativas como la tarifa de transporte, de estacionamiento y tiempos de traslados.

La aplicación del modelo de selección modal estima para el escenario moderado un cambio modal promedio de 3.4%, mientras el escenario optimista presenta un cambio modal de 6.6%. Las tablas siguientes presentan los resultados de la aplicación del modelo en cuanto a los viajes totales para los escenarios moderado y optimista.

Tabla 1.1 Viajes por tipo de vehículo. Escenario moderado

Año	VIAJES PRONOSTICO						Demanda Total Diaria		
	2 Hrs AM			2Hrs PM			Dia		
	Autos	TP	Total	Autos	TP	Total	Autos	TP	Total
2006	329,490	45,103	374,593	247,977	37,448	285,425	1,232,861	290,075	1,522,936
2011	397,174	47,204	444,378	302,874	39,096	341,969	1,498,557	303,129	1,801,686
2016	457,124	46,344	503,469	351,436	37,945	389,381	1,733,698	295,536	2,029,234
2026	580,177	39,472	619,649	456,155	31,034	487,189	2,232,195	245,642	2,477,837

Año	VIAJES ALTERNATIVA						Demanda Total Diaria		
	2 Hrs AM			2Hrs PM			Dia		
	Autos	TP	Total	Autos	TP	Total	Autos	TP	Total
2006			0			0	0	0	0
2011	385,291	59,088	444,378	292,773	49,197	341,970	1,450,454	380,666	1,831,120
2016	441,680	61,789	503,469	339,185	50,196	389,381	1,673,937	392,161	2,066,098
2026	536,615	83,034	619,649	421,161	66,028	487,189	2,062,253	520,257	2,582,510

Tabla 1.2 Viajes por tipo de vehículo. Escenario optimista

Año	VIAJES PRONOSTICO						Demanda Total Diaria		
	2 Hrs AM			2Hrs PM			Dia		
	Autos	TP	Total	Autos	TP	Total	Autos	TP	Total
2006	329,490	45,103	374,593	247,977	37,448	285,425	1,232,861	290,075	1,522,936
2011	397,174	47,204	444,378	302,874	39,096	341,969	1,498,557	303,129	1,801,686
2016	457,124	46,344	503,469	351,436	37,945	389,381	1,733,698	295,536	2,029,234
2026	580,177	39,472	619,649	456,155	31,034	487,189	2,232,195	245,642	2,477,837

Año	VIAJES ALTERNATIVA						Demanda Total Diaria		
	2 Hrs AM			2Hrs PM			Dia		
	Autos	TP	Total	Autos	TP	Total	Autos	TP	Total
2006			0			0	0	0	0
2011	373,984	70,395	444,378	283,267	58,702	341,969	1,405,015	453,940	1,858,955
2016	427,139	76,329	503,469	327,710	61,671	389,381	1,617,861	482,850	2,100,711
2026	542,195	77,454	619,649	425,622	61,568	487,189	2,083,952	485,185	2,569,137

De la Figura 1.7 a la Figura 1.9, se muestran las asignaciones de automóviles esperadas en cada uno de los periodos pico, durante los años 2011, 2016 y 2026.

Figura 1.7 Asignación del transporte privado. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2011



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.8 Asignación del transporte privado. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2016



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.9 Asignación del transporte privado. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2026



Fuente: Elaboración propia.

Igualmente para ofrecer una panorámica de los volúmenes de pasajeros esperados a futuro en la condición con alternativas, de la Figura 1.10 a la Figura 1.12 se muestran las asignaciones durante los dos periodos de máxima demanda para cada año de planeación.

Figura 1.10 Asignación de pasajeros. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2011



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.11 Asignación de pasajeros. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2016



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.12 Asignación de pasajeros. Escenario de alternativa del periodo pico de la mañana al año 2026



Fuente: Elaboración propia

1.4 FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

La formulación de alternativas del sistema de transporte público está basada en la mejoría de la calidad de vida de la población de Chihuahua y en la evolución y características del sistema de transporte determinadas en el diagnóstico del sistema de transporte presentado en la fase inicial de los estudios. Se consideran también las fortalezas y debilidades del sistema actual y los objetivos para la obtención de un sistema de transporte sustentable para la Ciudad.

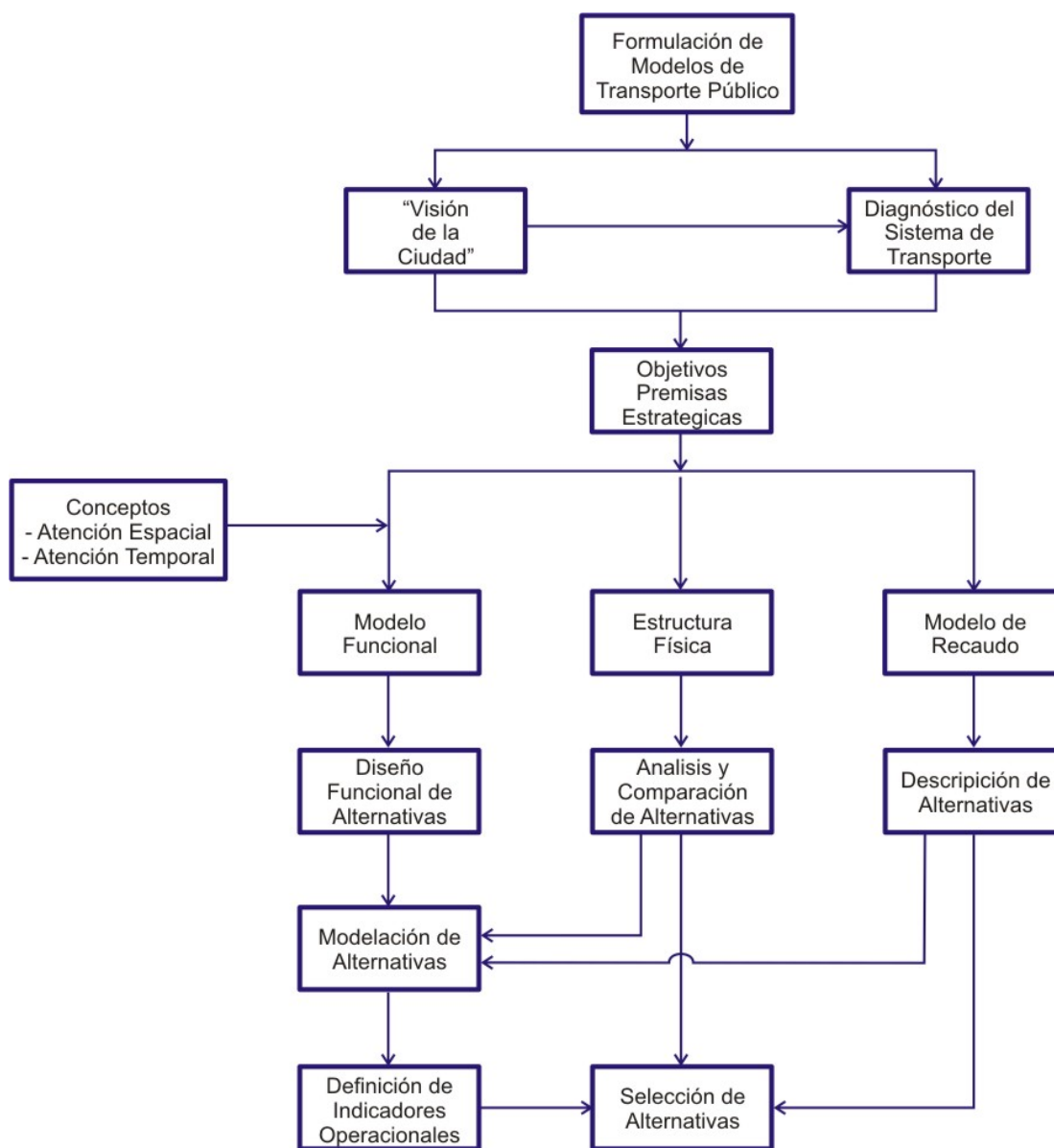
Las alternativas de solución planteadas, están constituidas por un conjunto de aspectos que al evaluarlos en el modelo de transporte estructurado para tal efecto, permiten medir los beneficios y los impactos negativos de cada una de ellas. Los aspectos considerados son: el modelo funcional, el modelo de infraestructura y el sistema de recaudo que son determinantes en la definición del nuevo sistema.

Las alternativas fueron estructuradas para el escenario base (año 2006) de tal manera que se posibilitara un análisis comparativo con la situación actual y de esta manera cuantificar los beneficios de las mismas.

Para elección de la alternativa más adecuada de acuerdo con los objetivos del proyecto, se realiza una comparación entre cada una de las alternativas y la situación actual, de los indicadores de desempeño del sistema tales como: el tiempo promedio de viaje de los usuarios, el costo promedio generalizado del viaje (en minutos), la flota operacional, el kilometraje de recorrido en un día hábil y el indicador de pasajero transportado por vehículo/día (PVD), comparadas con la situación actual.

El análisis fue realizado según la estructura presentada en el diagrama de la Figura 1.13.

Figura 1.13 Diagrama de Análisis



Fuente: Elaboración propia.

1.4.1 Síntesis del diagnóstico

Los datos y los análisis presentados en el Informe de Diagnóstico presentan un conjunto de aspectos, en el transporte actual, que deben ser superados en la propuesta del nuevo sistema para obtener un modelo transporte sustentable en la Ciudad de Chihuahua

Uno de estos aspectos se refiere al diseño actual de las rutas. Ellas operan de forma independiente sin ningún tipo de integración y con sobreposición de recorridos donde se establece una competencia entre operadores. En función de esto, los vehículos están permanentemente en circulación para incrementar el número de pasajeros, generando igualmente incrementos en el costo de operación y sin ofertar un mejor servicio.

Como el sistema sigue en un proceso de pérdida de demanda, por el aumento de vehículos particulares, la operación con frecuencias y flota fijas hace que los vehículos circulen con demanda reducida.

Además, el crecimiento espacial de la ciudad asociado a la estructura de concesión de operación por rutas, determina que sigan operando con la misma flota en rutas con mayor recorrido, ampliando el intervalo entre viajes y por lo tanto el tiempo de espera del usuario.

Otro factor que impacta negativamente el sistema es la gran cantidad de rutas. El sistema no tiene integración para proporcionar una buena atención espacial a la demanda. El sistema está diseñado en gran parte de la ciudad, con opciones de rutas de la cuenca de origen hacia varios destinos, de tal manera que las frecuencias individuales de las rutas resultan insuficientes contribuyendo en el aumento del tiempo de espera del usuario.

Es importante recordar que los vehículos tienen una misma característica de dimensiones y no están ajustados a la característica de la oferta de la ruta.

El modelo de asignación de rutas a los concesionarios también constituye una limitante para realizar ajustes en la estructura funcional del sistema. Como la ciudad tiene una dinámica de crecimiento que no sigue obligatoriamente la red de oferta de transporte y como las rutas tienen costos operacionales por pasaje distintos, el desequilibrio entre rutas es muy grande.

1.4.2 Descripción de las alternativas

1.4.2.1 Objetivos

Considerando la “VISIÓN DE CIUDAD” y las condiciones actuales del sistema de transporte público se establecieron los objetivos para el nuevo sistema de transporte:

- ✓ Mejorar la accesibilidad del usuario;
- ✓ Mejorar la calidad del servicio a los usuarios;
- ✓ Ampliar la participación del Transporte Público en la división modal;
- ✓ Propiciar rentabilidad financiera a los operadores;

Para la formulación de las alternativas se establecieron un conjunto de PREMISAS que deberán ser consideradas en todas las alternativas desarrolladas, las cuales están fundamentadas en el marco conceptual y en los criterios generales y particulares del PSMUS definidos como base para la realización de este proyecto.

- ✓ Integración Tarifaria Total – El modelo operacional considera que para la realización de su viaje, el usuario no deberá pagar tarifa adicional en los transbordos que necesite hacer, desde que se haga en un periodo de tiempo establecido. Esta premisa atiende el punto IV de los criterios particulares del PSMUS en el cual se plantea “Proponer un esquema tarifario de integración de rutas basado en la rentabilidad del sistema”;
- ✓ Priorizar el Transporte Público – El tiempo de desplazamiento del vehículo y por lo tanto el tiempo de viaje del usuario, es función del tiempo que los vehículos se detienen para el ascenso y descenso de pasajeros y de la velocidad de circulación en el sistema vial. Considerando una ocupación promedio de 1.5 pasajeros en un vehículo particular y 60 pasajeros en un autobús, la tasa ocupación de la vía (pasajeros por m²) de un usuario de vehículo particular es 7 veces mas grande que en un autobús. Así, deberá ser considerada en las alternativas de estructura física la prioridad de circulación del autobús en el sistema vial, de acuerdo con lo previsto en el MARCO CONCEPTUAL de los Términos de Referencia “favorecer con este estudio la implantación de un transporte público que logre disminuir la dependencia del automóvil particular” y lo previsto en los CRITERIOS GENERALES “Incrementar el uso del transporte público”. Además, al reducir el uso del transporte individual, se tendrá como consecuencia una reducción de gases contaminantes por la sustitución del vehículo privado, cumpliendo con “Reducir las emisiones a la atmósfera de conformidad con el Protocolo de Kyoto, y la contaminación auditiva”;
- ✓ Integración de los operadores actuales del transporte público - Una de las condiciones para el aumento de eficiencia en el sistema de transporte y la

optimización del servicio, es la integración de los operadores en pocas organizaciones para que se puedan generar economías de escala y una estrategia operacional en el sistema. Esta premisa atiende uno de los CRITERIOS PARTICULARES el cual plantea "Proponer sistemas eficientes de organización y que contribuyan a la rentabilidad del sistema y con la participación de los transportistas";

- ✓ No habrá subsidio a la operación del sistema, de esta forma la tarifa deberá cubrir los costos de operación del sistema. Esto conforme a uno de los CRITERIOS GENERALES planteados "Ser sostenible en el tiempo".

Considerando los objetivos, las premisas y el diagnóstico del sistema de transporte público se definieron las ESTRATEGIAS que se proponen para la formulación de las alternativas:

- ✓ Mejorar la eficiencia del Modelo Operativo y Funcional;
- ✓ Adecuar la infraestructura del sistema vial y de los puntos de parada de ascenso y descenso para una mayor comodidad al usuario y una adecuada eficiencia operacional;
- ✓ Modernizar la tecnología vehicular en función de la demanda de las rutas y mejores condiciones de comodidad al usuario;
- ✓ Mejorar el sistema de información al usuario. Este servicio al usuario asume, en el proyecto de transporte de Chihuahua, la función de ampliar la accesibilidad de los usuarios al sistema;
- ✓ Modernizar el Sistema de Recaudo, considerando la premisa de integración tarifaria y la necesidad de organización de los operadores. Este concepto tiene fundamental importancia en el sistema propuesto para Chihuahua;
- ✓ Implantar el Sistema de Control, esta estrategia considera que el ente gestor debe tener control del sistema para que pueda evaluar el servicio en sus aspectos de cumplimiento del servicio y calidad;
- ✓ Propiciar la rentabilidad financiera para los operadores del transporte público. Considerando que el servicio es concesionado a operadores privados y que actualmente se está dando una reducción de demanda y pérdida de rentabilidad, el proyecto considera que el sistema pueda generar rentabilidad atractiva a los operadores y no oneroso para los usuarios.

1.4.3 Evaluación de las alternativas de transporte público

1.4.3.1 Alternativa funcional

El modelo funcional considera dos aspectos básicos en su estructura: La atención espacial y la atención temporal a la demanda, que en general son conflictivos.

Atención Espacial – En este aspecto el modelo contempla la mayor cantidad posible de alternativas de destino al usuario con pago de solo una tarifa y con una caminata a pié de hasta 300 metros desde el origen de su viaje hasta el autobús y de igual distancia del autobús a su destino final;

Atención Temporal – En este concepto el modelo busca reducir el tiempo de espera del usuario en el paradero. Para rutas de baja demanda se consideró que el intervalo entre viajes no debe exceder a 15 minutos.

Así, en general, entre más se amplían las rutas para una mayor cantidad de opciones de orígenes y destinos al usuario y por lo tanto una mejor atención espacial, mayor será el tiempo de espera del usuario pues se divide la demanda en más rutas y por lo tanto peor será la atención temporal.

Buscando que las alternativas diseñadas tuvieran en cuenta los dos conceptos anteriores, los sistemas se diseñaron con tres tipos de configuración funcional de rutas:

- Una primera con estructura de rutas radiales con origen en las colonias y destino en el centro y rutas diametrales conectando dos colonias y pasando por el centro de la ciudad. Esta alternativa en general es más conveniente en los desplazamientos radiales, pero no optimiza la flota y ofrece menor atención espacial al usuario.
- Una segunda, con estructura de rutas alimentadoras que hacen la captación y distribución de pasajeros en las colonias y rutas troncales que hacen el transporte del usuario en los corredores, en general amplía la necesidad de trasbordo pero reduce la necesidad de flota, ampliando como consecuencia la atención espacial y temporal.
- Y la tercera que es una estructura mixta de las dos, aprovechando los aspectos favorables en términos de geografía de la trama urbana y de la ocupación y densificación del suelo.

Así, buscando la alternativa óptima para Chihuahua que posibilite el menor tiempo de desplazamiento al usuario y también el menor costo de pasaje, y considerando las condiciones geográficas de la ciudad y la distribución espacial de la demanda, se desarrollaron dos alternativas de configuración funcional del sistema:

- **Sistema sin Terminal de Integración** - Con estructura solo de rutas radiales y diametrales e integración tarifaria punto a punto en todo el sistema, conforme descrito en el inciso 1.4.3.4 Alternativa 1. Sistema de transporte sin Terminal de integración;
- **Sistema con Terminal de Integración** - Con estructura mixta de rutas tronco-alimentadas con Terminal de integración y rutas radiales y diametrales, aprovechando las características geográfica de la ciudad y espacial de la demanda. Integración física y tarifaria en las estaciones y Terminales e integración tarifaria punto a punto (en paraderos) en la región central de la ciudad y resto del sistema. Esta configuración es detallada a delante en el inciso 1.4.3.5

Aún que la principal diferencia entre las alternativas es la existencia o no del Terminal, otros aspectos las distinguen. Para una comparación de estas diferencias se presenta en secuencia la Tabla 1.3 con las características de cada una.

Tabla 1.3 Características de las alternativas

CONCEPTO	Sistema de rutas Convencionales (Sin Terminal de Integración)	Sistema Mixto Convencionales Tronco-alimentada (Con Terminal de Integración)
Arquitectura de la Red	Rutas convencionales - radiales - Diametrales - Circulares	Terminales de Integración Rutas Troncales - Radiales - Diametrales

		Rutas Alimentadoras
Flota	- Pequeños para rutas de Baja demanda - Medianos para las demás rutas < Posibilidad de ajuste de la capacidad de la flota a demanda en su recorrido	- Pequeños – Alimentadoras - Grandes – Troncales - Medianos – Convencionales > Posibilidad de ayustar la flota al perfil de demanda en su recorrido.
Modelo operacional	No permite utilización de modelos operacionales – Expreso Parador	Permite la utilización de modelos operacionales – Expreso Parador
Control en el corredor	Menor regularidad -Más difícil mantenimiento de regularidad debido a operación del vehiculo en la captación y distribución de demanda	Mayor regularidad - Más sencillo el control de rutas que operan como troncales -
Vehículo del corredor	Necesita mayor cantidad de vehículo para operar el corredor	Utiliza una menor cantidad de vehículos para operar el corredor
Atención a las colonias	Se hace con el mismo vehículo que opera la troncal < menor eficiencia > Mayor costo operacional	Se puede hacer con vehículos más pequeños > Eficiencia en la utilización de la flota < costo operacional
Utilización de la flota en el		Flota de micro hace la atención a las colonias –

Entre-pico	> kilometraje de vehículos medianos < Eficiencia	Kilometraje de corto recorrido de rutas. Permite optimizar Km de rutas de vehículos mayores (troncales)
Atención Temporal	< Frecuencia por la necesidad de ampliar el numero de rutas	> Frecuencia Alimentadora- Posibilidad de mayor numero de rutas - rutas alimentadoras son cortas y pueden operar con vehículos pequeños > Frecuencia en la troncal por concentración de demanda
Atención Espacial	< Opción de destino, rutas convencionales permite uno solo destino	> Opción de destino - En el Terminal el usuario tiene múltiple opción de destino
Costo Operacional	> Costo Operacional > Flota > Kilometraje	< Costo Operacional < Flota (Opera con flota más ajustada a demanda) < Kilometraje

Para efecto de uniformidad de lenguaje llamaremos de “Estaciones” los puntos de parada del corredor a la izquierda, junto al camellón central, y los “Paraderos” serán los puntos localizados a la derecha de las vías, junto a la banqueta.

1.4.3.2 Aspectos metodológicos

La planificación de una nueva red de transporte como la propuesta para la Ciudad de Chihuahua en general es elaborada con el uso de modelos de planificación de

transporte que permiten estimar con una buena precisión la demanda y características operacionales del nuevo sistema. Para este estudio se utilizó el software de planificación EMME2 presentado en el capítulo de modelación de este Informe.

Considerando los conceptos anteriores, la construcción de las dos alternativas de red de transporte, fue hecha en un proceso iterativo de diseño y ajuste de rutas y evaluación del sistema en sus aspectos operacionales y de los tiempos que componen el viaje del usuario.

El proceso de construcción de las alternativas siguió las actividades que se describen a continuación:

(i) Diseño del Recorrido de las Rutas

Para el diseño de la nueva arquitectura de la red de transporte se elaboraron los siguientes procedimientos:

- Carga de caminos mínimos. Considerando que la oferta del servicio puede distorsionar la carga de pasajeros en los corredores y buscando conocer los principales ejes de desplazamientos en la ciudad, se elaboró una carga de viajes de transporte público en la red vial, sin las rutas de autobús, utilizando el software EMME2 y la matriz de viajes de transporte público en la hora pico. Se consideró para los desplazamientos velocidad constante en la red. Con esto se obtuvo un mapa de caminos mínimos donde fue posible identificar los principales ejes de deseo del usuario presentados en la Figura 1.14.

- Rutas más cargadas. Como referencia al diseño de la nueva red se identificó, a partir de la demanda actual, las rutas de mayor demanda que servirán de base para el inicio del diseño. Entre ellas la Centro- Norte, Tarahumara, Cerro de la Cruz-CTM, Ruta Uno, Granjas, 20 Aniversario, Mármol e Infonavit.

- Corredores estructurales y áreas potenciales para Terminales. Para la alternativa de red tronco-alimentada se identificaron los corredores con característica estructural donde se pudieran diseñar las rutas troncales y los puntos de convergencia de demanda y la disponibilidad de áreas para los Terminales de Integración.

- Principales flujos entre zonas. El mapa de los flujos de viaje entre macrozonas y zonas de tráfico también fue elemento importante para el conocimiento de los deseos de desplazamientos y orientación en el diseño de las rutas.

Con estos elementos se elaboraron las dos arquitecturas de red que fueron cargadas y analizadas hasta la definición de la versión final de cada alternativa, con y sin Terminal de integración.

Figura 1.14 Carga de pasajeros por caminos mínimos



Fuente: Elaboración propia.

(ii) Integración Física y Tarifaria

En este concepto, como elemento de la estructura física y operacional de la red se definieron los tipos de integración propuesta para cada alternativa, tanto tarifaria como física y los Terminales de integración física. La definición de la integración tarifaria es producto de la premisa adoptada en la concepción del sistema donde se establece que la integración tarifaria debe ser total. La integración física fue definida en la arquitectura de la red junto con el diseño del recorrido de las rutas y Terminales.

(iii) Frecuencia y Capacidad de Partida

Para iniciar la simulación se establece una frecuencia tentativa y homogénea para cada tipo de ruta de forma que la frecuencia no sea, en esta fase del proceso, un elemento definidor de la demanda de la ruta, pero si del diseño de su recorrido. Al iniciar los análisis la capacidad también es definida como un valor fijo para cada tipo de ruta.

Para la alternativa sin Terminal la frecuencia de partida fue de 5 minutos para todas las rutas y para la alternativa con Terminal se adoptó como frecuencia de partida cinco minutos para las rutas troncales, ocho minutos para las rutas alimentadoras y 10 minutos para las rutas convencionales.

(iv) Velocidad del Transporte Colectivo

La velocidad del transporte colectivo es una variable importante en el proceso de construcción y evaluación de la nueva red de transporte. Para las vías donde no se prevé prioridad de circulación del transporte colectivo en relación al tráfico general, la velocidad de los autobuses es función de la velocidad del tráfico general. En las vías donde se propone carril exclusivo al transporte público la velocidad inicial adoptada en este carril fue de 25 km/h que es una velocidad que en general si consigue en operación de carriles exclusivo a la izquierda de la vía.

(v) Corrida del Modelo

Diseñadas las rutas y definidos los parámetros, se realizaron para cada una de las dos redes propuestas la carga de viajes en las dos horas del periodo pico de la mañana. Con esto se determinaron para cada alternativa los indicadores operacionales que serán comparados con los datos de la situación base (actual) en un proceso de análisis y ajuste de los conceptos descriptos en secuencia hasta la formulación de la alternativa final.

- Demanda potencial del sistema en las dos horas del pico de la mañana con base en la matriz de viajes obtenida con la encuesta de origen y destino de 2006;
- Longitud de las rutas propuestas por sentido de circulación;
- Tiempo de viaje de cada ruta en la hora pico de la mañana;
- Cantidad de embarques por ruta en las dos horas de análisis y la carga máxima de pasajero en el tramo de mayor demanda de cada ruta;
- Tiempos promedio de viaje (embarcado), de espera en los paraderos, estaciones y Terminales, de caminata y costo generalizado en minutos.
- Cantidad de transbordos realizados en relación a la cantidad de usuarios en el periodo.

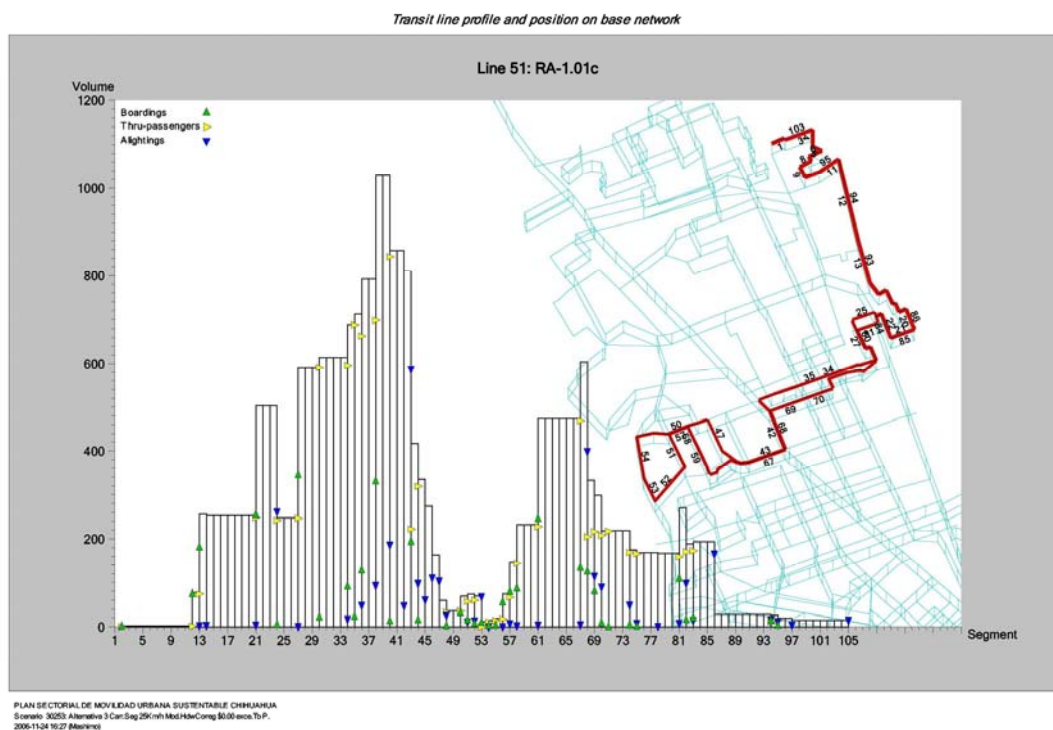
(vi) Análisis del Polígono de Carga

Como resultado de la simulación se obtuvo el polígono de carga para cada ruta simulada donde se pudo verificar, por arco de recorrido de la ruta, la cantidad de embarques y desembarques y la ocupación de la ruta en el periodo de análisis. La

Figura 1.14 Carga de pasajeros por caminos mínimos, presenta un ejemplo de polígono de carga para una ruta.

Así, para cada una de las alternativas desarrolladas se elaboró un análisis de los polígonos de carga por ruta, identificando puntos de ocurrencia de gran cantidad de transbordos que indicasen la necesidad de alteración del recorrido. Se evaluó también de forma empírica la regularidad del perfil de ocupación de la ruta en su recorrido verificando la eficiencia del trazo y la necesidad de alterar el recorrido, mantenerlo o eliminarlo. Este proceso fue realizado para cada versión analizada de las dos alternativas hasta su configuración final.

Figura 1.15 Polígono de carga tipo



Fuente: Elaboración propia.

(vii) Vehículo Tipo

Por las características del sistema se adoptaron para el desarrollo de las simulaciones tres posibilidades de vehículo en función de la tipología de la ruta. Midibús o autobús convencional para rutas alimentadoras y convencionales, autobús Low Entry para rutas troncales que operarán en el corredor de puerta izquierda y autobús Standard o piso alto de tres puertas para rutas troncales en corredor sin carril izquierdo.

Para la hora pico se estableció como ocupación de proyecto para los vehículos que van operar fuera del corredor exclusivo el nivel de servicio “C” con tres pasajeros parados por metro cuadrado. Esto resulta que la capacidad nominal para midibús es de 35 pasajeros y para los buses Standard y Piso alto 60/62 pasajeros.

Para los autobuses que van operar en los corredores junto al camellón central y necesitan de vehículos de puertas de los dos lados se adoptó el nivel de servicio “D” pues el recorrido es más directo y más rápido por circular en carril exclusivo. Considerando el vehículo Low Entry como referencia, la ocupación de proyecto resultó en 60 pasajeros.

Los datos de los vehículos considerados están presentados en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4 Nivel de Servicio por Tipo de Vehículo

VEHÍCULO	Sentados	Área (m2)	NIVEL DE SERVICIO					
			A	B	C	D	E	F
			0	1,5	3	4,5	6	7
Micro-ómnibus	25	3,4	25	30	35			
Standard	42	6,0	42	51	60	69	78	84
Low entry 12m (4 puertas)	33	6,0	33	42	51	60	69	75
Piso Alto 12m (3 puertas)	41	6,9	41	51	62	72	82	89

Fuente: Elaboración propia.

(viii) Frecuencia Calculada

Determinado el vehículo de proyecto, se evaluó el polígono de carga de cada ruta para eliminar los picos concentrados en tramos cortos (tramos con alta demanda entre dos o tres paradas que en general no debe ocurrir en la situación real) dando como resultado una nueva ocupación para el tramo crítico de la ruta. Con base en está ocupación y a la capacidad de proyecto del vehículo se calculó el numero de viajes necesarios para la hora pico de la mañana.

(ix) Flota Operacional por Ruta

La flota operacional fue obtenida por la relación del Tiempo de ciclo de la ruta y la cantidad de viajes dimensionados para la hora pico.

$$F = Tc/I$$

Donde:

F = Flota operacional de la ruta (i)

Tc = Tiempo de ciclo de la ruta (i)

I = Intervalo entre partidas de una ruta (i) en la hora pico

El tiempo de ciclo fue obtenido con el tiempo de viaje resultante de la modelación con el EMME2 aumentando cinco minutos de tiempo de parada en el Terminal de inicio y de término de la ruta.

El intervalo (i) utilizado fue el valor recalculado con el vehículo de proyecto.

(x) Demanda en Hora Pico, Diaria y Mensual para el Sistema;

a) Demanda en la Hora Pico

La demanda de viajes por ruta fue obtenida para las **2 horas pico** de un día útil en el periodo de la mañana para cada alternativa estudiada y con base en la matriz de viajes obtenida de la encuesta de origen y destino

b) Demanda Diaria por ruta

La demanda diaria por ruta fue obtenida a partir de un factor de expansión medio diario. El factor es el resultado del cociente de la viajes de las dos horas del periodo de pico mañana por el total de viaje de Transporte Público en el periodo del día como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.5 Factor de expansión de la demanda horaria al día

Periodo	Valor
Día (viajes)	290.075,00
Dos Hora pico Mañana (viajes)	45.103,00
Factor	6,43

Fuente: Elaboración propia.

c) Demanda Mensual por Ruta

La demanda mensual por ruta fue obtenida de la expansión de la demanda diaria (inciso b) expandida para un mes tipo considerando el número de días hábiles equivalentes de un mes típico del año.

El número de días equivalentes se obtuvo de la suma de días hábiles con el número de días sábados y domingos equivalentes a un día hábil.

El día hábil fue considerado como el día típico de demanda (factor 1). El factor de correlación del sábado y domingo con el día hábil fue calculado con base en los datos de demanda diaria de la encuesta de ocupación.

Considerando la cantidad de días tipo para el periodo de un año y el factor de equivalencia se calcularon las cantidades de días equivalentes para un mes promedio del año presentado en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6 Días equivalentes

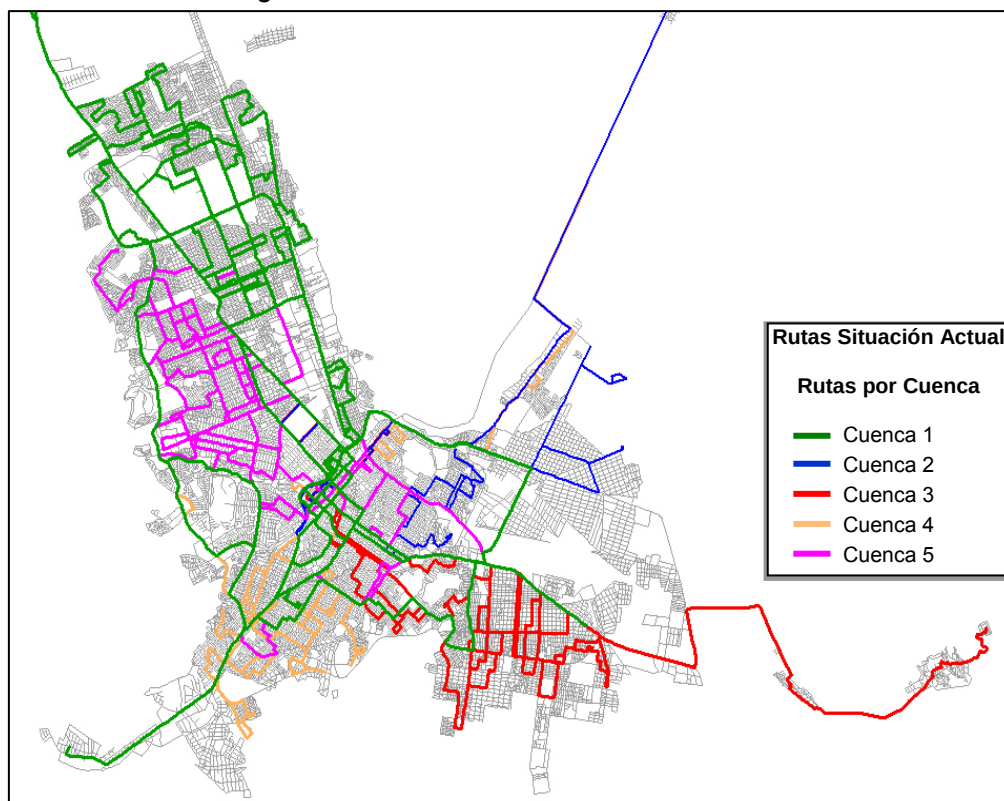
Tipo día	Cantidad al año	Cantidad días del mês promedio del año	Factor de relación de demanda	Días equivalentes (mês)
Laborable	246	20,50	1	20,50
Sábado	56	4,67	0,921	4,30
Domingo y festivos	63	5,25	0,835	4,38
TOTAL	365	30,42		29,18

Fuente: Elaboración propia.

1.4.3.3 Situación actual (año 2006)

La situación base comprende un conjunto de 69 rutas convencionales conforme a lo presentado en el Informe de Diagnóstico. Para el análisis comparativo de las alternativas realizadas se presentan en este inciso los datos de referencia para la situación Base que serán comparados con las alternativas propuestas. Los datos de la situación base incluyen el recorrido actual de las rutas (Figura 1.16), los datos operacionales por ruta obtenidos de la calibración del sistema, los indicadores de los tiempo que componen el viaje del usuario, los indicadores operacionales para el escenario y una representación grafica de la carga de pasajeros par este escenario.

Figura 1.16 Rutas actuales. Situación base



Fuente: Elaboración propia.

La carga de la situación actual (Situación Base) presentada en la Tabla 1.7 fue realizada considerando la operación de las 69 rutas regulares de transporte público de la Ciudad de Chihuahua y las tres rutas interurbanas, aún que estas tres rutas no interfieran en el sistema urbano. Los intervalos de viaje son los realizados actualmente con la flota de 528 vehículos.

La Tabla 1.7 presenta para el periodo de pico de la mañana, por ruta, el tipo de vehículo considerado (en este caso un solo tipo), la flota operacional (no Veh), el intervalo entre partidas (hdwy), la longitud de la ruta (line length), el tiempo de viaje de la ruta (line time) la cantidad de embarques en las dos horas de simulación (no. of. Board), la permanencia de usuarios en la red en pasajeros kilómetros y pasajeros x hora y la cantidad de pasajeros en el tramo crítico (max volume).

Tabla 1.7 Carga de rutas en la situación actual. Pico AM

nombre línea	line	veh type	no. Veh	hdwy (min)	line length (km)	line time (min)	no.of board.	passeng km	passeng hours	max volume
ZarEsp	1	1	5	16	16,11	65,19	146	577,5	38,1	64
ZarZoo	2	1	5	16	19,99	75,52	750	4118,8	254,4	351
ZarMar	3	1	5	16	15,17	66,33	256	1058,1	79	162
GjaCol	4	1	5	21	26	93,62	337	1630,7	104,6	178
PanSF	5	1	4	20	24,91	74,12	260	1873,4	104,5	214
PanMir	6	1	5	15	24,3	72,73	639	4244,5	223,9	497
CerUni	7	1	9	12	28,12	104,07	741	4763	299,6	496
CirBZa	8	1	16	12	51,72	182,85	2303	12141	744,2	671
CerCen	9	1	11	8	20,18	82,61	469	2768,8	181,4	352
RosUni	10	1	8	15	24,59	108,79	395	2332,4	166,4	308
RosJua	11	1	6	20	23,58	108,38	150	715,1	53,9	87
Bol80	12	1	3	19	14,4	56,64	108	197,4	12,8	78
BolJua	13	1	6	16	27,23	93,61	540	3107,5	190,3	218
BolUni	14	1	7	16	29,05	96,23	259	1489,4	83,5	127
DalUi	15	1	7	15	33,49	103,39	379	1635,1	108,5	322
DalJua	16	1	6	16	22,1	87,42	294	1809	118,9	154
2_Oct	17	1	8	8	13,65	57,54	462	1439,1	107,9	375
Rta15D	18	1	7	15	28,33	99,38	591	3880,5	224,4	421
Rta15I	19	1	5	20	27,69	94,28	317	1860	103,4	157
R4_195	20	1	16	7	28,24	107,23	731	4443,7	283,5	459
KomaD	21	1	7	17	30,12	109,23	543	2876,4	158,1	329
KomaI	22	1	8	16	30,52	113,02	321	1671	99,4	127
VJuaKe	23	1	10	11	29,43	105,11	412	2687,3	147,4	239
VJuaRe	24	1	11	10	26,6	104,08	194	1007,4	65,3	81
Ruta3	25	1	13	7	24,59	85,1	1197	5774	337,7	463
Aerpto	26	1	15	9	46	134,98	927	8334,8	393,2	528
StaRos	27	1	9	9	18,01	72,75	156	579,4	37,5	75
AniInv	28	1	7	20	39,34	126,82	546	4675,7	230	215
AniDir	29	1	9	14	39,19	123,87	790	7986,6	394,4	356
UnoTec	30	1	16	10	51,54	150,73	1675	14226	716,2	553
CirSZa	31	1	19	10	51,44	186,98	1959	11012	695	543
TarDir	32	1	9	14	33,96	113,89	826	5210,9	282,7	374
TarInv	33	1	9	14	33,95	114,99	1011	6642,4	368,5	458
CiSZaA	34	1	10	24	74,09	221,49	1317	12571	570,6	429
CiBZaA	35	1	12	20	73,38	224,16	1699	14103	620	615
GjaFre	36	1	6	15	19,7	79,87	584	3217,3	239,1	361
CNSInd	37	1	5	30	40,26	141,54	365	2863,9	161,7	132
InfDCo	38	1	2	60	24,56	87,66	137	769	45,2	99
InfDVa	39	1	9	10	23,39	83,78	1272	6843,4	376,9	769
InfICo	40	1	2	60	22,77	82,93	186	996,2	57,5	122
InfIva	41	1	8	12	25,18	88,51	736	3812,1	213,1	483
R3Lea	42	1	12	8	24,65	93,71	793	3581,4	238,1	489
AyalaD	43	1	12	11	31,18	123,74	230	1270,7	74,4	75
AyalaI	44	1	11	12	31,9	124,27	816	6080,7	368,1	596
Sarabi	45	1	11	9	26,57	96,81	404	2370,8	132,5	217
DosTec	46	1	17	11	59,86	182,49	1611	11156	544,6	438
CTMDir	47	1	9	12	30,03	105,17	1519	8271,9	471,8	483
CTMInv	48	1	7	15	30,03	104,86	1173	6051,1	339	370
Valles	49	1	12	12	43,94	137,88	1327	11658	586,9	604
SnRafa	50	1	8	9	18	65,59	174	619,1	34,9	127
100Dir	51	1	4	30	30,73	106,02	275	1435,6	81,8	104
100Inv	52	1	4	30	30,73	101,91	334	1762,6	92,8	125
NomVan	53	1	6	30	39,86	158,51	318	1780	111,2	126
NomCol	54	1	5	30	39,34	148,89	404	2271	140,5	165
GjaSab	55	1	4	20	19,67	74,77	455	2266,2	145,1	232
TValnd	56	1	11	10	32,69	107,3	1111	8771,2	465,9	485
TIndCo	57	1	6	19	31,61	100,61	624	4517,5	221,2	385
TIndVa	58	1	6	19	30,99	97,01	700	4864,7	235,4	354
TColnd	59	1	3	47	31,45	102,85	204	1503,2	81,5	74
CNSCen	60	1	8	20	42,51	147,82	367	2627,2	143,7	145
CNSAce	61	1	7	20	40,07	137,75	526	4202,6	230,8	199
Marmol	62	1	15	8	29,88	113,04	740	4951	338,9	525
CNSMaE	63	1	6	30	43,53	152,08	248	1666,5	91,2	83
R3Pac	64	1	12	8	24,66	93,51	694	3129,2	213,9	449
BolGta	65	1	4	18	14,4	55,8	173	541,6	38,1	85
AniRiv	66	1	3	60	50,02	145,19	178	1571,1	77,4	72
Aldama	91	1	8	23	72,39	162,23	71	625,3	25	45
Serdan	92	1	7	20	58,86	135,59	335	3700,9	162,6	327
Sauz	93	1	18	14	123,28	240,22	310	7809,9	260,9	167

La Figura 1.17 presenta una representación grafica de la carga de pasajeros en el sistema vial para la situación base y la Figura 1.18 un detalle de la carga en el tramo más cargado del sistema.

Figura 1.17 Carga de pasajeros en la red. Situación Base



Figura 1.18 Carga de pasajeros en la red. Situación base – Detalle



• Tiempos de viaje

Como producto de la simulación se obtuvieron los valores de tiempo que componen el desplazamiento de los usuarios del sistema de transporte público en su viaje para la situación base.

El tiempo total de viaje promedio para la ciudad es de 42,41 minutos para el pico de la mañana. Este tiempo está compuesto por los tiempos de viaje, caminata y espera. Además, se presenta el costo generalizado del viaje en minutos que considera además de tiempo efectivo de desplazamiento y espera el valor pago por la tarifa convertido en minutos. Se establece que este costo es de 106,89 minutos.

Además de los tiempos también se presenta la tasa media de transbordo para el periodo de pico de la mañana (18,09%). Este valor resulta compatible con el valor obtenido en la encuesta de O/D donde en los picos el transbordo se mostró más alto que el promedio diario.

La Tabla 1.8 presenta los valores de tiempo que componen el viaje del usuario par el escenario base.

Tabla 1.8 Tiempos medios de viaje. Situación base

Concepto	Pico Mañana
Tiempo Viaje en el Vehículo (min.)	22,36
Tiempo Caminata (min.)	16,30
Tiempo Espera (min.)	3,76
Tiempo Total de Viaje (min.)	42,41
Costo Generalizado (min.)	106,89
Total Abordajes Reportados Rutas TP	45.682
Pasajeros Intrazonales en TP	7.578
Total Abordajes con Pas Intrazonales	53.260
Tasa Media de Transbordo (%)	18,09%

Fuente: Elaboración propia.

• Datos Operacionales

Los datos operacionales presentados a continuación indican que la flota obtenida con la simulación fue de 521 vehículos distinta de los 528 vehículos registrados en la Dirección de Transporte. Esto ocurre por la aproximación del modelo.

La Tabla 1.9 presenta los datos operacionales obtenidos en la simulación del escenario base – 2006.

Tabla 1.9 Datos operacionales. Situación base

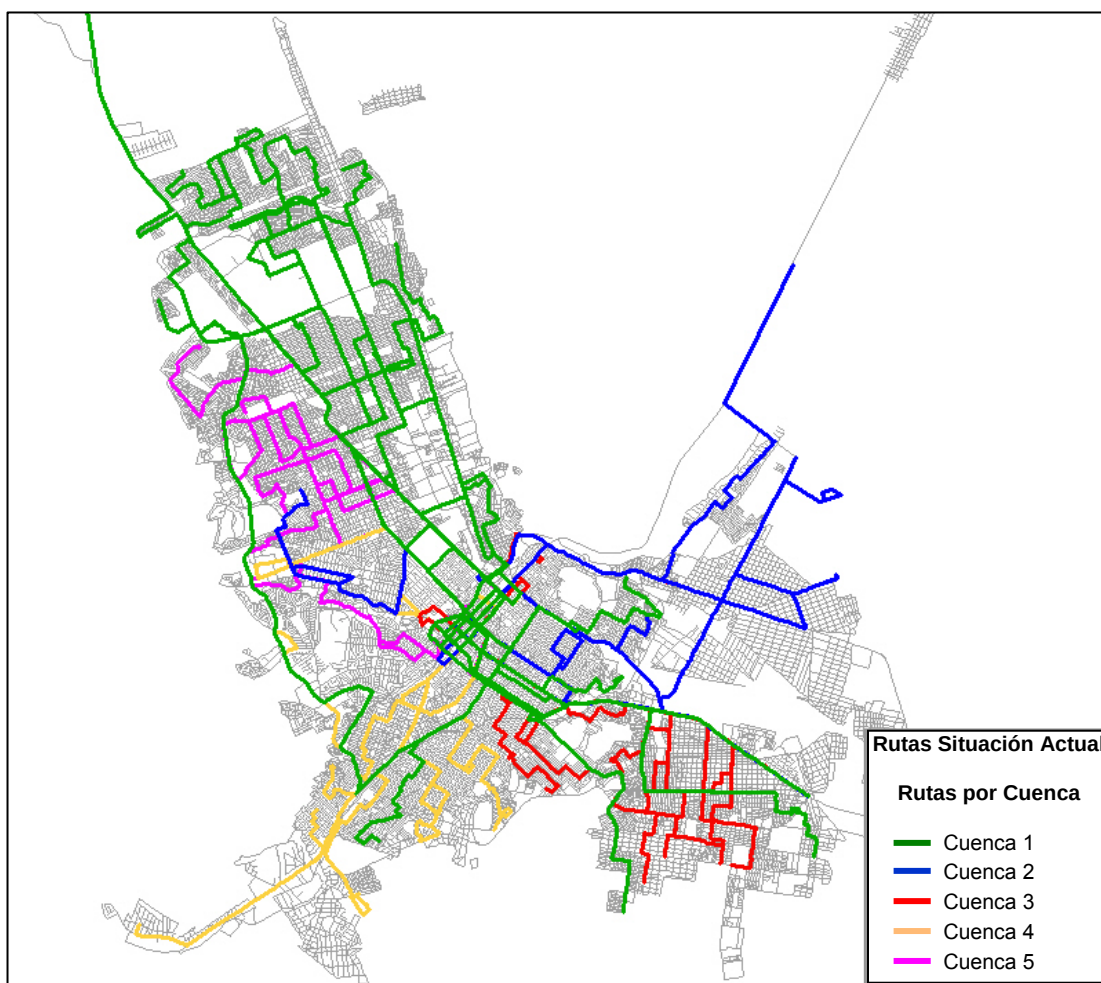
Concepto	Base - 2006
Flota am (Buses)	521
Flota am (Micros)	
Flota am (Low Entry)	
Flota equivalente (60 pax)	521
Km diaria total	109.262
Embarques diarios	274.229
Viajes diarias	3.278
PVD	526
IPK	2,51
Pax. x Km (HPM)	272.866
Pax. x Hora (HPM)	15.192
Longitud Promedio	31,59

Fuente: Elaboración propia.

1.4.3.4 Alternativa 1. Sistema de transporte sin Terminal de integración

Con base en la metodología presentada en el inciso 1.4.3.2 se desarrolló la alternativa del sistema de rutas sin Terminal de integración que dio como resultado 37 rutas convencionales con integración tarifaria y vehículos adecuados a la demanda y a la operación en carril exclusivo. El recorrido de las rutas es presentado en la Figura 1.19 separadas por cuenca de origen.

Figura 1.19 Recorrido de rutas. Alternativa sin Terminal



Fuente: Elaboración propia.

Después del proceso iterativo de carga, análisis y rediseño de rutas hasta la obtención de un escenario optimizado de la alternativa Sin Terminal se obtuvieron los datos operacionales de la salida directa del modelo que son presentados en la Tabla 1.10 Las rutas de esta alternativa fueron cargadas con la matriz de viaje del periodo de pico de la mañana.

Tabla 1.10 Datos de salida del EMME2. Alternativa sin Terminal

nombre línea	line	veh type	no. Veh	hdwy (min)	line length (km)	line time (min)	no.of board.	passeng km	passeng hours	max volume
RC-1.01i	1	2	13	5	20,62	62	1545	7130,3	346,5	589
RC-1.01v	101	2	14	5	20,62	69,73	2437	10289	569	1180
RC-1.02i	2	2	10	5	18,51	49,35	1946	9883,8	434	1210
RC-1.02v	3	2	10	5	17,23	46,6	2366	10863	501,4	1208
RC-1.03c	4	2	11	11	38,81	119,64	2060	14284	645,4	631
RC-1.04c	5	2	11	11	38,12	116,67	2091	10580	507,5	637
RC-1.05c	6	2	16	11	47,84	168,59	1684	8722,5	463,3	707
RC-1.06c	7	2	14	9	36,63	122,67	2404	11512	611,2	1093
RC-1.07c	8	2	32	4	36,78	126,96	4429	19022	1054,1	2173
RC-1.08c	9	2	15	9	30,49	129,87	2122	11141	757,4	895
RC-1.09c	10	2	9	13	45,6	112,97	1541	11511	498,5	505
RC-1.10c	11	2	12	8	39,47	88,9	3720	23245	816	1108
RC-1.11c	12	2	15	15	64,61	223,63	1524	6310,4	367	378
RC-2.01c	13	2	9	8	17,35	69,81	1839	6244,2	422,3	974
RC-2.03c	15	2	9	12	28,38	107,91	1200	3810,8	232,2	294
RC-2.04c	16	2	10	9	26,41	84,38	1709	7278,6	358,2	808
RC-2.05c	49	2	14	10	44,06	138,18	2145	14128	735,1	771
RC-2.09c	75	2	8	11	31,08	87,31	1209	4241,7	212,5	366
RC-3.01c	21	2	8	11	19,92	78,27	884	4359,5	313,3	514
RC-3.02c	22	2	10	9	26,34	87,71	1644	7660,6	423,8	811
RC-3.03c	23	2	6	12	22,54	69,88	464	1409,4	69,1	224
RC-3.05c	25	2	11	11	33,33	110,33	1316	5389,5	278,7	539
RC-3.08c	28	2	18	6	28,55	104,46	2928	15974	877,4	1496
RC-3.09c	29	2	14	6	20,97	79,08	3011	8780,7	569,1	1362
RC-4.01c	31	2	8	12	27,51	86,81	1142	3917,3	225	333
RC-4.03c	32	2	7	12	18,7	82,31	740	2453,3	179,4	290
RC-4.05c	34	2	13	9	26,85	108,19	1567	7620,6	518,7	508
RC-4.07c	35	2	10	7	14,98	63,37	1175	4665,7	316,2	740
RC-4.08c	36	2	7	16	22,22	104,1	445	1491,9	115,2	185
RC-4.09c	37	2	6	14	20,14	73,62	535	2160,2	143,1	283
RC-4.10c	38	2	11	12	36,56	131,4	2172	9197,1	541,2	569
RC-5.01c	39	2	7	13	28,48	86,67	1739	7202,1	361,5	725
RC-5.02c	40	2	8	12	23,98	87,91	1262	5020,5	297,2	387
RC-5.03c	41	2	7	14	24,66	86,79	1369	3129,6	182,7	581
RC-5.04c	42	2	11	8	20,65	84,45	1847	5729,3	374,9	568
RC-5.05c	43	2	6	8	12,22	46,43	2010	4081,8	271,9	875
RC-5.06c	44	2	7	10	17,03	62,55	709	2848,4	160,4	403
RC-5.07c	45	2	6	9	13,4	48,11	789	2404	141,9	475
RC-5.08c	76	2	13	8	25,13	102,4	2396	4915,5	302,3	1022

Fuente: Elaboración propia.

Sobre los datos obtenidos de la modelación se elaboró el ajuste de demanda máxima, definición del tipo de vehículo, frecuencia de viajes y determinación de la flota operacional que se estableció en 408 vehículos. Estos datos son presentados en la Tabla 1.11.

Tabla 1.11 Salida de EMM2 ajustada. Alternativa sin Terminal

nombre línea	line	veh type	Capacitad	no. Veh	hdwy (min)	line length (km)	line time (min)	no.of board.	passeng km	passeng hours	max volume
RC-1.01i	1	1	60	16	8	41,24	137	1545	7130,3	346,5	451
RC-1.01v	101	1	60	0	0	0	0	2437	10289	569	856
RC-1.02i	2	1	60	17	6	35,74	101	1946	9883,8	434	1210
RC-1.02v	3	1	60	0	0	0	0	2366	10863	501,4	1201
RC-1.03c	4	1	60	11	11	38,81	125	2060	14284	645,4	631
RC-1.04c	5	1	60	11	11	38,12	122	2091	10580	507,5	637
RC-1.05c	6	1	60	13	13	47,84	174	1684	8722,5	463,3	550
RC-1.06c	7	1	60	17	8	36,63	128	2404	11512	611,2	948
RC-1.07c	8	1	60	32	4	36,78	132	4429	19022	1054,1	1750
RC-1.08c	9	1	60	14	10	30,49	135	2122	11141	757,4	746
RC-1.09c	10	1	60	8	14	45,6	118	1541	11511	498,5	505
RC-1.10c	11	1	60	12	8	39,47	94	3720	23245	816	932
RC-1.11c	12	1	60	15	15	64,61	229	1524	6310,4	367	239
RC-2.01c	13	1	60	9	8	17,35	75	1839	6244,2	422,3	858
RC-2.03c	15	2	35	8	14	28,38	113	1200	3810,8	232,2	294
RC-2.04c	16	1	60	9	10	26,41	89	1709	7278,6	358,2	718
RC-2.05c	49	1	60	14	10	44,06	143	2145	14128	735,1	728
RC-2.09c	75	2	35	7	13	31,08	92	1209	4241,7	212,5	329
RC-3.01c	21	2	35	10	8	19,92	83	884	4359,5	313,3	514
RC-3.02c	22	1	60	9	11	26,34	93	1644	7660,6	423,8	680
RC-3.03c	23	2	35	5	15	22,54	75	464	1409,4	69,1	224
RC-3.05c	25	1	60	8	15	33,33	115	1316	5389,5	278,7	451
RC-3.08c	28	1	60	20	6	28,55	109	2928	15974	877,4	1303
RC-3.09c	29	1	60	15	6	20,97	84	3011	8780,7	569,1	1292
RC-4.01c	31	2	35	7	13	27,51	92	1142	3917,3	225	333
RC-4.03c	32	2	35	6	15	18,7	87	740	2453,3	179,4	271
RC-4.05c	34	2	35	12	10	26,85	113	1567	7620,6	518,7	442
RC-4.07c	35	2	35	12	6	14,98	68	1175	4665,7	316,2	745
RC-4.08c	36	2	35	7	15	22,22	109	445	1491,9	115,2	185
RC-4.09c	37	2	35	5	15	20,14	79	535	2160,2	143,1	206
RC-4.10c	38	1	60	9	15	36,56	136	2172	9197,1	541,2	488
RC-5.01c	39	1	60	6	15	28,48	92	1739	7202,1	361,5	496
RC-5.02c	40	1	60	6	15	23,98	93	1262	5020,5	297,2	341
RC-5.03c	41	1	60	6	15	24,66	92	1369	3129,6	182,7	355
RC-5.04c	42	2	35	12	7	20,65	89	1847	5729,3	374,9	567
RC-5.05c	43	2	35	11	5	12,22	51	2010	4081,8	271,9	875
RC-5.06c	44	2	35	6	11	17,03	68	709	2848,4	160,4	396
RC-5.07c	45	2	35	5	11	13,4	53	789	2404	141,9	385
RC-5.08c	76	2	35	18	6	25,13	107	2396	4915,5	302,3	711

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1.20 presenta una representación grafica de la carga de pasajeros en el sistema vial para la Alternativa Sin Terminal y la Figura 1.21 un detalle de la carga en el tramo más cargado del sistema.

Figura 1.20 Carga del Sistema. Alternativa sin Terminal

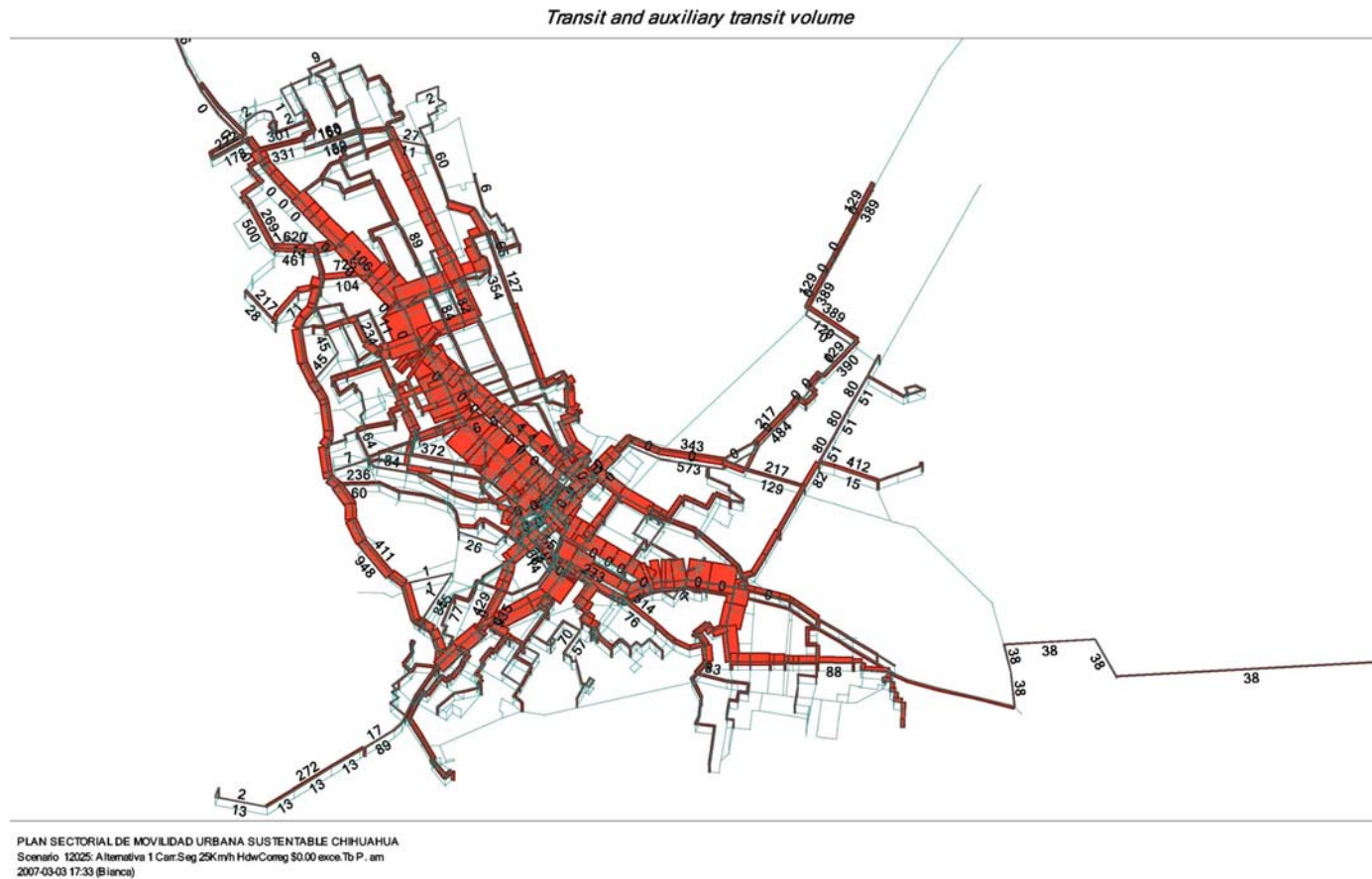
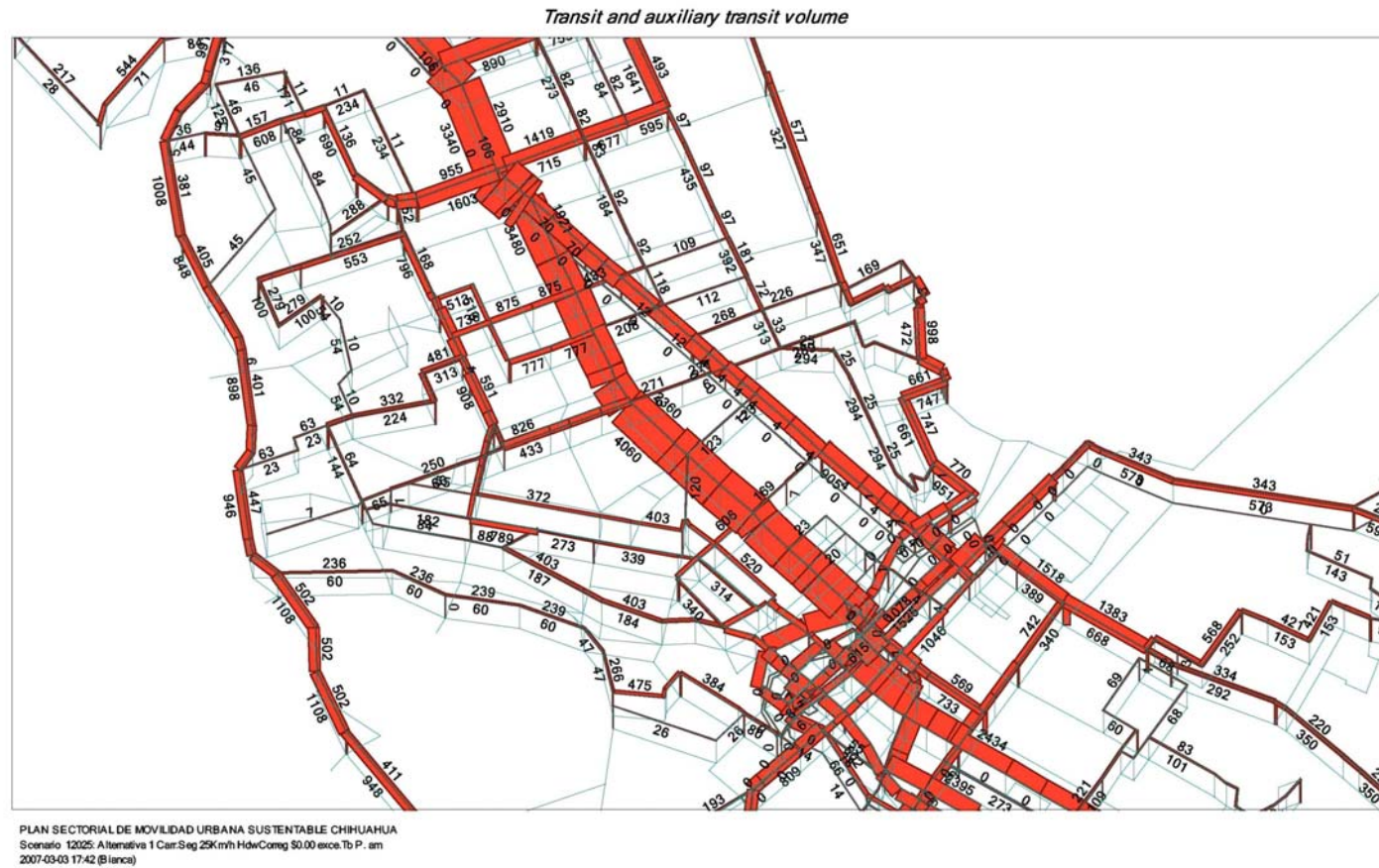


Figura 1.21 Carga del sistema. Alternativa sin Terminal (Detalle)



• Tiempos de viaje

En la Tabla 1.12 se presentan los datos de que componen el tiempo de viaje del usuario para la alternativa Sin Terminal.

Tabla 1.12 Tiempos promedio de viaje. Alternativa sin Terminal

Concepto	Pico Mañana
Tiempo Viaje en el Vehículo (min.)	22,00
Tiempo Caminata (min.)	13,23
Tiempo Espera (min.)	4,21
Tiempo Total de Viaje (min.)	39,44
Costo Generalizado (min.)	98,23
Total Abordajes Reportados Rutas TP	68.710
Pasajeros Intrazonales en TP (pax)	7.510
Total Abordajes con Pax Intrazonales	76.220
Tasa Media de Transbordo (%)	68,99%

Fuente: Elaboración propia.

• Parámetros operacionales

La Tabla 1.13 presenta los datos operacionales de la alternativa Sin Terminal con los ajustes de frecuencia y flota realizados sobre la salida del EMMÉ2.

Tabla 1.13 Parámetros operacionales. Alternativa sin Terminal

Concepto	Sin Terminal
Flota am (Buses)	145
Flota am (Micros)	131
Flota am (Low Entry)	132
Flota	408
Flota equivalente (60 pax)	353
Ocupación máxima por vehículo	60
Km diaria total	91.308
Embarques diarios	341.794
Viajes diarias	3.201
PVD	838
IPK	3,74
Pax. x Km (HPM)	300.608

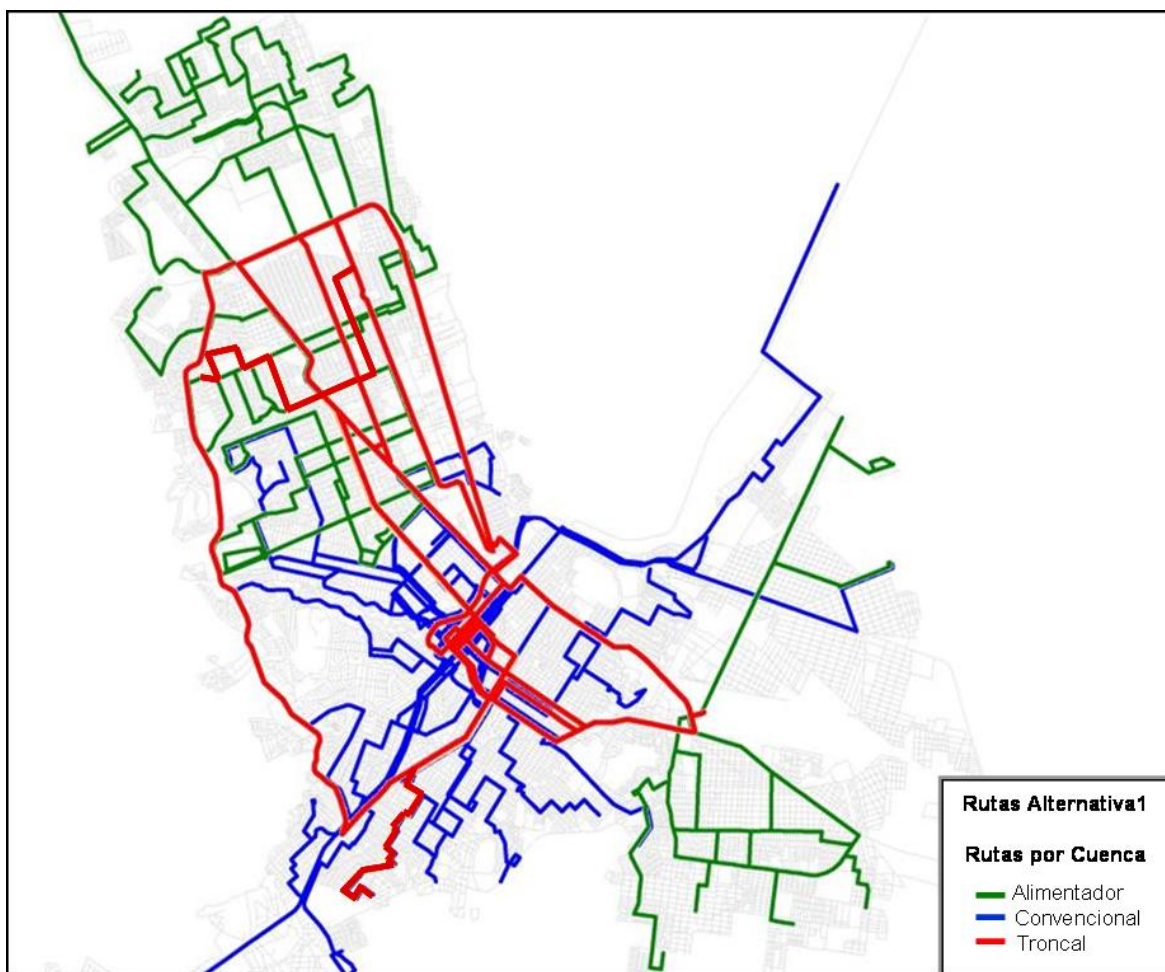
Pax. x Hora (HPM)	16,195
Longitud promedio	27,87

Fuente: Elaboración propia.

1.4.3.5 Alternativa 2. Sistema de transporte con Terminal de integración

Con base en la metodología presentada en el inciso 1.4.3.2 se desarrolló la alternativa del sistema de rutas tronco-alimentado con Terminal de Integración que determinó 52 rutas siendo 20 convencionales, 13 troncales y 19 alimentadoras con integración tarifaria total y vehículos adecuados a la demanda. La operación considera carril exclusivo en el corredor Norte - Sur. El recorrido de las rutas es presentado en la Figura 1.22 separadas por tipo de rutas.

Figura 1.22 Recorrido de las rutas. Alternativa con Terminal



Después del proceso interactivo de carga, análisis y rediseño de rutas hasta la obtención de un escenario optimizado de la alternativa Con Terminal se obtuvo los datos operacionales de la salida directa del modelo que son presentados en la Tabla 1.14. Las rutas de esta alternativa fueron cargadas con la matriz de viaje del periodo de pico de la mañana.

Tabla 1.14 Datos de salida de EMME2. Alternativa con Terminal

nombre linea	line	veh type	no. Veh	hdwy (min)	line length (km)	line time (min)	no.of board.	passeng km	passeng hours	max volume
RC-2.01c	13	2	7	10	17,35	69,9	1566	5097,6	339,5	568
RC-2.03c	15	2	11	10	28,38	108,95	1566	4571,2	288,8	422
RC-2.07c	19	2	8	10	28	76,21	948	4106,8	160	417
RC-3.09c	29	2	8	10	20,97	78,97	2297	7809	502,8	1141
RC-4.01c	31	2	9	10	27,51	86,38	1140	3384	190,5	313
RC-4.03c	32	2	9	10	18,7	82,41	834	2291,6	173,2	287
RC-4.05c	34	2	11	10	26,85	108,3	1517	7565,9	515,6	490
RC-4.07c	35	2	7	10	14,88	63,1	935	3677,4	253,2	550
RC-4.08c	36	2	11	10	22,22	104,44	641	2093,7	161,2	271
RC-4.09c	37	2	8	10	20,14	73,73	605	2178,6	146,6	338
RC-4.10c	38	2	14	10	36,56	139,52	1665	5527,1	357,5	455
RC-5.04c	42	2	9	10	20,65	84,48	1724	5732,5	353,7	525
RC-5.06c	44	2	7	10	17,03	62,37	875	3637,2	202,5	475
RC-5.07c	45	2	5	10	13,4	48,4	752	2350,4	139,1	434
RC-3.12c	47	2	7	10	14,62	61,17	801	3165,6	232,9	477
RC-2.05c	49	2	14	10	44,06	138,17	2223	11990	637,2	773
RC-4.06c	50	2	9	10	21,16	87,55	923	3210,8	215,5	493
RA-1.01c	51	2	21	8	37,11	162,46	2762	8351,8	575,9	1030
RA-1.02c	52	2	7	8	16,91	51,1	1319	6280,6	290	810
RA-1.03c	53	2	9	8	19,29	72	1311	4757,8	258,9	590
RA-1.04c	54	2	9	8	18,85	67,35	1220	5302,7	271,5	621
RA-1.05c	55	2	5	8	11,39	36,67	514	1301	58,1	477
RA-1.06c	56	2	7	8	23,55	53,23	1234	4583,6	193,5	676
RA-3.01c	57	2	6	8	13,5	41,98	656	2892,4	138,7	479
RA-5.01c	59	2	17	8	35,82	128,57	3401	7233,8	456,1	1003
RT-5.01c	60	2	14	5	20,87	67,63	2697	13142	624,5	1488
RT-1.01i	61	2	10	5	16,27	45,27	2984	14402	638,3	1478
RT-1.01v	62	2	9	5	15,45	41,85	3194	15460	698,5	1609
RT-1.02i	63	2	9	5	14,11	42,71	1545	6763,6	331,3	766
RT-1.02v	64	2	10	5	14,11	48,23	2185	11004	614,9	1270
RT-1.03c	65	2	19	5	28,93	94,31	3708	14523	791,2	813
RT-1.05c	68	2	18	5	39,2	87,48	5129	31008	1110,1	1284
RA-3.03c	69	2	7	8	13,8	50,94	656	2146,5	112,4	386
RA-3.04c	70	2	8	8	17	62,52	1498	5665,3	322,4	925
RA-3.05c	71	2	6	8	11,08	42,54	567	1572,9	104,4	258
RA-3.06c	72	2	7	8	15,3	55,54	1365	4422,2	267,3	853
RA-2.01c	73	2	5	8	12,09	37,5	466	1197,2	55,7	263
RA-2.02c	74	2	6	8	16,46	41,02	507	1266,7	47,5	198
RA-5.02c	76	2	15	8	26,89	112,68	1175	3795,9	243,3	530
RT-1.06c	77	2	22	5	30,59	106,52	3253	10440	631,1	850
RT-1.07c	78	2	19	5	27,6	92,02	2087	6705	360,3	535
RT-3.01c	79	2	9	5	13,64	43,59	2397	8924,1	442,7	1580
RA-3.07c	80	2	7	8	15,38	51,33	406	1033,6	60,4	272
RT-1.09c	81	2	10	5	18,93	48,6	3015	13781	581,2	1305
RA-1.08c	82	2	5	8	11,01	32,35	1121	4450,9	206,6	750
RA-1.07c	85	2	5	8	11,39	37,34	365	878	48,8	284

Fuente: Elaboración propia.

Sobre los datos obtenidos de la modelación (Tabla 1.4) se elaboró el ajuste de demanda máxima, definición del tipo de vehículo, frecuencia de viajes y determinación de la flota operacional que resultó en 371 vehículos.

Tabla 1.15 Datos de salida de EMME2. Alternativa con Terminal

nombre línea	line	veh type	Capacidad	no. Veh	hdwy (min)	line length (km)	line time (min)	no.of board.	passeng km	passeng hours	max volume
RC-2.01c	13	1	60	6	13	17,35	75	1566	5097,6	339,5	568
RC-2.03c	15	2	35	8	15	28,38	114	1566	4571,2	288,8	275
RC-2.07c	19	2	35	6	13	28	81	948	4106,8	160	328
RC-3.09c	29	1	60	12	7	20,97	84	2297	7809	502,8	1043
RC-4.01c	31	2	35	7	13	27,51	91	1140	3384	190,5	313
RC-4.03c	32	2	35	6	15	18,7	87	834	2291,6	173,2	287
RC-4.05c	34	2	35	12	10	26,85	113	1517	7565,9	515,6	441
RC-4.07c	35	2	35	9	8	14,88	68	935	3677,4	253,2	550
RC-4.08c	36	2	35	7	15	22,22	109	641	2093,7	161,2	271
RC-4.09c	37	2	35	6	12	20,14	79	605	2178,6	146,6	338
RC-4.10c	38	1	60	10	15	36,56	145	1665	5527,1	357,5	320
RC-5.04c	42	2	35	11	8	20,65	89	1724	5732,5	353,7	525
RC-5.06c	44	2	35	8	9	17,03	67	875	3637,2	202,5	475
RC-5.07c	45	2	35	4	12	13,4	53	752	2350,4	139,1	338
RC-3.12c	47	2	35	8	9	14,62	66	801	3165,6	232,9	477
RC-2.05c	49	1	60	12	12	44,06	143	2223	11990	637,2	612
RC-4.06c	50	2	35	10	10	21,16	93	923	3210,8	215,5	431
RA-1.01c	51	1	60	20	9	37,11	167	2762	8351,8	575,9	844
RA-1.02c	52	1	60	6	9	16,91	56	1319	6280,6	290	810
RA-1.03c	53	1	60	6	12	19,29	77	1311	4757,8	258,9	590
RA-1.04c	54	1	60	6	12	18,85	72	1220	5302,7	271,5	621
RA-1.05c	55	2	35	5	9	11,39	42	514	1301	58,1	477
RA-1.06c	56	1	60	5	11	23,55	58	1234	4583,6	193,5	676
RA-3.01c	57	2	35	5	9	13,5	47	656	2892,4	138,7	479
RA-5.01c	59	1	60	15	9	35,82	134	3401	7233,8	456,1	831
RT-5.01c	60	1	60	14	5	20,87	73	2697	13142	624,5	1421
RT-1.01i	61	1	60	20	5	31,72	92	2984	14402	638,3	1372
RT-1.01v	62	1	60	0	0	0	0	3194	15460	698,5	1550
RT-1.02i	63	1	60	14	7	28,22	96	1545	6763,6	331,3	721
RT-1.02v	64	1	60	0	0	0	0	2185	11004	614,9	1021
RT-1.03c	65	1	60	11	9	28,93	99	3708	14523	791,2	769
RT-1.05c	68	1	60	16	6	39,2	92	5129	31008	1110,1	1218
RA-3.03c	69	2	35	5	11	13,8	56	656	2146,5	112,4	386
RA-3.04c	70	1	60	8	8	17	68	1498	5665,3	322,4	883
RA-3.05c	71	2	35	3	15	11,08	48	567	1572,9	104,4	258
RA-3.06c	72	1	60	7	8	15,3	61	1365	4422,2	267,3	853
RA-2.01c	73	2	35	3	15	12,09	43	466	1197,2	55,7	263
RA-2.02c	74	2	35	3	15	16,46	46	507	1266,7	47,5	198
RA-5.02c	76	2	35	9	13	26,89	118	1175	3795,9	243,3	320
RT-1.06c	77	1	60	11	10	30,59	112	3253	10440	631,1	689
RT-1.07c	78	1	60	7	13	27,6	97	2087	6705	360,3	535
RT-3.01c	79	1	60	10	5	13,64	49	2397	8924,1	442,7	1517
RA-3.07c	80	2	35	4	15	15,38	56	406	1033,6	60,4	272
RT-1.09c	81	1	60	9	6	18,93	54	3015	13781	581,2	1194
RA-1.08c	82	1	60	4	10	11,01	37	1121	4450,9	206,6	750
RA-1.07c	85	2	35	3	15	11,39	42	365	878	48,8	284

La Figura 1.23 presenta una representación grafica de la carga de pasajeros en el sistema vial para la Alternativa Con Terminal y la Figura 1.24 un detalle de la carga en el tramo más cargado del sistema.

Figura 1.23 Carga de pasajeros. Alternativa con Terminal



Figura 1.24 Carga de pasajeros. Alternativa con Terminal (Detalle)



PLAN SECTORIAL DE MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE CHIHUAHUA
 Escenario: 30253; Alternativa 3 Carr: Seg 29K/mh Mod.HdwCorreg \$0.00 excc. Tb P.
 2007-03-03 17:54 (B lance)

• Tiempo de viaje

En la Tabla 1.16 se presentan los datos que componen el tiempo de viaje del usuario para la alternativa Con Terminal.

Tabla 1.16 Tiempos promedio de viaje. Alternativa con Terminal

Concepto	Pico Mañana
Tiempo Viaje en el Vehículo (min.)	20,51
Tiempo Caminata (min.)	13,05
Tiempo Espera (min.)	4,13
Tiempo Total de Viaje (min.)	37,70
Costo Generalizado (min.)	96,98
Total Abordajes Reportados Rutas TP	74.836
Pasajeros Intrazonales en TP (pax)	7.514
Total Abordajes con Pax Intrazonales	82.350
Tasa Media de Transbordo (%)	82,58%

Fuente: Elaboración propia.

• Parámetros operacionales

La Tabla 1.17 presenta los datos operacionales de la alternativa con Terminal con los ajustes de frecuencia y flota realizados sobre la salida del EMME2. Se presenta la flota operacional y la flota equivalente considerando el vehículo de referencia con capacidad de 60 pasajeros.

Tabla 1.17 Parámetros operacionales. Alternativa con Terminal

Concepto	Con Terminal
Flota am (Buses)	152
Flota am (Micros)	142
Flota am (Low Entry)	77
Flota	371
Flota equivalente (60 pax)	312
Ocupación máxima por vehículo	60
Km diaria total	82.497
Embarques diarios	370.098
Viajes diarias	3.749
PVD	998
IPK	4,49
Pax. x Km (HPM)	291.675
Pax. x Hora (HPM)	15.405
Longitud promedio	21,80

Fuente: Elaboración propia.

1.4.4 Infraestructura del sistema vial

La circulación de los buses junto al tráfico general le impone restricciones que reducen de forma significativa su desempeño y en consecuencia se amplía el tiempo de viaje del usuario, la cantidad de vehículos en la flota, disminuye la regularidad de intervalos y por lo tanto disminuye la calidad del servicio ofertado. De esta manera, uno de los aspectos a tener en cuenta para el mejor desempeño del transporte colectivo, en sistemas estructurados con rutas troncales de alta frecuencia donde se busca reducir el tiempo de viaje del usuario, es proveer los corredores de transporte de una infraestructura que permita priorizar la circulación de los buses en relación con los demás vehículos.

En este sentido se evaluaron dos alternativas de carril exclusivo para la priorización de la circulación de los buses en relación al tráfico general.

- Carril exclusivo de circulación a la derecha de la vía, y por lo tanto junto a la banqueta;
- Carril exclusivo de circulación a izquierda de la vía, y por lo tanto junto al camellón central.

De los análisis realizados se concluyó que la mejor alternativa para el corredor Norte – Sur es la implantación del carril exclusivo a la izquierda de la vía (junto al camellón central).

El análisis fue elaborado considerando las diferencias que ocurren entre las dos alternativas en los aspectos de:

- Tecnología vehicular;
- Obras de implantación en el sistema vial;
- Desempeño del sistema vial;
- Impacto en el uso del suelo;
- Impacto en la flota;
- Tiempos de viaje del usuario;
- Condiciones de confort del usuario; y
- Eficiencia y facilidad en la fiscalización.

1.4.4.1 Características de las alternativas

Carril exclusivo a la derecha de la vía

Esta alternativa consiste de la señalización con pintura de piso y señales verticales de reglamentación, de un carril exclusivo para circulación de los autobuses a la derecha de la vía, junto a la banqueta con ancho de 3,30 a 3,50 metros.

El carril aunque sea para circulación exclusiva a los buses, debe permitir el uso eventual de los otros vehículos tanto para acceso a las edificaciones, estacionamiento y comercio, así como para acceder a las vías transversales.

Para ello el vehículo particular debe incorporarse al carril del bus antes de realizar la maniobra de salida de la vía o de acceso a los inmuebles y comercios.

En general la localización del carril del bus determina la ubicación de los paraderos y el espacio de circulación de los peatones. Para el carril a la derecha las estaciones tienen que quedarse sobre la banqueta.

Carril exclusivo a la izquierda de la vía

Esta alternativa consiste en la señalización con pintura de piso y señales verticales de reglamentación de un carril exclusivo para la circulación de autobuses a la izquierda de la vía junto al camellón central.

La operación de este carril en general no sufre interferencia con la circulación de los otros vehículos, pues junto al camellón central en general, no hay operación de acceso que necesite que los demás vehículos se incorporen a él. Si hay necesidad de la realización de giro a izquierda se puede diseñar una señalización y entrelaces que mitiguen el efecto sobre los buses.

Para el carril a la izquierda el ascenso y descenso de los usuarios de los autobuses se realiza en el camellón central. Es importante anotar que para ello el usuario no tiene que cruzar la calle, en su viaje completo, ida y regreso, más veces que si el punto de parada quedase a la derecha de la vía.

En general el ascenso y descenso en el camellón central genera condiciones más cómodas al usuario para esperar el bus pues elimina el conflicto con flujos de circulación y permiten la implantación de estaciones más cerradas para protección de intemperies.

1.4.4.2 Análisis Comparativo de las alternativas

a) Tecnología

El análisis comparativo de la tecnología se realizó en función del carril en que el vehículo circula.

Así, los aspectos referentes al uso de vehículos de piso bajo, la calidad y comodidad en el vehículo, así como su parte mecánica no están en función del carril en el que el vehículo circula, sino de la calidad que se desea para el sistema, y por lo tanto es común en las dos alternativas.

De esta forma, en este concepto, la diferencia debido al carril de circulación ocurre para el carril izquierdo con la necesidad de implantación de puerta de los dos lados del vehículo.

De esta forma la diferencia radica en el costo por la implantación de dos puertas adicionales a los vehículos, que por experiencia del consultor el costo de implantación de las dos puertas es de cerca de \$ 24.200,00 pesos, por vehículo.

b) Obras en el Sistema Vial

Para este concepto no se verifica la necesidad de implantación de obras diferentes para el carril a la derecha o a la izquierda de la vía.

La implantación de pavimento hidráulico, o la ampliación del número de carriles, cuando sea necesario, deberán ocurrir siempre para las dos alternativas ya que es

función de la capacidad de la vía y del nivel de servicio que se desea para el sistema y no de la posición del carril exclusivo.

De esta forma este concepto no representa factor diferencial a las alternativas.

c) Desempeño en el Sistema Vial

La posición del carril exclusivo del bus en la vía tiene impacto tanto sobre la operación del bus como sobre el tráfico general. El efecto más relevante ocurre sobre la velocidad operacional.

Para los buses, el carril izquierdo permite velocidades promedio de operación de 23 a 28 km/h pues el vehículo no sufre interferencia del tráfico general siendo por lo tanto, la variación de velocidad función de la programación semafórica de la vía y del tiempo de ascenso y descenso en la estación. Para Chihuahua como se propone que en el corredor el cobro sea en las estaciones, externo al vehículo, el usuario deberá abordar el autobús sin pérdida de tiempo para el cobro al embarcar. Así se estima una velocidad operacional en el corredor de 25km/h. En esta configuración de ubicación del carril el tráfico general también se beneficia pues se reduce el conflicto con el autobús.

El carril exclusivo a la derecha de la vía genera un conflicto entre el autobús y los vehículos particulares para el acceso a los estacionamientos, edificios comerciales y también para entrada y salida a las vías transversales.

Además, todo vehículo que necesita hacer una operación de carga y descarga, o ascenso y descenso de pasajeros tiende a parar sobre el carril exclusivo comprometiendo el desempeño del autobús. Estas interferencias hacen que la velocidad operacional del transporte colectivo en este carril baje, en relación al carril izquierdo un 20%. En general la experiencia con estos tipos de carriles tiene demostrado que la velocidad operacional se queda entre 18 y 20km/h.

Considerando que el uso del suelo del corredor es predominante comercial y de servicio y que el cobro de pasaje con el carril a derecha deberá ocurrir dentro del vehículo se considera una velocidad optimista de corredor 20km/h. En esta configuración también se reduce el desempeño del tráfico general por los conflictos con los autobuses en las maniobras de acceso a estacionamientos y calles transversales.

d) Uso del Suelo

Uno de los efectos de la posición del carril exclusivo en la vía es sobre el uso del suelo.

Para el carril a la izquierda no hay impacto negativo sobre la ocupación de la calle más si un impacto favorable en relación a la situación actual, pues se eliminan los paraderos en el andén y también la ocupación del carril derecho por vehículos pesados que dificultan la visualización y acceso al comercio y edificios.

Para el carril a la derecha, junto a la banqueta, los buses y la restricción de circulación del tráfico general en este carril generan impactos negativos al uso del suelo.

Los impactos negativos tienen como motivo la obstrucción visual que los buses hacen a los inmuebles en los paraderos, a la dificultad que el carril exclusivo genera para la operación en ascenso y descenso y carga/descarga, como para el acceso a las inmuebles.

En general la implantación de este tipo de priorización del transporte público puede convertirse en un factor de reducción del valor de los inmuebles.

Como ejemplo se puede citar el pequeño tramo de carril exclusivo de la Av. O Campo donde el comercio se encuentra en un proceso acentuado de deterioro.

Experiencias en Sao Paulo de implantaciones realizadas a mas de 15 años muestran claramente este efecto, al revés de lo que se ve con los carriles centrales.

e) Impacto en la Flota

La flota operacional del sistema es determinada en función de la frecuencia de partidas de la ruta en la hora pico y del tiempo de recorrido. Considerando las velocidades de 25km/h para el carril izquierdo y de 20km/h para el carril derecho explicadas en inciso "c", el tiempo de viaje por el carril derecho se amplía y con esto la necesidad de más flota.

Se hizo una simulación para esas dos situaciones, verificando una ampliación de 12% en la flota de las rutas troncales del corredor.

f) Tiempo de Viaje del Usuario

Una de las diferencias importantes entre los dos tipos de carriles exclusivos está en el tiempo de viaje del usuario.

Como la velocidad para el carril derecho es más baja el tiempo de viaje del usuario es más grande.

Modelando el sistema de transporte y cambiando la velocidad operacional del bus en el corredor, 25km/h para carril izquierdo y 20km/h para carril derecho se observa una ampliación del tiempo de viaje de 25% en el corredor.

g) Condiciones de comodidad del usuario

La ubicación del carril exclusivo a la derecha de la vía no permite la implantación de estaciones de ascenso y descenso pues los andenes no tienen ancho suficiente para su implantación y mantenimiento de espacio para la circulación de los peatones. Además de esto las estaciones en las aceras tendrían un impacto negativo al uso del suelo por la restricción de acceso y visibilidad de los inmuebles. Así para el corredor a la derecha se tienen que mantener los paraderos sencillos.

En el camellón central si se pueden implantar estaciones que permitan confort, suministro de información al usuario y control de acceso fuera de los buses.

h) Fiscalización del Corredor Exclusivo

La eficiencia de la operación del carril exclusivo depende de que no haya utilización indebida de vehículos no autorizados. Para esto hay que tener una fiscalización efectiva sobre el sistema.

El carril izquierdo, como los vehículos del tráfico general no tienen necesidad utilizarlo para realización de giros, su fiscalización se hace muy simple.

Para el carril derecho la fiscalización es más compleja y en general poco eficiente pues se confunde los vehículos invasores del carril con los vehículos que entran en este carril para salir de la vía o para acceso a los inmuebles.

En la Tabla 1.30 Resumen de análisis de carril izquierdo y derecho, se presenta un comparativo general de los puntos positivos y negativos de las alternativas en estudio.

1.4.5 Sistema de recaudo

De acuerdo con la premisa de modernizar el Sistema de Recaudo y crear una integración tarifaria total, donde el usuario para la realización del viaje no deberá pagar tarifa adicional en los transbordos, desde que se haga en un periodo de tiempo establecido, será necesaria la utilización de tecnología de automatización electrónica.

Básicamente, el sistema de boleto automático consiste en la comercialización y distribución de dispositivos electrónicos o magnéticos (tarjetas, billetes o fichas) que gerencia créditos de viajes realizadas por los usuarios del sistema de transporte colectivo.

En el interior del autobús es instalada un equipo validador, que tiene la función de leer y procesar la información contenida en estos dispositivos, liberando el acceso, en el caso de consistencia y validez de la información, y debitando un crédito de viaje en la tarjeta o billete del usuario. Al final de la operación toda la información es transmitida a una central de procesamiento donde es realizada la contabilidad final para efecto de distribución de ingreso entre la o las empresas.

Los usuarios del sistema, en caso de término del crédito, pueden recargar las tarjetas o billetes con nuevo crédito en los puestos de venta autorizados, cuando son recargables, o adquirir nuevos pasajes, en el caso de los mismos no sean reutilizables.

1.4.5.1 *Objetivos de la Automatización¹*

El principal objetivo de la automatización de la recaudación tarifaria es la calificación del servicio, para tornarlo más atractivo a los usuarios. De esa forma, contribuye para la adecuación operacional de la red, permitiendo un mejor ajuste de la oferta, aumenta la velocidad comercial del sistema y propicia varios otros atributos de control y seguridad.

Cada uno de los objetivos complementarios a ser perseguidos es comentado abajo:

(i) Anticipación y control de ingreso

La venta anticipada de pasajes implica anticipo del recaudo. El control sobre el recaudo es asegurado pues se tiene de un lado el sistema centralizado de procesamiento del registro inmediato de todos los puntos de venta y en el otro extremo los validadores registrando el uso del servicio.

(ii) Reducción de evasión

Parte del ingreso del sistema actualmente es perdido porque el conductor puede permitir que el usuario baje sin realizar el pago, y, aún, porque permuta pasajes credenciales por pasajes integrales con mucha facilidad. Un sistema automatizado elimina la permuta de credenciales y minimiza el otro.

¹ Este ítem, y el siguiente, es basado en artículo publicado por NTU.

(iii) Control de los usuarios con tarifa preferencial

La falta de identificación de los usuarios beneficiados con tarifa preferencial, puede generar una cantidad considerable de usuarios no beneficiados utilizando los servicios de transporte en la condición de beneficiarios.

(iv) Mayor confort y facilidad de acceso a los usuarios

El procedimiento automatizado es sin duda más confortable que el sistema actual, además, elimina el principal foco de tensión entre el conductor y el usuario por la administración del cambio de moneda.

(v) Menor tiempo de embarque

El tiempo de embarque se disminuye sensiblemente con la automatización, pero en este caso es oportuno considerar que estará correlacionado con la tecnología elegida y el layout establecido en el interior del vehículo.

(vi) Mejores condiciones de trabajo de los operadores

Con la automatización, los conductores realizan exclusivamente su función natural.

(vii) Amplias posibilidades de integración

El proceso de automatización propicia amplias posibilidades de integración entre las diversas rutas del sistema, eliminando la necesidad de Terminales de integración, así como permite la integración de los sistemas de autobús a otros modos de transporte.

(viii) Facilidades para obtención de datos operacionales

Los equipos de automatización en su configuración básica generan una gran cantidad de datos de demanda y oferta, y cuando se asocian a equipos complementarios pueden llegar a inferir matrices de origen y destino. Este atributo propicia una constante reevaluación y programación operacional.

1.4.5.2 Alternativas tecnológicas disponibles

Las alternativas se analizaron tomando en cuenta los siguientes elementos:

Boletos

a) Forma

EDMONSON - Formato rectangular longilíneo, con dimensiones estandarizadas en (30x66x0,25)mm, comúnmente reconocido como de cartón y con la tecnología magnética.

ISO - Formato rectangular estandarizado, normalmente reconocido como "Tarjeta de Crédito", elaborado en variaciones de cartón plastificado, plástico, PVC o variantes análogos. Utilizado en varias tecnologías, tarjetas inductivas, resistivos, magnéticos y micro-procesados o inteligentes.

BUTTON - Cilindro metálico achatado en la forma de moneda o botón, guardando en su interior memorias micro-procesadores.

ESPECIAL - Variaciones de los formatos descritos, especialmente similares al billete EDMONSON.

b) Tecnología

INDUCTIVOS Y RESISTIVOS: No almacenan y reconocen (a nivel de bits) informaciones alfa-numéricas. En las versiones más elaboradas portan micro-fusibles quemados a cada utilización. Por lo tanto son utilizables para aplicaciones simples de tarjetas unitarias y de múltiples viajes, no permitiendo su reutilización. No tienen esquemas complejos de integración temporal y por lo tanto no atienden el alcance de este proyecto.

MAGNÉTICOS: Almacenan y registran informaciones alfa-numéricas. Comportan integraciones temporales y espaciales, limitada su capacidad de almacenamiento. Son reutilizables, y tienen durabilidad menor que las tarjetas inteligentes.

INTELIGENTES: Sus atributos pueden ser comparados a los de las tarjetas magnéticas, pero con capacidad de almacenamiento aumentada hasta 2Kb para el "con contacto", y, hasta 8Kb para el "sin contacto". En la realidad las tarjetas inteligentes cargan un microchip, que generalmente es compuesto de un microprocesador, con un substancial nivel de procesamiento y una memoria. Por lo tanto, son más adecuados a los esquemas complejos. Se diferencian, en la forma en que la memoria realiza el contacto y la transacción con las lectoras.

– Con Contacto - Necesita ser insertado en la lectora y conectar 8 (ocho) puntos existentes en las tarjetas y lectoras. Después de contactado la tarjeta recibe

la energía del validador y puede entonces realizar la transacción. Este contacto, desde luego, no puede ser interrumpido durante la transacción.

- Sin Contacto - Necesita estar cerca de la lectora sin tocarla. Trabaja a través de ondas de radio y antenas existentes tanto en las tarjetas como en las lectoras, por lo tanto, no existe contacto físico entre ambos. Campo de proximidad adaptable, normalmente entre 2 (dos) y 10 (diez) centímetros.

- De Proximidad - Son similares a las tarjetas "sin contacto", mientras el campo en el cual son reconocidos es más amplio, comúnmente próximo a 1 (un) metro.

BUTTON (Memorias de Contacto) - Lo que difiere los "buttons" de las tarjetas inteligentes es el medio físico que porta la memoria. En este caso la memoria, con capacidad de hasta 64Kb, es revestida metálicamente, aparentando una moneda o botón, realiza la transacción con el contacto entre las superficies metálicas de los buttons y lectoras, con por lo menos 15% de las áreas conectadas, sin exigir posiciones específicas. Tiene la mayor protección contra la agresividad del medio ambiente.

c) Atributos de las Tecnologías

Los sistemas basados en tecnología inductiva y/o resistiva no serán examinados, pues no atiende el alcance del proyecto.

Todos los tipos de tarjetas inteligentes satisfacen plenamente las necesidades de los sistemas automatizados de recaudación arancelaria para el transporte urbano, tanto en esquemas complejos como en multi-usuarios, esto es, integrando otros modos y otros servicios urbanos. Se excluyen del análisis las tarjetas anteriormente clasificados como "de proximidad", pues se constituyen en una versión más sofisticada de las tarjetas "sin contacto". Tales tarjetas solo se utilizan en situaciones de uso especiales, o cuando el sistema está asociado a peajes urbanos, por ejemplo.

Las tarjetas inteligentes poseen los mayores niveles de seguridad ya alcanzados, cada uno de los tipos se caracteriza por:

Ventajas de las tarjetas con contacto:

- Precio relativamente bajo,
- Disponibles por varios proveedores,
- Disminuye el costo con la producción en masa,

- Estandarizado por la ISO y CEN.
- Sector bancario está adoptando esta tecnología

Desventajas de las tarjetas **con contacto**:

- Necesita la inserción en el validador,
- La transacción puede ser interrumpida por malos contactos,
- Desgastes de los contactos.
- Uso restringido al sector de transporte

Ventajas de las tarjetas **sin contacto**:

- Uso simplificado,
- Tiempo de validación mucho pequeño,
- Alta durabilidad,
- El validador se adapta a la situación de embarque

Desventajas de las tarjetas **sin contacto**:

- Costo relativamente alto, pero disminución con producción a gran escala

La industria de tarjetas con "chip" lanzó los combi-cards, que muchos técnicos afirman ser la tecnología del futuro en materia de boleto automático. Estas tarjetas pueden ser validadas por equipos con contacto y sin contacto, permitiendo interfaces de los sistemas de transporte público que utilizan el *smartcard* sin contacto con los servicios bancarios automatizados.

Lectoras

Tipología considerando los procedimientos necesarios para que el billete pueda ser reconocido y/o procesar datos con la lectora.

DE ARRASTRE - Lectoras que cuenten con camino o ranura por el cual la tarjeta debe ser pasada con determinada banda de velocidad para ser procesada. Aplicable en los casos de reconocimiento de trillas magnéticas. Ejemplo más común se constituye en las lectoras de los Terminales de tarjetas magnéticas utilizados por el sector bancario. Su uso es razonablemente dificultado cuando la lectora esté instalada en locales que puedan presentar oscilaciones (movimiento) en el sentido perpendicular a la ranura o local por donde la tarjeta debe ser pasada (arrastrada).
No es adecuado al sistema de transporte público urbano.

DE INSERCIÓN CON CONDUCCIÓN INTERNA - Estas lectoras exigen que la tarjeta sea insertada y desde este punto arrastran la misma para la posición de reconocimiento y procesamiento de la trilla magnética, con mecanismos propios. Es

el caso de las lectoras de billetes Edmonson, siendo aplicada también en magnéticos en el formato ISO.

DE INSERCIÓN SIN CONDUCCIÓN - Para este tipo de lectora el usuario de la tarjeta es el que lo inserta directamente y de forma correcta, para que se procese la transacción. Utilizada para las tarjetas inteligentes con contacto. Aunque sean procesos distintos, también es así la lectora de tarjetas inductivas y/o resistivos. Las lectoras de Buttons están en esta categoría.

DE APROXIMACIÓN - La única exigencia de este tipo de lectora, que es dotada apenas de una memoria micro procesable asociada a una antena, es que la tarjeta sea aproximada de su campo de ondas. Evidentemente asociadas a las tarjetas inteligentes sin contacto.

1.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

1.5.1 Diseño funcional del sistema

Para la selección de una de las dos alternativas funcionales desarrolladas en el inciso 1.4.3.1 se presentan a continuación en la Tabla 1.18 y en la Tabla 1.19 un comparativo de tiempos de viaje del usuario e indicadores operacionales para la situación sin y con Terminal en relación con la situación base (actual).

Como se observa, las dos alternativas presentan en relación con la situación base, ventajas tanto en los tiempos de viaje como en los indicadores operacionales, aunque la alternativa con Terminal fue la que presentó los mayores beneficios.

En cuanto a los tiempos de viaje del usuario, todos ellos presentan mayor reducción en la alternativa con Terminal que en la alternativa sin Terminal.

El indicador que mejor resume estas ventajas es el costo generalizado. El costo generalizado considera cada componente del tiempo de viaje (tiempo de espera, tiempo de transbordo, tiempo en el vehículo) ponderado con pesos en función de su mayor o menor importancia para el usuario y también considera el valor de la tarifa pagada convertida en minutos. En este concepto se verifica que para la alternativa con Terminal la reducción en relación con la situación base es de 9,28% (9.92 minutos) y para la alternativa con Terminal 8,10% (8.66 minutos).

En cuanto a los transbordos las dos alternativas presentan un aumento significativo en este concepto, esto se explica por el aumento de la accesibilidad que las dos alternativas tienen con la integración tarifaria total en relación con la situación base donde los transbordos son pagados.

Las mayores diferencias en beneficios producidos por las dos alternativas está en los indicadores operacionales.

En lo que refiere a la flota, la alternativa con Terminal presenta una reducción de 35,36% para la flota equivalente en relación con la situación base y la alternativa sin Terminal 26,74%. Esto ocurre pues en la alternativa con Terminal es posible una mejor atención a áreas de menor demanda con rutas cortas que se integran en el Terminal con las rutas troncales, ya en la alternativa sin Terminal para la misma frecuencia horaria se necesita de más buses (rutas más largas).

Así, el uso de la flota en la alternativa con Terminal se presenta más eficiente pues con una cantidad más pequeña de vehículos se consigue un kilometraje diario más alto, o sea se amplía la cantidad de servicio aún con una menor flota.

Otro indicador de la mejora del desempeño de la alternativa con Terminal en relación con la situación base y la alternativa sin Terminal, está en la permanencia del usuario en la red de transporte. La permanencia en pasajero x hora, solo se amplió en 1,4% para la alternativa con Terminal y 6,60% sin Terminal.

Es importante aclarar que hay un crecimiento del tiempo de espera, conforme si puede verificar en la Tabla 1.18, pero es debido al hecho de que con el sistema integrado las rutas que salen de los barrios ofrecen mas combinaciones de destinos a los usuarios, a través de las integraciones. Así vale la pena esperar un bus, cambiar a otro y no caminar. Si puede verificar eso en los números presentados con crecimiento de un minuto en promedio del tiempo de espera y una reducción de 3 minutos en promedio del tiempo de caminata.

Así, se concluye que la alternativa con Terminal se presenta como mejor tanto en relación a situación base como en relación a alternativa sin Terminal.

Tabla 1.18 Comparativo de tiempo de viaje. Situación base y alternativas

Concepto	Base	Sin Terminal	% periodo	Con Terminal	% periodo
Tiempo Viaje en el Vehículo (min.)	22,36	22,00	-1,58%	20,51	-8,25%
Tiempo Caminata (min.)	16,30	13,23	-18,84%	13,05	-19,92%
Tiempo Espera (min.)	3,76	4,21	11,96%	4,13	9,92%
Tiempo Total de Viaje (min.)	42,41	39,44	-7,02%	37,70	-11,12%
Costo Generalizado (min.)	106,89	98,23	-8,10%	96,98	-9,28%
Total Abordajes Reportados Rutas TP	45.682	68.710	50,41%	74.836	63,82%
Pasajeros Intrazonales en TP (pax)	7.578	7.510	-0,89%	7.514	-0,84%
Total Abordajes con Pax Intrazonales	53.260	76.220	43,11%	82.350	54,62%
Tasa Media de Transbordo (%)	18,09%	68,99%	281,48%	82,58%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.19 Comparativo de indicadores operacionales. Situación base y alternativas

Concepto	Base	Sin Terminal	% periodo	Con Terminal	% periodo
Flota am (Buses)	521	145		152	
Flota am (Micros)		131		142	
Flota am (Low Entry)		132		77	
Flota	521	408		371	-28,79%
Flota equivalente (60 pax)	521	382	-26,74%	337	-35,36%
Ocupación máxima por vehículo	45	60		60	
Km diaria total	109.262	91.308	-16,43%	82.497	-24,50%
Embarques diarios	274.229	341.794	24,64%	370.098	34,96%
Viajes diarios	3.278	3.201	-2,35%	3.749	14,37%
PVD	526	838	59,16%	998	89,53%
IPK	2,51	3,74	49,15%	4,49	78,75%

Pax. x Km (HPM)	272.866	300.608	10,17%	291.675	6,89%
Pax. x Hora (HPM)	15.192	16.195	6,60%	15.405	1,40%
Longitud promedio	31,59	27,87	-11,80%	21,80	-31,01%

Fuente: Elaboración propia.

1.5.2 Matriz multicriterio

La matriz multicriterio es una herramienta de ayuda en la toma de decisiones, que permite comparar las ventajas y desventajas de una alternativa respecto a otra.

Como complemento a la evaluación eminentemente técnica presentada en el numeral anterior, se desarrolló la matriz multicriterio que permite contar con un parámetro de decisión adicional, para calificar las bondades de cada una de las alternativas.

La matriz para este estudio, se diseñó de tal manera que las dos alternativas de diseño del sistema de transporte público que se plantea para la ciudad, se evaluarán en cuatro aspectos fundamentales: Técnico, Urbano, Económico y Ambiental.

Para cada uno de estos cuatro aspectos se definieron igualmente criterios, donde cada uno de los cuales tiene una ponderación de acuerdo con el peso específico que el consultor consideró para cada uno de ellos. A continuación se describen cada uno de ellos.

ASPECTOS TÉCNICOS

CRITERIO	DEFINICIÓN	PESO
Integración	Grado de facilidad de integración de las rutas	0.20
Expropiación	Requerimientos de expropiación para que se implemente la alternativa	0.15
Tiempo en la red del sistema	Tiempo que el usuario gasta en el sistema propuesto	0.20
Facilidad Institucional-legal	Condiciones Institucionales y legales para implementar la alternativa	0.20

Facilidad implementación a operadores	Esfuerzos de negociación que requiere la alternativa	0.25
---------------------------------------	--	------

Fuente: Elaboración propia.

ASPECTOS URBANÍSTICOS

CRITERIO	DEFINICIÓN	PESO
Densidad	La alternativa se ubica sobre un uso de suelo diversificado y denso	0.15
Uso de espacio público	La alternativa se ubica sobre un área que permite el desarrollo del espacio público (jardines, paseos peatonales, etc.)	0.25
Facilidad de Acceso	La alternativa permite el acceso a los paraderos por parte de los usuarios	0.25
Ciclovías	La alternativa permite una sección donde se pueden ubicar ciclovías	0.20
Mejora del entorno	La ubicación de la alternativa propicia y favorece la integración vecinal	0.15

Fuente: Elaboración propia.

ASPECTOS ECONÓMICOS

CRITERIO	DEFINICIÓN	PESO
Rentabilidad Financiera	Referido a los indicadores financieros	0.30
Rentabilidad Social	Referido a los indicadores sociales	0.20
Población Atendida	Referido a la población circundante que puede atender la alternativa	0.15

Rutas afectadas	Referido al número de rutas que la alternativa afecta	0.15
Costo de la alternativa	Referido al costo de la alternativa	0.20

Fuente: Elaboración propia.

ASPECTOS AMBIENTALES

CRITERIO	DEFINICIÓN	PESO
Contaminación Sonora	Se refiere a los niveles de ruido que la alternativa produce	0.20
Impacto visual	Se refiere a los obstáculos visuales que presenta la alternativa al entorno (puentes peatonales, señalamiento, pasos a desnivel)	0.20
Emisión de Contaminantes	Se refiere a la emisión de partículas que la alternativa produce	0.20
Afectación del entorno	Se refiere a la emisión de partículas que la alternativa produce a los no usuarios	0.25
Paisaje Urbano	Se refiere a la fácil adaptación de la alternativa para el desarrollo de paisajes urbanísticos	0.15

Fuente: Elaboración propia.

Cada una de las dos alternativas se evaluó, teniendo en cuenta que se definió una calificación de 1, 2 ó 3. Siendo la calificación de 1 cuando en cada criterio la alternativa brindaba los mayores beneficios o impactos, 2 cuando no existía diferencia entre las dos alternativas y 3 cuando la alternativa brindaba los menores beneficios o impactos.

A continuación se presentan los puntajes dados a cada una de las alternativas en los 4 aspectos mencionados anteriormente.

Tabla 1.20 Aspectos técnicos. Alternativa 1

Aspectos Técnicos	Interpretación del Aspecto	Valoración	Puntaje		
Integración	Grado de facilidad de integración de las rutas	3	0.10	Amplia integración	1
				Igual integración	2
				Mínima integración	3
Expropiación	Requerimientos de expropiación para que se implemente la alternativa	1	1.00	Sin Expropiación	1
				Hasta tres propiedades	2
				Más de tres propiedades	3
Tiempo en la red del sistema	Tiempo que el usuario gasta en el sistema propuesto	3	0.10	Alternativa de menor tiempo	1
				Alternativas iguales	2
				Alternativa de mayor tiempo	3
Facilidad Institucional-legal	Condiciones Institucionales y legales para implementar la alternativa	2	0.50	Alternativa Sin Cambios	1
				Igual para las alternativas	2
				Alternativa Con Cambios	3
Facilidad implementación a operadores	Esfuerzos de negociación que requiere la alternativa	2	0.50	Alternativa de menores operadores	1
				Alternativas iguales	2
				Alternativa de más operadores	3

Tabla 1.21 Aspectos urbanos. Alternativa 1

Aspectos Urbanos	Interpretación del Aspecto	Valoración	Puntaje		
Densidad	La alternativa se ubica sobre un uso de suelo diversificado y denso	2	0.50	La más alta densidad	1
				Igual densidad	2
				La más baja densidad	3
Uso de Espacio Público	La alternativa se ubica sobre un área que permite el desarrollo del espacio público (jardines, paseos peatonales, etc.)	3	0.10	La mayor área	1
				Áreas iguales	2
				La menor área	3
Facilidad de acceso	La alternativa permite el acceso a los paraderos por parte de los usuarios	1	1.00	Acceso a nivel	1
				Acceso a nivel y escaleras	2
				Sólo a través de escaleras	3
Ciclovías	La alternativa permite una sección donde se pueden ubicar ciclovías	1	1.00	Sección amplia	1
				Sección restringida	2
				No tiene sección	3
Mejora del entorno	La ubicación de la alternativa propicia y favorece la integración vecinal	3	0.10	Favorece Totalmente	1
				Favorece Poco	2
				No favorece	3

Tabla 1.22 Aspectos económicos. Alternativa 1

Aspectos Económicos	Interpretación del Aspecto	Valoración	Puntaje		
Rentabilidad Financiera	Referido a los indicadores financieros (TIRF)	2	0.50	La más Alta Está en el Promedio La más baja	1 2 3
Rentabilidad Social	Referido a los indicadores sociales (TIRE)	2	0.50	La más Alta Está en el Promedio La más baja	1 2 3
Población Atendida	Referido a la población circundante que puede atender la alternativa	2	0.50	La más Alta Está en el Promedio La más baja	1 2 3
Rutas afectadas	Referido al número de rutas que la alternativa afecta	2	0.50	Pocas Está en el Promedio Muchas	1 2 3
Costo de la alternativa	Referido al costo de la alternativa	1	1.00	La más baja Está en el Promedio La más alta	1 2 3

Tabla 1.23 Aspectos ambientales. Alternativa 1

Aspectos Ambientales	Interpretación del Aspecto	Valoración	Puntaje		
Contaminación Sonora	Se refiere a los niveles de ruido que la alternativa produce	1	1.00	Ruido menor a la norma Ruido igual a la norma Ruido mayor a la norma	1 2 3
Impacto visual	Se refiere a los obstáculos visuales que presenta la alternativa al entorno (puentes peatonales, señalamiento, pasos a desnivel)	2	0.50	Sin obstáculos Iguales obstáculos Mayores obstáculos	1 2 3
Emisión de Contaminantes	Se refiere a la emisión de partículas que la alternativa produce (PM10 -CO2)	2	0.50	Menor contaminación Igual contaminación Mayor contaminación	1 2 3
Afectación del entorno	Se refiere a la emisión de partículas que la alternativa produce (PM10 -CO2) a los no usuarios	2	0.50	Menor contaminación Igual contaminación Mayor contaminación	1 2 3
Paisaje Urbano	Se refiere a la fácil adaptación de la alternativa para el desarrollo de paisajes urbanísticos	2	0.50	Fácil adaptación Igual adaptación Muchos problemas	1 2 3

Tabla 1.24 Aspectos técnicos. Alternativa 2

Aspectos Técnicos	Interpretación del Aspecto	Valoración	Puntaje		
Integración	Grado de facilidad de integración de las rutas	1	1.00	Amplia integración	1
				Igual integración	2
				Mínima integración	3
Expropiación	Requerimientos de expropiación para que se implemente la alternativa	3	0.10	Sin Expropiación	1
				Hasta tres propiedades	2
				Más de tres propiedades	3
Tiempo en la red del sistema	Tiempo que el usuario gasta en el sistema propuesto	1	1.00	Alternativa de menor tiempo	1
				Alternativas iguales	2
				Alternativa de mayor tiempo	3
Facilidad Institucional-legal	Condiciones Institucionales y legales para implementar la alternativa	2	0.50	Alternativa Sin Cambios	1
				Igual para las alternativas	2
				Alternativa Con Cambios	3
Facilidad implementación a operadores	Esfuerzos de negociación que requiere la alternativa	2	0.50	Alternativa de menores operadores	1
				Alternativas iguales	2
				Alternativa de más operadores	3

Tabla 1.25 Aspectos urbanos. Alternativa 2

Aspectos Urbanos	Interpretación del Aspecto	Valoración	Puntaje		
Densidad	La alternativa se ubica sobre un uso de suelo diversificado y denso	2	0.50	La más alta densidad	1
				Igual densidad	2
				La más baja densidad	3
Uso de Espacio Público	La alternativa se ubica sobre un área que permite el desarrollo del espacio público (jardines, paseos peatonales, etc.)	1	1.00	La mayor área	1
				Áreas iguales	2
				La menor área	3
Facilidad de acceso	La alternativa permite el acceso a los paraderos por parte de los usuarios	1	1.00	Acceso a nivel	1
				Acceso a nivel y escaleras	2
				Sólo a través de escaleras	3
Ciclovías	La alternativa permite una sección donde se pueden ubicar ciclovías	1	1.00	Sección amplia	1
				Sección restringida	2
				No tiene sección	3
Mejora del entorno	La ubicación de la alternativa propicia y favorece la integración vecinal	1	1.00	Favorece Totalmente	1
				Favorece Poco	2
				No favorece	3

Tabla 1.26 Aspectos económicos. Alternativa 2

Aspectos Económicos	Interpretación del Aspecto	Valoración	Puntaje		
Rentabilidad Financiera	Referido a los indicadores financieros (TIRF)	2	0.50	La más Alta Está en el Promedio La más baja	1 2 3
Rentabilidad Social	Referido a los indicadores sociales (TIRE)	2	0.50	La más Alta Está en el Promedio La más baja	1 2 3
Población Atendida	Referido a la población circundante que puede atender la alternativa	2	0.50	La más Alta Está en el Promedio La más baja	1 2 3
Rutas afectadas	Referido al número de rutas que la alternativa afecta	2	0.50	Pocas Está en el Promedio Muchas	1 2 3
Costo de la alternativa	Referido al costo de la alternativa	3	0.10	La más baja Está en el Promedio La más alta	1 2 3

Tabla 1.27 Aspectos ambientales. Alternativa 2

Aspectos Ambientales	Interpretación del Aspecto	Valoración	Puntaje		
Contaminación Sonora	Se refiere a los niveles de ruido que la alternativa produce	1	1.00	Ruido menor a la norma Ruido igual a la norma Ruido mayor a la norma	1 2 3
Impacto visual	Se refiere a los obstáculos visuales que presenta la alternativa al entorno (puentes peatonales, señalamiento, pasos a desnivel)	2	0.50	Sin obstáculos Iguales obstáculos Mayores obstáculos	1 2 3
Emisión de Contaminantes	Se refiere a la emisión de partículas que la alternativa produce (PM10 -CO2)	2	0.50	Menor contaminación Igual contaminación Mayor contaminación	1 2 3
Afectación del entorno	Se refiere a la emisión de partículas que la alternativa produce (PM10 -CO2) a los no usuarios	2	0.50	Menor contaminación Igual contaminación Mayor contaminación	1 2 3
Paisaje Urbano	Se refiere a la fácil adaptación de la alternativa para el desarrollo de paisajes urbanísticos	1	1.00	Fácil adaptación Igual adaptación Muchos problemas	1 2 3

Con base en estos puntajes se obtuvo para cada alternativa la siguiente calificación.

Tabla 1.28 Calificación alternativa 1

SISTEMA SIN TERMINAL DE INTEGRACIÓN							
Técnico	0.08	Urbano	0.14	Económico	0.18	Ambiental	0.15
PUNTAJE DE LA ALTERNATIVA							0.55

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.29 Calificación alternativa 2

SISTEMA CON TERMINAL DE INTEGRACIÓN							
Técnico	0.13	Urbano	0.23	Económico	0.13	Ambiental	0.17
PUNTAJE DE LA ALTERNATIVA							0.65

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la matriz multicriterio respaldan los resultados obtenidos en el análisis de indicadores de operación de las dos alternativas presentados en el numeral anterior.

1.5.3 Estructura física

En cuanto a la estructura física del corredor el análisis de las dos alternativas de carril exclusivo a derecha y a izquierda de la vía, resumida en la Tabla 1.30 muestra que el carril izquierdo tiene más ventajas que el derecho, prácticamente en todos los aspectos evaluados. El único concepto en que la alternativa de carril a la derecha presenta mayor ventaja es en cuanto a la tecnología vehicular. En este concepto, para el carril izquierdo, es necesaria la implantación de puerta a la izquierda en los buses. En todos los otros aspectos, que involucran costo y calidad del servicio la alternativa de carril izquierdo representa mayores ventajas.

Tabla 1.30 Resumen de análisis de carril izquierdo y derecho

ASPECTOS EVALUADOS	CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO
Interferencia con las operaciones de carga y descarga de mercaderías al comercio localizado a lo largo del corredor	Interfiere	No interfiere
Interferencia con la subida o bajada de pasajeros a vehículos particulares y/o taxis	Interfiere	No interfiere
Interferencia con el acceso a la propiedad a los vehículos particulares	Interfiere	No interfiere
Interferencia con el giro a la derecha de los vehículos en general	Interfiere	No interfiere
Velocidad del transporte público	Menor por las interferencias	+ 25% que estando en el carril derecho
Programación de semáforos con prioridad para el transporte público	Más difícil por las interferencias	Más fácil por que no hay interferencias
Fiscalización de la operación y/o control	Más difícil, por las interferencias	Más fácil por que no hay interferencias
Interferencia con el ir y venir de los peatones	Interfiere	No interfiere

ASPECTOS EVALUADOS	CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO
Flota operando en el corredor	Requiere de 12% adicional	La propuesta originalmente
Costo de la Estación	Mayor por lo que significa acondicionar las banquetas	Menor por el uso del camellón central
Información al Usuario	Requiere de espacios adicionales en la banqueta	Cuenta con el espacio suficiente
Conducción del Vehículo	No requiere entrenamiento	Requiere entrenamiento
Uso de la Estación	No requiere	Requiere de educación al usuario
Costo comparativo de obras	Mayor por lo que significa acondicionar el carril y las banquetas	Menor por las obras necesarias en carril y camellón
Medidas de seguridad en el uso de la estación	Requiere de información al usuario	Requiere más información al usuario y de señalización adicional

ASPECTOS EVALUADOS	CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO
Espacio Urbano al entorno	No segrega actividades y degrada el espacio	Segrega las actividades y no degrada el espacio

Fuente: Elaboración propia.

1.5.4 Tipo de vehículo

Dentro de las opciones de vehículos para las rutas troncales que operarán en carril exclusivo fue definido el tipo “Low Entry”

La opción por vehículo de piso bajo tiene dos objetivos principales:

- ✓ Reducir el tiempo de embarque y desembarque de los usuarios en las estaciones por la facilidad de acceso al vehículo, aunque las estaciones están diseñadas para operar con vehículos de los dos tipos, piso bajo y piso alto con escaleras, pero siempre con puerta a la izquierda;
- ✓ El segundo y en el caso más importante es el de mejorar la calidad de servicio los usuarios y posibilitar el acceso de sillas de ruedas de las personas discapacitadas.

Tabla 1.31 Resumen de especificaciones Técnicas

Características Técnicas	Autobus Piso Alto	Autobus Low Entry
Utilización	Rutas troncales, alimentadoras, radiales y circunvalares, de media y alta demanda en vías pavimentadas de buena calidad	Rutas troncales, alimentadoras, radiales y circunvalares, de media y alta demanda en vías pavimentadas de buena calidad
Largo Total	Entre 10,5 y 13,2m	Entre 10,5 y 13,2m
Potencia motor	min. 220 cv	Min. 220 cv

Transmisión	Deseable Automática con gerenciamiento electrónico y Retardador de Velocidad acoplado	Deseable Automática con gerenciamiento electrónico y Retardador de Velocidad acoplado
Suspensión	Neumática integral	Neumática integral
Dispositivo de movimentación del nivel de la suspensión	Opcional	Obligatorio
La altura máxima de la 1ª grada al suelo	370 mm (+5% de tolerancia)	370 mm (+5% de tolerancia)
Altura máxima en relación al suelo, con el descenso del vehículo	300 mm	300 mm
Altura máxima en relación al suelo, con el levantamiento del vehículo	440 mm	440 mm
Ancho del pasillo central	min. 650 mm	min. 650 mm
Cantidad de pasajeros	min. 32 sentados y max. 5 pasajeros en pie por metro cuadrado	min. 32 sentados y max. 5 pasajeros en pie por metro cuadrado
Tipo de sillas	Totalmente tapizadas y revestidas con material o fibra sintética, o de plástico moldeado con apoyo y asiento tapizado	Totalmente tapizadas y revestidas con material o fibra sintética, o de plástico moldeado con apoyo y asiento tapizado
Puertas	3 a la derecha (1100mm), preparado para recibir 2 a izquierda	3 a la derecha (1100mm), preparado para recibir 2 a izquierda
Sistema de seguridad	no permitir la partida con las puertas abiertas, ni su apertura con el vehículo en movimiento	no permitir la partida con las puertas abiertas, ni su apertura con el vehículo en movimiento
Sistema de ventilación interna	Ventilación forzada y aire acondicionado	Ventilación forzada y aire acondicionado
Accesibilidad para personas con problemas de movilidad	Equipo para elevación de sillas de rueda + área reservada	Rampa para sillas de rueda + área reservada
Equipos obligatorios	Tacógrafo; acionamiento automático de faros; tomada de aire e conexión eléctrica para remolque.	Tacógrafo; acionamiento automático de faros; tomada de aire e conexión eléctrica para remolque.

Accesorios	Preparado para recibir Pánel Electrónico Interno, Pánel Electrónico Externo, Sistema de Rastreo, Música Ambiente, Sistema de Audio	Preparado para recibir Pánel Electrónico Interno, Pánel Electrónico Externo, Sistema de Rastreo, Música Ambiente, Sistema de Audio
------------	--	--

Elaboración propia

1.5.5 Sistema de recaudo

Con el análisis de las características de los sistemas automáticos de recaudo presentados en el inciso 1.4.5, las premisas de proyecto y las estructuras funcionales presentadas en el numeral 1.5.1 se concluye que el sistema propuesto para Chihuahua debe ser automatizado para permitir la amplia posibilidad de integración, facilidad de obtención de datos, mayor confort a los usuarios, control de las tarifas diferentes (credenciales) y la reducción de la evasión.

En cuanto a la tecnología, el análisis de las características de los sistemas presentado en el inciso 1.4.5.2 se indica como más recomendada la **tarjeta inteligente sin contacto**. Cabe destacar que esta tecnología viene siendo utilizada en sistemas de transporte integrados con buen resultado para los operadores, ente gestor y usuarios.

Mirando la facilidad de implantación del equipo en los vehículos y con la definición de la tarjeta inteligente sin contacto para uso en el sistema, se condiciona el uso de la unidad lectora de aproximación.

La descripción detallada del sistema de recaudo será presentada en el informe final.

1.6 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE VIALIDAD Y TRÁNSITO

Con el desarrollo de las alternativas en vialidad y tránsito para la zona urbana de Chihuahua se pretende mejorar la capacidad del sistema vial, para dar la fluidez necesaria al tránsito vehicular. Además, establecer el ordenamiento de la expansión de la vialidad.

En este apartado se presenta la descripción de las políticas y estrategias propuestas para atender las necesidades de movilidad en la zona y solucionar los conflictos de tránsito y vialidad. Se proponen alternativas con políticas derivadas del diagnóstico de la situación actual y que permitan hacer las provisiones necesarias para la ciudad.

El desarrollo de alternativas, se complementará con las estrategias de implementación que garantice su éxito y que cumplan con los objetivos de Oportunidad, Eficacia y Continuidad. El presente análisis está en mejorar el nivel de vida de los habitantes de la Ciudad, mediante un desarrollo equilibrado y armónico de la estructura vial actual; y establecer las medidas necesarias que propicien el crecimiento urbano de la ciudad por medio de obras programadas de vialidad, infraestructura y equipamiento que permitan el máximo aprovechamiento del uso de suelo actual. Esto se logrará en la medida en que la infraestructura vial propicie y facilite la integración entre zonas habitacionales, centros de servicio y áreas de trabajo.

A continuación se describe cada política que se deberá de llevar a cabo dentro del estudio y las estrategias a implementar en cada componente de vialidad y tránsito.

1.6.1 Planeación

Para el desarrollo de las alternativas en materia de vialidad y tránsito, estas se plantearon con base al crecimiento urbano en los diferentes escenarios o plazos y a las políticas y estrategias descritas anteriormente.

La propuesta urbana que se tomó en cuenta para realizar el planteamiento de vialidades fue el escenario más factible para la ciudad, en el cual se concilie el patrón de desarrollo urbano actual, con las políticas y acciones ideales llevadas a cabo. El escenario tiende a jerarquizar al paso de los años los aspectos ideales

sobre las tendencias actuales, de manera que a un mayor plazo, sostenido, en un futuro de más de 20 años se llegué a una condición ideal de ciudad.

Derivado de la aplicación de las políticas urbanas de densificación, el tejido urbano se consolida durante los 4 quinquenios de manera sostenida.

El escenario se resume en una estructura urbana que tenderá a ser un estado ideal urbano en un plazo de poco más de 20 años. Una ciudad con varios subcentros, donde cada uno de estos elementos podrá tener un carácter propio, y al mismo tiempo se le identifique por sus características únicas. Cada uno de los elementos nodales contendrá todos los usos necesarios para evitar desplazamientos innecesariamente largos, logrando una ciudad de menor gasto en recursos de tiempo, dinero, y combustibles fósiles aun seguramente predominantes durante la mayor parte del escenario de pronóstico.

1.6.2 Corredores viales primarios

La política consiste en mejorar la circulación de los corredores viales actuales, tomando en cuenta la estructura vial estratégica establecida, incrementando las velocidades y disminuir las demoras. Las estrategias comprenden la realización de (i) adecuación y ampliación de la sección transversal de algunas vialidades actuales, (ii) prolongación de vialidades aprovechando la sección de otras calles para dar continuidad al corredor, (iii) adecuaciones en intersecciones y construcción de obras de mayor envergadura como podrían ser pasos a desnivel, (iv) señalamiento horizontal y vertical, (v) sincronización de semáforos, y (vi) control del estacionamiento sobre la vía pública.

1.6.3 Estructura vial

A partir de los flujos vehiculares que constituyen y se generan en la zona de estudio, fue necesario determinar, a través de un análisis regional, la estructura vial requerida para el adecuado movimiento de los volúmenes de tránsito. Se estableció en primer lugar una red primaria real, complementada con la vialidad propuesta a fin de jerarquizar las vías de acuerdo a su función.

La vialidad propuesta deberá proporcionar continuidad física y operativa a la que actualmente está en servicio. Se recomienda el establecimiento de circuitos viales que impidan el tránsito de paso por la zona central o de paso por la ciudad. Se debe establecer un programa de pavimentación de las vialidades primarias así como de las colectoras donde circula el transporte público.

De la misma manera una política fundamental en la definición de las alternativas en materia de vialidad, es lograr la conectividad de la ciudad especialmente en el

sentido oriente-poniente, ya que de acuerdo con lo observado en la fase de diagnóstico, se estableció que la ciudad no cuenta con una articulación adecuada en esa dirección. Por lo tanto, se plantea como alternativa de solución la constitución de una serie de pares viales, que además de lograr el objetivo de dar conectividad, permitan una operación más adecuada del tránsito al reducir los movimientos conflictivos en las intersecciones y por ende las fases de los semáforos.

Los pares viales igualmente se articulan con la propuesta del corredor de transporte público de la Av. Tecnológico, Vallarta y Universidad, por lo que los pares que se plantean en su área de influencia directa se proponen como prioritarios y por lo tanto de construcción inmediata (próximos 2 años).

1.6.4 Sentidos de circulación

Los sentidos de circulación permiten la correcta utilización de la infraestructura; sin embargo, cuando los sentidos de circulación permiten la interacción directa de los vehículos, se provocan conflictos importantes.

La conversión a sentidos únicos de las calles que forman una intersección reduce hasta un 75% la posibilidad de conflictos, esto es, de 12 a 4 movimientos conflictivos evitando además accidentes de frente, y los debidos a deslumbramientos.

Con base en los volúmenes de tránsito generados en la zona de estudio se recomienda establecer un plan de circulación global, que contemple calles de un sentido, preferentemente. Es importante implementar en la medida de lo posible pares viales tanto en la vialidad principal como en la colectora.

1.6.5 Intersecciones viales conflictivas

La política consiste en mejorar los niveles de servicio en aquellas intersecciones que actualmente están causando problemas al tránsito vehicular. Comprende estrategias tales como: (i) modificaciones geométricas con el fin de canalizar los flujos vehiculares, (ii) señalamiento horizontal y vertical, (iii) programación del control de intersecciones, e (iv) instalación de semáforos.

1.6.6 Accidentes de tránsito

La política pretende, reducir los accidentes de tránsito en la red vial, mediante la siguiente estrategia: Definición de un programa de implementación y mantenimiento del señalamiento horizontal y vertical en la red vial estratégica.

1.6.7 Asignación de paradas

Actualmente muchos de los vehículos de transporte público realizan paradas de ascenso y descenso en los sitios donde se solicita el servicio, lo cual implica pérdidas en la eficiencia tanto del servicio como de la operación de la vialidad. Este aspecto es muy importante de considerar en los tramos viales en donde transitan rutas de largo recorrido, y que van levantando pasaje deteniéndose en la calzada, ya que no existen sitios adecuados para tal maniobra.

Se recomienda que las paradas se realicen antes o después de la intersección, entre 40 y 60 metros aproximadamente tomando en consideración cada caso en particular. Se recomienda ubicar las paradas en las salidas de las intersecciones de acuerdo al sentido de tránsito, considerando el número de vehículos que se acumulan en la parada, lo cual dependerá de la frecuencia. Se establece que el tener paradas fijas origina una reducción del tiempo de recorrido. La reducción de los tiempos de ascenso y descenso, incrementa la velocidad de operación por el efecto de aceleración y desaceleración en las paradas.

1.6.8 Semáforos

Los semáforos son dispositivos diseñados para alternar el paso de las corrientes vehiculares. Sin embargo, si no están bien programados o fueron instalados sin cumplir los requisitos de colocación, su funcionamiento será deficiente.

Debe implementarse un programa de instalación de semáforos en nuevos cruceiros, siempre y cuando cumplan con los requisitos de instalación. Se establece la premisa de semaforizar prioritariamente en las intersecciones con la vialidad primaria, procurando tener en lo posible ciclos con dos fases, evitando al máximo los programas de 3, 4 o hasta 5 fases, que consumen demasiado tiempo y generan grandes demoras.

Se debe tratar de conjuntar una red integral de semáforos, en donde se logren coordinarlos todos de manera tal que se obtengan “olas verdes” dando la preferencia a los mayores volúmenes de tránsito.

1.6.9 Señalamiento vial

El señalamiento vial constituye un elemento de organización del tránsito importante para la adecuada movilización de vehículos. Por ello se debe proporcionar un señalamiento adecuado a cada tipo de vialidad, en función tanto de las características de operación como del papel que juegan dentro del conjunto del sistema vial. También debe elaborarse un plan para incluir la programación de nuevos cruces y vialidades a señalar.

1.6.10 Estacionamiento

El estacionamiento es una necesidad primordial para los conductores. Sin embargo, cuando se realiza sin organización alguna produce conflictos importantes en la capacidad de las vialidades.

Se deben establecer prohibiciones de estacionamiento en las vialidades primarias como una norma básica. En las vialidades secundarias se debe buscar sitios en donde sea conveniente permitir el estacionamiento para aliviar en buena medida la demanda de los usuarios.

1.7 EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS DE VIALIDAD Y TRÁNSITO

Una vez asignados los viajes en el modelo de transporte estructurado para tal efecto, se procedió a analizar los indicadores que permiten evaluar si la definición de los proyectos para cada periodo responde a las necesidades de la ciudad.

Para cada periodo, se definieron los proyectos que con base en el diagnóstico de la situación actual, en el pronóstico que se realizó y en la experiencia del consultor se requieren para satisfacer las necesidades de movimiento de pasajeros y automóviles en la ciudad, acorde con las políticas de movilidad sustentable definidas.

Con base en los indicadores de eficiencia de la red, se realizó un proceso en el cual los proyectos se reubicaban en el tiempo de acuerdo con el beneficio que brindan en cuanto a mejoras en los tiempos de desplazamiento, conectividad con nuevas zonas de desarrollo e integración con los proyectos de transporte público descritos en el capítulo anterior.

De este proceso se definieron los proyectos que se muestran en la Figura 1.1, la Figura 1.2 y la Figura 1.3 del presente documento. A continuación se presenta el análisis correspondiente.

El análisis se realiza considerando los proyectos como parte integral de un sistema, que basa su funcionamiento en una adecuada interrelación de los mismos. El modelo de transporte así se ha estructurado y por lo tanto permite un análisis macro de los beneficios de dichos proyectos.

El primer nivel de análisis corresponde al incremento en la red vial de la ciudad. En este punto es necesario tener en cuenta que la red modelada corresponde solamente a la red vial principal y a la vialidad secundaria por donde circula transporte público en la actualidad. En la siguiente tabla se muestra como se incrementa la red vial en el tiempo una vez se van implementando los proyectos.

Tabla 1.32 Incremento de la red vial

AÑO	SENTIDO DE CIRCULACIÓN	LONG (km)	TOTAL (km)	INCREMENTO %
2006	Doble sentido	75	723	
	Un sentido	648		
2011	Doble sentido	196	867	20%
	Un sentido	671		
2016	Doble sentido	288	1,058	22%
	Un sentido	770		
2026	Doble sentido	325	1,203	14%
	Un sentido	878		

Fuente: Elaboración propia.

El incremento en el número de kilómetros de red vial obedece tanto a la construcción de vialidades nuevas y a la ampliación de capacidad de vialidades existentes.

La función de esta nueva red vial es conectar las zonas de crecimiento que ya se están consolidando y las que se tiene prevista se consoliden en los próximos años. De la misma manera, se busca con la vialidad propuesta atender las necesidades de infraestructura en algunas zonas de la ciudad, para recuperar y/o mantener los niveles de servicio adecuados para la movilidad.

Al ampliar la infraestructura vial, se busca que los tiempos de viaje entre los diferentes pares origen/destino no se aumenten con el tiempo por el natural aumento en la demanda de viajes y por lo tanto en los niveles de congestión.

Dado que el Plan de Movilidad es un proyecto integral, la propuesta de transporte público que acompaña la propuesta de vialidad es fundamental para que al evaluar el sistema en conjunto se obtengan beneficios en los tiempos de desplazamiento y consecuentemente en los costos de operación de los vehículos.

Esto se fundamenta en que hay una disminución en el uso del automóvil particular al encontrar un modo alternativo de viaje. Por esta razón, los datos que se presentan a continuación consideran los beneficios de todo el sistema.

Tabla 1.33 Velocidades medias de recorrido

Año	Velocidad Media (KPH)		Tasa de crecimiento. Escenario de alternativas
	Pronóstico	Alternativa	
2006	35.07	35.07	
2011	34.55	38.11	9%
2016	34.00	39.18	3%
2026	32.66	39.58	1%

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó en el informe de pronóstico del presente estudio, para estimar los beneficios de los proyectos propuestos se hace una comparación entre los indicadores obtenidos en el escenario de línea base (pronóstico) y los indicadores obtenidos en la evaluación de las alternativas para cada uno de los periodos de análisis.

En el pronóstico se evidenció que dado que no se proponían proyectos y sí se consideraba un incremento en la demanda de viajes en automóvil, se tendría una disminución progresiva de la velocidad media de recorrido.

Al evaluar los proyectos tanto de vialidad (construcción de vías, cambios de sentido, ampliación de vialidades, etc.) como de transporte público (implementación de sistema tronco alimentador y reorganización de rutas), se observa como la velocidad media de recorrido aumenta a pesar de que los niveles de congestión aumentan. Esto se hace más evidente en el corto plazo donde se tendrá un incremento del 9% en la velocidad.

A medida que pasa el tiempo los incrementos son menores, debido especialmente a los niveles de congestión que se tendrán en las zonas centrales de la ciudad, tal y como se observa en el análisis de la relación V/C del sistema.

La relación Volumen/Capacidad es un indicador de cómo se encuentra la capacidad de la vía respecto al volumen de tránsito que pasa por ella. Relaciones V/C por encima de 0.8 indican que las vialidades se encuentran operando cercanas a su máxima capacidad y que por lo tanto es previsible que la saturación esté próxima. Al analizar este indicador se debe tener en cuenta, que no tiene en cuenta el efecto de la velocidad y por lo tanto no mide demoras, esto indica que no siempre una buena relación V/C es señal de que la vía esté operando con un nivel de servicio adecuado.

Para mitigar este efecto, se deben analizar las vialidades en puntos críticos haciendo análisis de niveles de servicio en intersecciones, los cuales permiten

determinar con base en las demoras si todos los accesos de la intersección operan adecuadamente. Este análisis se presenta en el informe de propuestas de solución.

Tal y como se mencionó anteriormente al comparar el escenario de alternativas con el pronóstico, se evidencia que los proyectos propuestos en cada uno de los periodos de análisis ayudan a que el comportamiento del tránsito sea más adecuado y que se reduzcan los niveles de congestión.

Sin embargo, tal y como se muestra en las siguientes figuras, por el crecimiento de los flujos vehiculares y por la concentración de actividades que se espera para algunas zonas de la ciudad, existen vialidades en las que la concentración de demanda es muy alta y que por lo tanto la relación V/C está cercana a 1.0.

En la siguiente tabla se muestra la comparación entre los resultados obtenidos en el escenario de pronóstico (escenario de no hacer nada) y el escenario de alternativas.

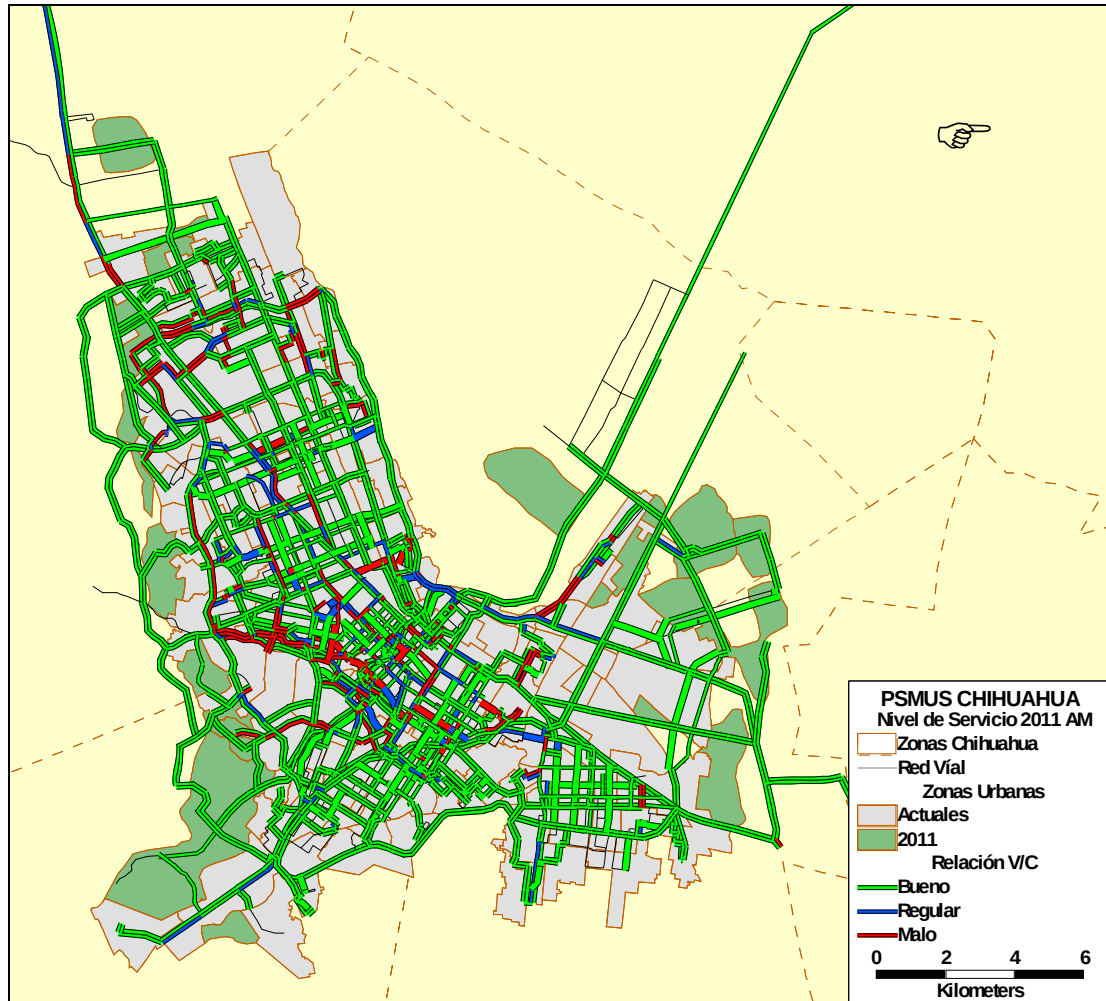
Tabla 1.34 Comparación relación V/C año 2011

Indicador de Operación	Pronóstico	Alternativas
Bueno	64.40%	80.74%
Regular	10.86%	11.36%
Malo	24.74%	7.91%

Fuente: Elaboración propia

La tabla es un indicador claro del beneficio que le aportan los proyectos al tráfico en la red vial. La siguiente figura muestra la red para el año 2011, donde se observan las zonas con alta concentración de demanda.

Figura 1.25 Relación V/C año 2011



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que en la HMD de la mañana las vialidades con mayores problemas son: Cantera, Mirador, Río de Janeiro, Iglesias, San Felipe. 20 de Noviembre, Los Nogales, salida de la Carretera a Ciudad Juárez, parte norte del Periférico de la Juventud, y algunos subtramos de la red vial.

Es importante anotar, que a pesar de la implementación de los proyectos de infraestructura vial, algunas vialidades continúan con problemas debidos a los altos volúmenes que se presentan por la concentración de actividades económicas en las zonas de influencia. Sin embargo, la estructura urbana de la ciudad y la concentración de flujos de tránsito en las horas de máxima demanda, imposibilita

solucionar la problemática de toda la red vial, más aun teniendo en cuenta que la concentración del problema se da en estas horas pico, con una disminución sensible en las horas valle del flujo vehicular y por lo tanto de los niveles de congestión.

Otro aspecto a tener en cuenta es que los resultados aquí presentados se obtienen de la modelación del sistema vial a un nivel macro y que las soluciones puntuales a la problemática, las cuales se presentan en el siguiente informe, no es posible reflejarlas aquí dada la estructura del modelo de transporte utilizada para tal efecto.

Los dos niveles de análisis son útiles en la medida en que el nivel macro ayuda a tener un panorama general de la ciudad planteando una estructura vial integral y el nivel micro define soluciones puntuales de problemáticas específicas.

Tabla 1.35 Comparación relación V/C año 2016

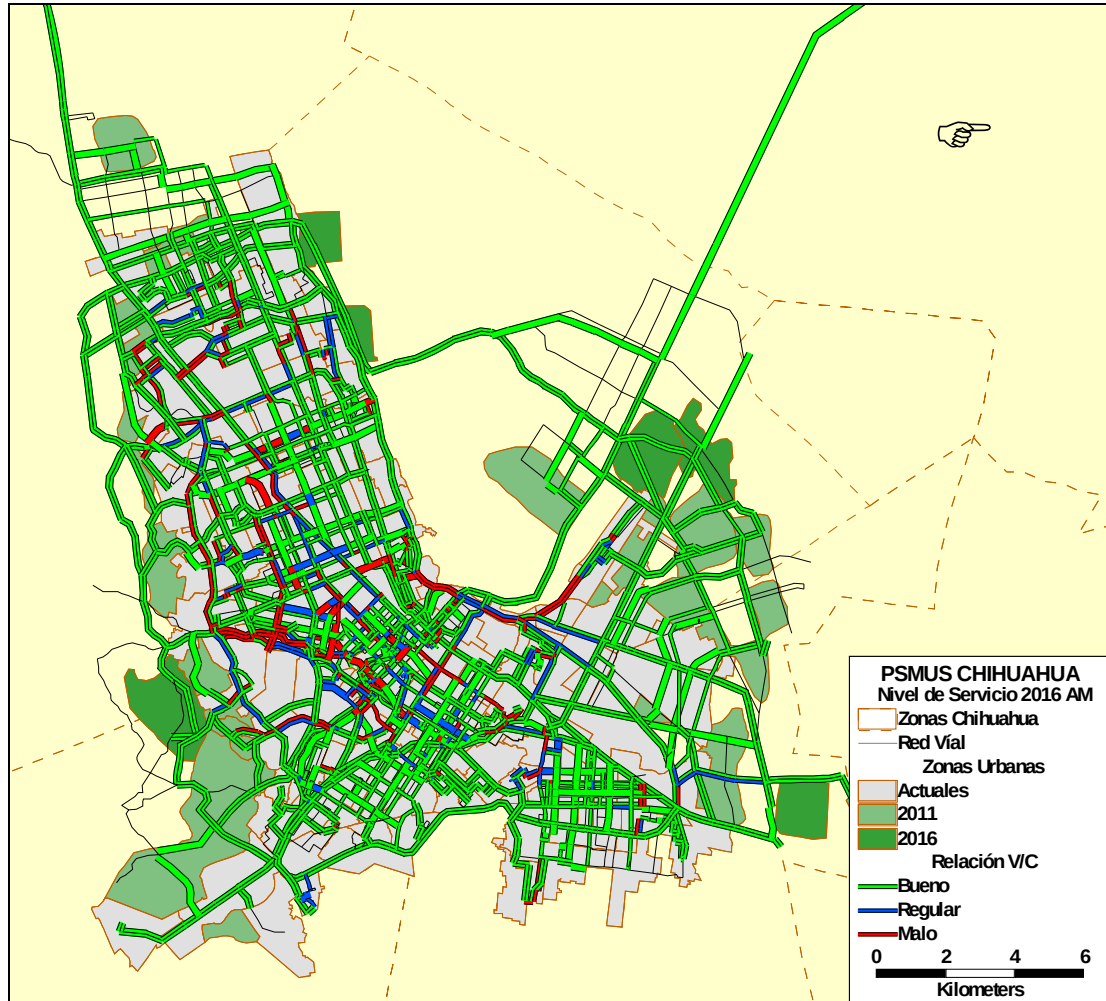
Indicador de Operación	Pronóstico	Alternativas
Bueno	55.83%	81.93%
Regular	13.25%	9.31%
Malo	30.92%	8.76%

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla que en el escenario de pronóstico la tendencia era que las condiciones de operación de la red vial se deterioran con el tiempo. De tener un 64% de la red operando adecuadamente en el año 2011 se pasaba a un 56% en el 2016.

Con la implementación de los proyectos de vialidad y las medidas de tránsito adoptadas el porcentaje de la red vial que operará adecuadamente será del 82%, tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1.26 Relación V/C año 2016



Fuente: Elaboración propia

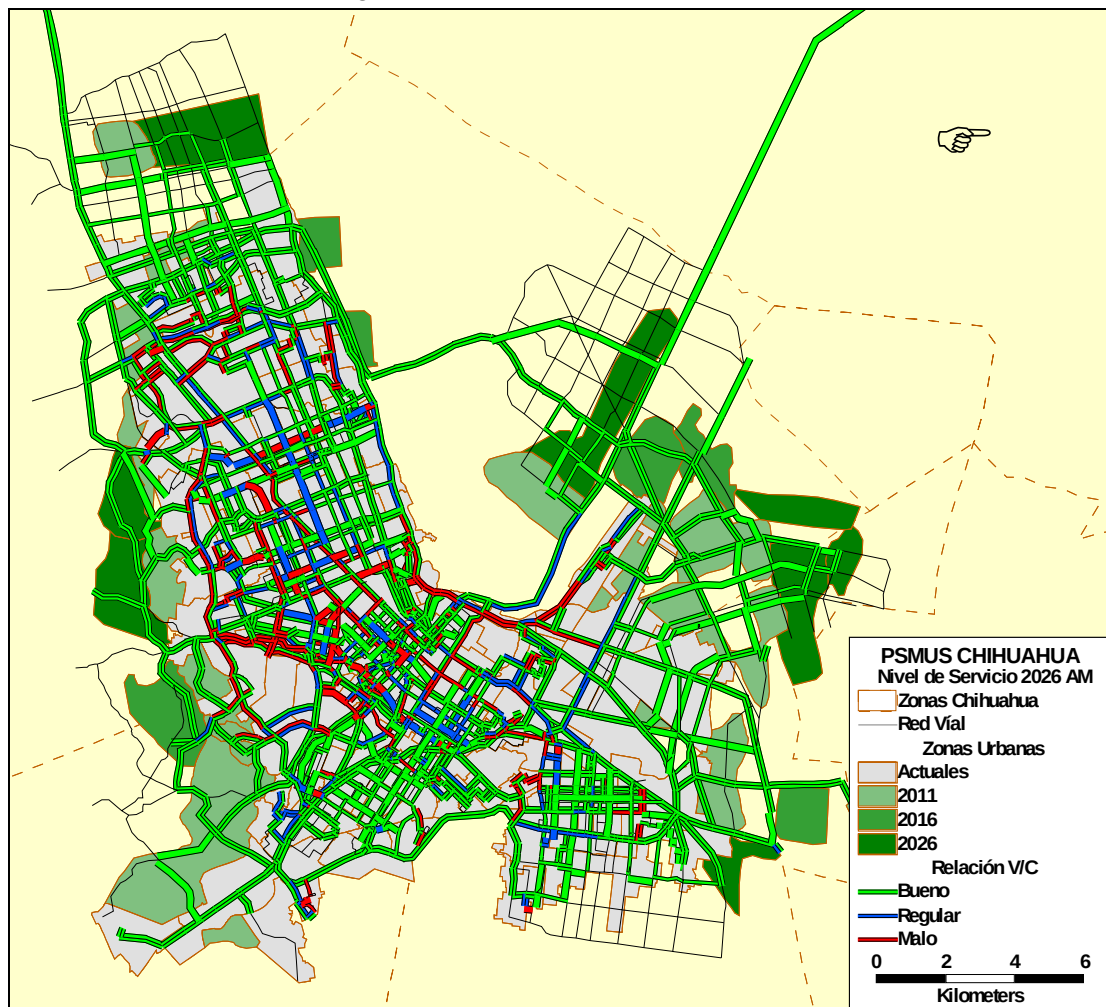
Tabla 1.36 Comparación relación V/C año 2026

Indicador de Operación	Pronóstico	Alternativas
Bueno	43.84%	74.51%
Regular	12.73%	10.16%
Malo	43.43%	15.33%

Fuente: Elaboración propia

Para el año 2026 las condiciones de congestión se harán más críticas, lo cual se nota en la disminución del porcentaje de red vial en el que se tendrán condiciones de operación adecuadas.

Figura 1.27 Relación V/C año 2026



Fuente: Elaboración propia

Una parte importante de la evaluación técnica de los proyectos de vialidad la constituye la definición de los criterios para la jerarquización de los proyectos, es decir la evaluación de la prioridad con la que se deben construir las diferentes obras propuestas.

Un primer nivel de jerarquización se realizó con base en el escenario de pronóstico de crecimiento de la mancha urbana y con base en el diagnóstico de la situación actual. Estos escenarios permitieron definir 4 periodos de implementación de proyectos viales tomando como criterio la conectividad que se le debe dar a los desarrollos urbanos con la infraestructura existente.

El primer periodo denominado acciones de implementación inmediata (2007-2008) corresponde a todas aquellas obras que son necesarias, en primer lugar para facilitar la puesta en operación del sistema de transporte público propuesto y específicamente la troncal norte-sur, y en segundo lugar a las obras necesarias para mejorar el nivel de servicio en vialidades y puntos específicos de la red vial actual de acuerdo con el diagnóstico realizado en la primera fase del estudio.

Los otros 3 periodos denominados Corto Plazo (2009-2011), Mediano plazo (2012-2016) y Largo Plazo (2017-2026), corresponden a todas las obras de infraestructura necesarias para conectar a la red vial existente los desarrollos urbanos previstos. Es importante anotar, que en la fase de pronóstico se realizó un proceso iterativo en el cual, los proyectos viales propuestos se evaluaron con base en indicadores de eficiencia definiendo en que periodo de tiempo ofrecían un mayor beneficio. Por esta razón, ya en esa fase del proyecto a través de los resultados del modelo de transporte se hizo un proceso de definición de proyectos en el tiempo.

Con este planteamiento, se pasó a un segundo nivel de jerarquización, en el cual se utilizaron los resultados de la asignación de flujo de tránsito y los costos estimados de cada uno de los proyectos, para medir el beneficio que ofrece cada uno de ellos.

Al relacionar el volumen de vehículos que transitarán por cada uno de los proyectos con el costo asociado a cada proyecto, se obtiene un indicador de eficiencia que permite establecer un orden en la construcción de los proyectos, para cada uno de los periodos de análisis.

Un aspecto a tener en cuenta, es que algunos de los proyectos considerados, se fundamentaron en la comunicación regional y en la necesidad de brindar una alternativa de desplazamiento a los viajes de paso sin necesidad de interferir con el tránsito local. Esto se logra a través de la red de circuitos y libramientos planteados para cada periodo, de acuerdo con el crecimiento paulatino de la mancha urbana.

Ya que el modelo de transporte estructurado para el estudio, es un modelo urbano y que no se cuenta con información para viajes regionales, estos proyectos se proponen y se analizan como parte de la red vial pero no es posible cuantificar la demanda de viajes que atenderán. Por lo tanto, no se puede realizar el ejercicio de medir el indicador de eficiencia tal y como se realiza con los proyectos de impacto estrictamente urbano.

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los periodos de análisis anteriormente referenciados.

Tabla 1.37 Jerarquización de proyectos corto plazo

VIALIDAD	DE	A	Long. Km	mdp/km	mdp/vialidad	VehTotal	Veh/km	Veh/\$(mdp)
CALLE 25a	AV. JUÁREZ	AV. DIVISION DEL NORTE	1.62	\$ 0.34	\$ 0.54	20,411.01	12584.02	37452.44
CALLE 27a	MELCHOR GUASPE	AV. DIVISION DEL NORTE	4.18	\$ 0.34	\$ 1.40	42,863.29	10258.81	30532.17
GARCÍA SALINAS	AV. DE LAS AMÉRICAS	RIO AROS	2.22	\$ 0.34	\$ 0.74	11,927.48	5380.33	16012.89
CALLE 25a(1)	AV. 20 DE NOVIEMBRE	AV. JUÁREZ	0.98	\$ 0.34	\$ 0.33	3,464.35	3547.79	10558.9
AV. LOS NOGALES	AV. COLÓN CRISTOBAL	AV. VENCEREMOS	4.00	\$ 3.42	\$ 13.66	16,770.63	4193.11	1227.28
PROL. AV. HIDROELÉCTRICA CHICOACEN	AV. LOS NOGALES	AV. DE LOS ARCOS	0.99	\$ 10.35	\$ 10.22	7,137.71	7232.06	698.53
AV. PRIETO LUJÁN	CARRETERA A CD. JUÁREZ	AV. DE LAS INDUSTRIAS	3.51	\$ 5.18	\$ 18.16	11,753.94	3350.84	647.3
AV. DE LAS INDUSTRIAS	AV. LOS NOGALES	LEOPOLDO ENRIQUE ORDOÑEZ (AV. IMPULSO)	2.65	\$ 12.54	\$ 33.29	18,067.54	6806.71	542.71
CALLE FCO. PORTILLO	GARAMBULLOS	BLVD. FUENTES MARES	3.10	\$ 7.24	\$ 22.44	10,670.46	3442.09	475.51
CALLE GONZÁLEZ COSSIO	AV. DE LAS AMÉRICAS	16 DE SEPTIEMBRE	3.67	\$ 5.36	\$ 19.65	7,894.94	2152.51	401.74
TOPOGRAFOS	AV. H. COLEGIO MILITAR	AV. SACRAMENTO	0.82	\$ 7.97	\$ 6.53	1,786.47	2181.26	273.64
AV. DE LOS ARCOS	AV. ABOLICIÓN DE LA ESCLAVITUD	AV. DE LAS INDUSTRIAS	3.34	\$ 5.18	\$ 17.29	4,073.10	1219.49	235.57
CALLE 10	AV. NVA. ESPAÑA	CALLE 16 DE SEPTIEMBRE	2.25	\$ 7.24	\$ 16.30	3,673.09	1630.89	225.3
21 DE MAYO	AV. H. COLEGIO MILITAR	AV. SACRAMENTO	0.83	\$ 7.97	\$ 6.60	1,477.25	1784.99	223.93
PROL. PERIF. R. ALMADA	BLVD. FUENTES MARES	SIERRA DE LA SILLA	1.20	\$ 15.34	\$ 18.37	3,928.10	3279.45	213.84
SIERRA DE LA SILLA	A LAS VÍAS DEL FFCC	SIERRA SAN FELIPE	3.64	\$ 7.24	\$ 26.33	5,338.65	1467.67	202.75
AV. INDUSTRIAL DOS	AV. CARLOS PACHECO	BLVR. JUAN PABLO II	1.24	\$ 10.35	\$ 12.79	2,396.57	1939.9	187.37
CALLE 16 DE SEPTIEMBRE	AV. CARLOS PACHECO	GARAMBULLOS	2.80	\$ 7.24	\$ 20.27	3,744.89	1337.46	184.76
PROL. AV. HIDROELÉCTRICA CHICOACEN	AV. PRIETO LUJÁN	AV. ACCESO 2	3.77	\$ 10.35	\$ 39.00	7,137.71	1894.93	183.03
ROSALIO HDEZ	AV. H. COLEGIO MILITAR	AV. SACRAMENTO	0.74	\$ 7.24	\$ 5.36	904.61	1221.62	168.76
VALLE DE LAS PALMAS	AV. RIO CHUVISCAR	HACIENDA DEL VALLE	1.38	\$ 10.35	\$ 14.32	1,572.59	1137.09	109.83
VALLE DEL ROSARIO	BLVR. JUAN PABLO II	CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	2.16	\$ 10.35	\$ 22.35	2,357.91	1092.23	105.5
CALLE LÓPEZ MATEOS	R. ALMADA	BLVD. FUENTES MARES	2.38	\$ 7.24	\$ 17.25	1,656.83	695.18	96.04
AZALEAS	AV. H. COLEGIO MILITAR	AV. SACRAMENTO	0.72	\$ 7.24	\$ 5.20	479.15	667.41	92.2
LEOPOLDO ENRIQUE ORDOÑEZ (AV. IMPULSO)	CARRETERA A CD. JUÁREZ	AV. DE LAS INDUSTRIAS	3.86	\$ 7.93	\$ 30.59	2,461.18	637.73	80.46
SIERRA DEL DIABLO	A LAS VÍAS DEL FFCC	PERIF. LOMBARDO TOLEDANO VICENTE	2.79	\$ 7.24	\$ 20.20	1,622.09	581.17	80.29
AV. ACEQUIA	AV. ORIENTE 1	AV. ORIENTE	2.24	\$ 10.35	\$ 23.18	1,643.54	733.96	70.89
AV. DESARROLLO	CARRETERA A CD. JUÁREZ	PROL. AV. HIDROELÉCTRICA CHICOACEN	3.68	\$ 7.93	\$ 29.17	1,946.35	528.9	66.73
AV. ORIENTE 1	SIERRA SAN FELIPE	BLVR. JUAN PABLO II	4.50	\$ 7.24	\$ 32.55	2,161.27	480.6	66.39
UNIVERSIDAD LA SALLE	ARCO PONIENTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	UNIVERSITARIO	7.95	\$ 10.35	\$ 82.31	5,071.03	637.87	61.61
AV. ABOLICIÓN DE LA ESCLAVITUD	AV. SAN MIGUEL EL GRANDE	ARCO PONIENTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	2.34	\$ 10.35	\$ 24.24	1,308.97	559.1	54
AV. INDUSTRIAL DOS	ESTADIO	AV. LOMBARDO TOLEDANO VICENTE	4.56	\$ 10.35	\$ 47.16	2,396.57	526.1	50.81
PROL. TEOFILO BORUNDA	AV. RIO CHUVISCAR	ALMERA	1.39	\$ 10.35	\$ 14.44	605.87	434.41	41.96
PROL. TEOFILO BORUNDA	ARCO PONIENTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	CIRCUITO EXTERIOR	1.68	\$ 10.35	\$ 17.35	605.87	361.5	34.92
AV. ACCESO 2	CARRETERA A CD. JUÁREZ	PROL. AV. HIDROELÉCTRICA CHICOACEN	2.40	\$ 11.26	\$ 26.97	932.44	389.22	34.57
AV. RIO CHUVISCAR	CARRETERA CUAHUTEMOC	PROLONGACION FCO. VILLA	11.07	\$ 13.27	\$ 146.92	4,957.58	447.92	33.74
SIERRA SAN FELIPE	PERIF. LOMBARDO TOLEDANO VICENTE	AV. ORIENTE 1	0.94	\$ 7.24	\$ 6.83	218.90	231.86	32.03
STA. EULALIA		AV. SILVESTRE TERRAZAS	2.02	\$ 7.24	\$ 14.61	444.59	220.3	30.43
ARCO PONIENTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	AV. SILVESTRE TERRAZAS	AV. CRISTOBAL COLÓN	22.75	\$ 7.71	\$ 175.42	5,314.75	233.62	30.3
PROL. AV. TABALAOPA Y PERIF. R. ALMADA	PERIF. LOMBARDO TOLEDANO VICENTE	PERIF. R. ALMADA	2.80	\$ 13.27	\$ 37.17	976.74	348.84	26.28
ALMERA	PROL. TEOFILO BORUNDA	VALLE DE LAS PALMAS	3.26	\$ 10.35	\$ 33.78	738.86	226.46	21.87
AV. CENTRAL	C. 37a	AV. ORIENTE	3.22	\$ 13.27	\$ 42.79	652.39	202.38	15.25
C. 37a SIERRA DEL SDO. CORAZON			1.33	\$ 7.24	\$ 9.63	138.90	104.43	14.43
C. 38a SIERRA DEL SDO. CORAZON	PERIF. LOMBARDO TOLEDANO VICENTE	AV. CENTRAL	1.41	\$ 7.24	\$ 10.19	126.25	89.66	12.39
PROL. FRANCISCO VILLA	ARCO PONIENTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	AV. DE LA JUVENTUD	2.66	\$ 10.35	\$ 27.53	216.05	81.25	7.85
AV. SAN MIGUEL EL GRANDE	CIRCUITO UNIVERSITARIO	UNIVERSIDAD LA SALLE	0.65	\$ 10.35	\$ 6.77	42.88	65.6	6.34
AVE. ORIENTE	AV. CENTRAL	AVE. ACEQUIA	1.79	\$ 10.35	\$ 18.55	98.17	54.79	5.29
HACIENDA DEL VALLE	VALLE DE LAS PALMAS	LAS GRULLAS	0.97	\$ 10.35	\$ 10.09	46.49	47.72	4.61

Tabla 1.38 Jerarquización de proyectos mediano plazo

VIALIDAD	DE	A	Long. Km	mdp/km	mdp/vialidad	VehTotal
S. BOLIVAR, CALLE 20a, M. OTEA, CALLE 42A Y CALLE 44a	BLVD. ANTONIO ORTIZ MENA	MELCHOR GUASPE	4.97	\$ 0.34	\$ 1.67	42,257.18
CALLE AMERICA LATINA	AV. 16 DE SEPTIEMBRE	CALLE MERCURIO	2.88	\$ 0.34	\$ 0.97	11,697.26
JACINTO, AV. SILVESTRE TERRAZAS, CALLE 70a,	AV. DE LA JUVENTUD	ALTA TENSION	3.13	\$ 0.34	\$ 1.05	11,930.96
GERANIOS Y CALLE 80a	AV. DE LA JUVENTUD	SAMANIEGO	2.39	\$ 0.34	\$ 0.80	6,727.09
CALLE 58a	VALIDAD CH-P	VALLE DORADO	2.07	\$ 0.34	\$ 0.69	4,140.61
VIDIETAS	AV. SILVESTRE TERRAZAS	AV. INST. POLITECNICO NACIONAL	2.20	\$ 0.34	\$ 0.74	2,276.53
CALLE 24a, MARIA LUISA, E. ESCANDON, CALLE 48a, Y MELCHOR GUASPE	BLVD. ANTONIO ORTIZ MENA	AV. INDEPENDENCIA	6.41	\$ 2.59	\$ 16.64	38,864.74
AV. SILVESTRE TERRAZAS	AV. RIO CHUVISCAR	ACCESO A LA PRESA	3.72	\$ 3.77	\$ 14.00	16,524.60
CALLE AMERICA LATINA	AV. HOMERO	CD. JIMENEZ	1.21	\$ 8.44	\$ 10.25	11,697.26
PERIF. VICENTE LOMBARDO TOLEDANO	BLVD. JUAN PABLO II	BLVD. JOSE FUENTES MARES	11.64	\$ 3.77	\$ 43.85	36,005.23
AV. VENCEREMOS	AV. HOMERO	AV. JUAN ESCUTIA	3.11	\$ 7.03	\$ 21.84	15,920.33
CONTINUACIÓN 19 DE JULIO	AV. H. COLEGIO MILITAR	AV. SACRAMENTO	0.82	\$ 7.98	\$ 6.57	3,358.52
CONTINUACIÓN T. POPULAR	AV. H. COLEGIO MILITAR	AV. SACRAMENTO	0.88	\$ 7.98	\$ 7.06	3,415.29
CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	ACCESO FRACC. EL LEON	LIBRAMIENTO NORTE	8.46	\$ 3.77	\$ 31.85	15,285.76
BLV. JUAN PABLO II	CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	AV. CARLOS PACHECO	14.36	\$ 7.20	\$ 103.46	46,010.88
CONTINUACION DEL ANGEL	LINEA DE FFCC	AV. H. COLEGIO MILITAR	0.33	\$ 7.98	\$ 2.67	1,057.00
AV. VENCEREMOS	LEOPOLDO ENRIQUEZ ORDONEZ (AV. IMPULSO)	AV. HOMERO	5.14	\$ 11.30	\$ 58.06	15,920.33
VALLE DORADO	PERIF. FCO. R. ALMADA	CALLE 58	1.30	\$ 8.44	\$ 10.97	2,953.29
CARRETERA A CD. JUAREZ	AV. PRIETO LUJAN	A SALIDA	8.48	\$ 11.30	\$ 95.81	22,560.24
PROLONGACION AV. NVA. ESPAÑA	PERIF. R. ALMADA FRANCISCO	GARAMBULLOS (CALLE 5)	1.00	\$ 8.44	\$ 8.48	1,876.11
VIAS FFCC	PERIF. LOMBARDO TOLEDANO VICENTE	PERIFERICO R. ALMADA	5.70	\$ 14.41	\$ 82.14	17,979.37
CALLE L	PROL. PERIF. R. ALMADA	LOMBARDO TOLEDANO	2.64	\$ 7.98	\$ 21.06	3,098.99
AV. PRIETO LUJAN	CARRETERA CD. JUAREZ	AV. INDUSTRIAS	3.60	\$ 11.30	\$ 40.87	5,000.49
PROLONGACION AMERICA LATINA	BARRAGAN	ESPAÑAS DEL TEC DE CHIHUAHUA	0.51	\$ 8.44	\$ 4.28	508.67
MA. DE LOS ANGELES	AV. H. COLEGIO MILITAR	AV. SACRAMENTO	0.78	\$ 7.98	\$ 6.21	702.29
PROL. AV. ACEQUIA	AV. PALESTINA	AV. ORIENTE 1	3.14	\$ 11.30	\$ 35.48	3,489.13
CALLE PORFINO DIAZ	GARAMBULLOS (CALLE 5)	BLVD. JOSE FUENTES MARES	2.60	\$ 7.98	\$ 20.75	1,669.82
ALTA TENSION	CALLE 80a	SAMANIEGO	0.38	\$ 8.44	\$ 3.18	237.21
PROL. CALLE LOPEZ MATEOS	PERIF. R. ALMADA FRANCISCO	GARAMBULLOS (CALLE 5)	1.01	\$ 8.44	\$ 8.51	596.84
AV. DE LAS INDUSTRIAS	AV. ACCESO 1	LEOPOLDO ENRIQUE ORDONEZ (AV. IMPULSO)	0.82	\$ 15.34	\$ 12.62	794.24
AV. ORIENTE 1	PROLONGACION AV. TABALOAPA	CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	8.50	\$ 11.30	\$ 96.03	5,536.08
PROL. PERIF. R. ALMADA	AV. ORIENTE 1	PROL. AV. TABALOAPA	0.94	\$ 11.30	\$ 10.57	607.91
GARAMBULLOS (CALLE 5)	PERIF. R. ALMADA FRANCISCO	BLVD. JOSE FUENTES MARES	5.59	\$ 11.30	\$ 63.16	3,417.30
PROL. AV. SACRAMENTO	AV. LOS NOGALES	CALLE V	3.90	\$ 11.30	\$ 44.06	1,956.39
ALTA TENSION	SAMANIEGO	VALLE DORADO	0.69	\$ 8.44	\$ 5.81	237.21
PROLONGACION AV. DE LA CANTERA	MISIONES	ARCO INTERMEDIO PONIENTE	2.70	\$ 11.30	\$ 30.50	1,224.67
ARCO PONIENTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	AV. CRISTOBAL COLON	CARRETERA A CUAHUTEMOC	22.74	\$ 11.99	\$ 272.71	7,068.18
PROL. LINDAVISTA	ACCESO FRACC. EL LEON	VALLE DEL ROSARIO	1.27	\$ 8.44	\$ 10.71	231.47
GASODUCTO	BLVD. JUAN PABLO II	BLVD. JOSE FUENTES MARES	6.01	\$ 11.30	\$ 67.93	1,369.63
AV. TABALOAPA	PERIFERICO LOMBARDO TOLEDANO	CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	10.49	\$ 14.41	\$ 151.19	2,947.57
CONTINUACION AV. DE LOS ARCOS	AV. DE LAS INDUSTRIAS	CONTINUACION AV. SACRAMENTO	1.67	\$ 11.30	\$ 18.87	265.93
PROL. SIERRA MADRE ORIENTAL	PERIF. LOMBARDO TOLEDANO VICENTE	VIAS FFCC	2.62	\$ 8.44	\$ 22.16	310.37
ARCO NORTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	AV. SACRAMENTO	CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	13.54	\$ 11.30	\$ 152.95	2,118.50
VALLE DEL ROSARIO	ACCESO FRACC. EL LEON	CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	2.10	\$ 11.30	\$ 23.73	315.00
AEROPUERTO	CALLE 93 A	CALLE N	4.75	\$ 11.30	\$ 53.68	694.73
PAR VIAL (AV. EAPUERTO)	AV. INDUSTRIAL DOS	CALLE 93 A	7.00	\$ 8.44	\$ 59.10	696.39
PROLONGACION VALLE DE LAS PALMAS	AV. RIO CHUVISCAR	CIRCUITO INTERMEDIO PONIENTE	2.16	\$ 11.30	\$ 24.35	284.72
ACCESO FRACC. EL LEON	VALLE DEL ROSARIO	CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	3.36	\$ 11.30	\$ 37.95	415.13
CALLE V	CARRETERA A CD. JUAREZ	CONTINUACION AV. SACRAMENTO	5.79	\$ 8.44	\$ 48.85	511.54
PROL. AV. DESARROLLO	AV. DE LAS INDUSTRIAS	CONTINUACION AV. SACRAMENTO	1.87	\$ 8.44	\$ 15.77	153.31
CALLE P	AV. ORIENTE 1	ARCO INTERMEDIO(ORIENTE 1)	1.92	\$ 11.30	\$ 21.71	203.88
CALLE 19a	ACCESO FRACC. EL LEON	VALLE DEL ROSARIO	1.20	\$ 8.44	\$ 10.12	91.83
INQUELITOS	AV. SILVESTRE TERRAZAS	AV. INST. POLITECNICO NACIONAL	2.11	\$ 11.30	\$ 23.81	211.37
DEL ANGEL	AV. H. COLEGIO MILITAR	AV. SACRAMENTO	0.75	\$ 7.98	\$ 6.04	44.96
PROL. AV. PRIETO LUJAN	AV. DE LAS INDUSTRIAS	AV. SACRAMENTO	1.55	\$ 11.30	\$ 17.49	119.60
CALLE A1	AV. DE LOS ARCOS	AV. ACCESO 2	4.61	\$ 8.44	\$ 38.96	261.82
PROL. YATE	CALLE Q	AV. ACEQUIA	8.80	\$ 11.30	\$ 99.42	280.16
CONTINUACION AVE. LOS ARCOS	ARCO PONIENTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	AV. ABOLICION DE LA ESCLAVITUD	1.05	\$ 11.30	\$ 11.90	10.84
CALLE Q	ARCO PONIENTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	INICIO PAR VIAL	2.00	\$ 11.30	\$ 22.60	13.63
CALLE Q	CARRETERA A ALDAMA	BOULEVARD JP SEGUNDO	2.29	\$ 11.30	\$ 24.86	13.63
PAR VIAL Q	CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	TORRES DE ALTA TENSION	6.00	\$ 8.44	\$ 50.66	17.04
PROL. SAMANIEGO	PERIF. FCO. R. ALMADA	BUENAVISTA	0.28	\$ 8.44	\$ 2.32	0.75
PROL. SIERRA DEL SAGRADO CORAZON	PERIF. LOMBARDO TOLEDANO VICENTE	VIAS FFCC	2.08	\$ 8.44	\$ 17.59	4.79
LEOPOLDO ENRIQUE ORDONEZ	AV. INDUSTRIAS	PROLONGACION AV. SACRAMENTO	1.90	\$ 8.44	\$ 16.04	0.65

Tabla 1.39 Jerarquización de proyectos largo plazo

VIALIDAD	DE	A	Long. Km	mdp/km	mdp/vialidad	VehTotal	Veh/km
AV. MIGUEL DE CERVANTES SAAVEDRA	AV. NICOLAS GOGOL	AV. ALEJANDRO DUMAS	0.82	\$11,298.04	\$9.23	5,834.32	7140.27
AV. DE LAS AMERICAS	PERIFERICO DE LA JUVENTUD	CALLE ANTONIO DE MONTES	0.94	\$11,298.04	\$10.58	5,895.19	6295.91
DANIEL BAUTISTA	AV. DE LAS INDUSTRIAS	AV. SACRAMENTO	1.57	\$7,980.38	\$12.51	4,654.77	2969.2
CALLE AMÉRICA LATINA	AV. MIGUEL DE CERVANTES SAAVEDRA	TECNOLÓGICO DE CHIHUAHUA	2.02	\$7,980.38	\$16.09	4,556.08	2259.59
PROL. AV. NVA. ESPAÑA	CIRCUITO EXTERIOR	GARAMBULLOS (CALLE 5)	1.70	\$7,980.38	\$13.60	1,828.36	1072.71
AV. ACCESO 1	PROL. AV. HIDROELECTRICA CHICOACEN	PROLONGACION AV. SACRAMENTO	3.00	\$11,298.04	\$33.89	1,818.69	606.23
CALLE Ñ	PERIF. R. ALMADA	PROL. AV. ACEQUIA	2.53	\$7,980.38	\$20.19	926.45	366.12
AV. VENCEREMOS	LEOPOLDO ENRIQUE ORDOÑEZ (AV. IMPULSO)	CALLE Z	4.60	\$11,298.04	\$52.01	1,998.82	434.21
PROL. AV. LOS NOGALES	CIRCUITO EXTERIOR	AV. ABOLICIÓN DE LA ESCLAVITUD	2.83	\$11,298.04	\$32.02	1,293.68	456.44
PROL. AV. ACCESO 2	PROL. AV. HIDROELECTRICA CHICOACEN	AV. SACRAMENTO	3.21	\$11,298.04	\$36.22	731.77	228.27
AV. ORIENTE 1	CARRETERA CHIHUAHUA - ALDAMA	CALLE R	5.63	\$11,298.04	\$63.57	1,194.12	212.23
PROLONGACION MISION STA BARBARA	CIRCUITO EXTERIOR	GARAMBULLOS (CALLE 5)	1.64	\$11,298.04	\$18.57	390.75	237.71
PROL. CALLE LÓPEZ MATEOS	CIRCUITO EXTERIOR	GARAMBULLOS (CALLE 5)	2.00	\$7,980.38	\$15.94	264.71	132.56
CALLE J	CIRCUITO EXTERIOR	BLVD. JOSÉ FUENTES MARES	4.33	\$3,990.19	\$17.29	382.88	88.34
AV. DE LAS INDUSTRIAS	CALLE V	CALLE Z	3.90	\$14,409.82	\$56.14	726.70	186.53
PROL. AV MISIONES	CIRCUITO EXTERIOR	ARCO PONIENTE (CIRCUITO INTERMEDIO)	3.10	\$11,298.04	\$35.04	418.41	134.93
CALLE O	PERIF. R. ALMADA	PROL. AV. ACEQUIA	2.28	\$7,980.38	\$18.18	228.79	100.43
AEROPUERTO	CALLE Ñ	LIBRAMIENTO ORIENTE (CIRCUITO EXTERIOR)	2.80	\$11,298.04	\$31.66	228.79	81.64
PROL. AV. ACEQUIA	AV. ORIENTE	LIBRAMIENTO ORIENTE (CIRCUITO EXTERIOR)	3.78	\$11,298.04	\$42.73	327.12	86.48

1.8 EVALUACIÓN URBANA

1.8.1 Introducción

La Ciudad como ente vivo está sujeta a una transformación constante en consecuencia de las necesidades de quienes las habitan. A partir de la Revolución Industrial con la aparición de la máquina de vapor las necesidades del hombre se han visto modificadas y potenciadas en razón de la oferta y la demanda de bienes y servicios. Es a partir de entonces cuando la transformación de las ciudades empieza a darse en razón de la movilidad de estos bienes y servicios demandados, y a partir de tal transformación el espacio público deja de serlo para convertirse en un espacio de movilidad de bienes, servicios y personas.

La Ciudad de Chihuahua es hoy por hoy el resultado de una constante transformación desde su creación. La Ciudad refleja el dinamismo de sus actividades comerciales y de su sociedad, lo anterior puede ser percibido como una gran ventaja para la ciudad y para quienes la habitan, sin embargo es importante considerar de que manera la ciudad refleja tal imagen, y nos planteamos los siguientes interrogantes:

¿Cuánto nos cuesta vivir el Chihuahua que queremos?, ¿Cuánto gasto en transportarme, en mi carro, en gasolina, en impuestos, en mantenerlo?, ¿Cuánto tiempo paso en mi carro?, ¿Cuánto tiempo paso en mi casa, con mis hijos, haciendo deporte, divirtiéndome, estudiando?, ¿Cuántas veces maldigo al chofer del camión que se me cerró en la calle?, ¿Por qué los camiones echan tanto humo y la ciudad no está contaminada?.....

Consideramos que las interrogantes no van a acabar nunca para tratar de definir o encontrar respuestas a un organismo tan complicado como lo es una ciudad, sin embargo, consideramos que existe un solo concepto que podemos aplicar para determinar las ventajas o las desventajas que las acciones sobre la ciudad pueden representar para quienes la habitamos, Calidad de Vida Sustentable.

El concepto de Calidad de Vida Sustentable podría prestarse a disertaciones interminables, sin embargo consideramos que la esencia del mismo se basa en el mejorar nuestra actual situación de vida invirtiendo menos recursos para ello. Es a partir lo anterior que formulamos alternativas de intervención en la ciudad que tienen por motivo el hacer más eficientes nuestros desplazamientos en la ciudad y procedemos a evaluarlos desde un punto de vista impacto urbano y social.

A pesar de las desventajas de los medios motorizados privados, como su alto consumo de hidrocarburos, sus efectos contaminantes al ambiente, y su gran gasto económico, la sociedad actual ha adoptado este medio de movilidad como el más común, y su uso sigue en aumento. Paralelamente hay variantes a considerar, según estudios de la Organización Mundial para la Salud (OMS) la novena causa de muerte en el mundo está asociada con lesiones ocasionadas por el tráfico vial y en particular por accidentes de tránsito de vehículos de motor. Esta es una razón más del porqué la cultura vehicular tiene que desacelerarse.

En muchas sociedades entienden la importancia del equilibrio entre sus medios de transporte, tanto público como privado, motorizado y no motorizado. En occidente, muchos países europeos, en especial los nórdicos, implementan y promueven el uso de la bicicleta como medio alterno al del uso de los sistemas motorizados, y recientemente en este continente, ciudades norteamericanas como Portland y Chicago, a pesar del uso dominante del automóvil en su país, han sabido implementar proyectos exitosos de ciclorutas, también sin olvidar los casos latinoamericanos de ciudades como Curitiba en Brasil y el destacado ejemplo de la ciudad de Bogotá en Colombia.

El Plan Sectorial de Movilidad Urbana Sustentable tiene como uno de sus objetivos principales, encontrar propuestas alternas al uso del vehículo privado y promover acciones que vayan acorde con criterios de sustentabilidad, donde el uso de medios no motorizados como el de la bicicleta pretende lograr este equilibrio.

En el capítulo siguiente se desarrollara la estrategia para desarrollar un sistema complementario al sistema de transporte público, que ayude a mejorar las condiciones de movilidad, ambientales, económicas y de salud de nuestra población.

1.8.1.1 Documentos y referencias empleadas

Para el desarrollo de este trabajo se ha consultado información en documentos como el plan maestro de ciclo-rutas de la alcaldía mayor de Santa Fe de Bogotá del Instituto de Desarrollo Urbano, el plan de manejo de la ciclovía Ciudad de México – Parque lineal FC a Cuernavaca, Plan parcial del centro urbano de la ciudad de Chihuahua, Modificación menor al plan parcial del centro urbano de la ciudad de Chihuahua, Proyecto de Corredores Ecológicos de la Ciudad de Delicias, Chihuahua.

1.8.2 Evaluación urbana de alternativas de vialidad y tránsito

Actualmente la Ciudad de Chihuahua cuenta con una estructura vial de 723 km. El escenario factible propuesto en el Pronóstico del PSMUS y las alternativas

propuestas en el Capítulo 1.6 del presente documento proponen en un escenario de 20 años una estructura de 1023 kilómetros de estructura vial. La anterior propuesta integra intervenciones que permitirán hacer mas eficiente el uso de dicha estructura a través de el aumento moderado de la velocidad promedio de circulación, de 35.07 km/hr a 39.58 km/hr y en consecuencia la reducción del tiempo utilizado para transportarnos.

El incrementar la estructura vial de la ciudad a través de la construcción de nuevas vialidades y la intervención en las existentes permitirá generar una mayor capacidad y en consecuencia un mayor volumen de vehículos y personas movilizándose a través de medios motorizados. Sin embargo la propuesta integra estrategias que jerarquizan el transporte público sobre el transporte privado, lo que permite que el volumen de personas utilizando el transporte público incremente y en consecuencia el uso de transporte privado disminuya en consecuencia del cambio modal que el PSMUS propone.

El impacto urbano que la estructura vial propuesta generará determinará una nueva imagen para la ciudad. Permitirá detonar zonas degradadas susceptibles de aceptar una transformación en su funcionamiento urbano; y controlar zonas que en la actualidad presentan problemas debido al impacto al que están sujetas por su situación urbana y la presión que su estructura vial y de uso de suelo les genera.

La mayor parte de las propuestas de carácter vial se dan en consecuencia de una consolidación de la estructura existente, por lo que la presente evaluación se concentra en aquellas propuestas capaces de alterar la estructura urbana de la ciudad, desde su entorno inmediato al entorno metropolitano.

Las propuestas a evaluar se determinaron de acuerdo con los siguientes criterios:

1. *Modificaciones a la estructura vial existente.*
2. *Nuevas vialidades de carácter local y regional.*
3. *Intersecciones a desnivel dentro de la estructura vial.*

1.8.2.1 *Modificaciones a la estructura vial existente*

Se determinan las propuestas a analizar con base en el impacto que estas representan para entornos locales, cambios de capacidad, volumen, flujos, transformación de usos de suelo, consolidación del sistema e integración al sistema de transporte público.

Sistema de Pares Viales. El Sistema de Pares Viales se desarrolla principalmente sobre vialidades secundarias o locales. Su implementación inicia a través del Programa de Acciones Inmediatas del PSMUS (PAI) y a través de un programa de implementación que tiene un escenario hasta el 2017.

Figura 1.28 Zonificación para sistema de pares viales



Zona Norte. Entre la Homero y Américas. Comunica principalmente a las colonias en el sentido oriente – poniente.

Zona Central. Colonia San Felipe. Modifica los flujos actuales y consolida corredores tendientes a incorporar ciclorutas y corredores de escala peatonal.

Colonias Santa Rosa y San Rafael. Modifica los flujos actuales y establece vínculos en el sentido oriente – poniente para incluir rutas integradoras de transporte público.

Zona Sur. Ranchería Juárez. Determina los principales corredores de la zona permitiendo detonar usos de suelo y su integración a la estructura vial primaria.

En todos los casos el sistema de pares viales propone flujos perpendiculares a las vías primarias que comunican en el sentido norte-sur y tienen un funcionamiento intrazonal. El sistema aprovecha vialidades secundarias existentes de sección amplia por lo que se dispone de parte de ésta sección para la generación de espacios dedicados a movilidad no motorizada, integrando rehabilitación y ampliación de banquetas y en algunos casos circuitos de ciclorutas que funcionan como alimentadoras al sistema de transporte público.

En su mayoría las vialidades que forman parte del sistema son ya vías de mayor uso en comparación a las de su entorno, son vías de acceso y de salida de cada zona, por lo que sus capacidades y volúmenes son relativamente altos. A lo largo de éstas vialidades generalmente se encuentran usos de suelo mixtos, principalmente aquellos relativos a usos habitacionales de densidad media-baja y usos comerciales y de servicio de carácter local.

El sistema propuesto en la **zona norte** permitirá generar alternativas de circulación en el sentido oriente-poniente, comunicando al Periférico de la Juventud con la Av. Tecnológico y la Vialidad Sacramento a través de colonias tales como Insurgentes, Tierra y Libertad, Revolución, Francisco Villa y otras. Actualmente algunas de éstas vías no están pavimentadas y/o carecen de continuidad. Estas comunicaciones permitirán programar la pavimentación de los tramos faltantes e incluir rutas integradoras de transporte público. Paralelamente permitirán detonar los usos de suelo del entorno inmediato a los pares viales y en consecuencia generar centros de barrio que integren comercio, servicios y equipamiento público.

La actual traza de la ciudad así como los crecimientos previstos permiten determinar un centro geográfico (**zona central**) de la mancha urbana ubicado entre la Av. Ameritas y el Blvd. Fuentes Mares. Esta zona es la que concentra la mayor parte de la población así como la mayor cantidad de viajes tanto en transporte público como privado. Esta es una de las zonas de la ciudad que ha presentado una mayor transformación en los últimos años, principalmente en la Colonia Panamericana, San Felipe y Centro Histórico en consecuencia al aumento de volúmenes de viaje y transformación de sus usos de suelo. El caso de la Colonia Panamericana y la Colonia San Felipe es singular, ya que de ser zonas eminentemente habitacionales se han convertido en zonas con comercio y servicios principalmente a lo largo de sus principales avenidas. Estas transformaciones se han dado sin más control que la autorización del uso del suelo y/o la licencia de funcionamiento comercial, lo que

ha propiciado que los nuevos establecimientos de comercio, servicios y/o vivienda transgredan las normativas vigentes de construcción y desarrollo urbano.

Lo anterior se ve reflejado en la irregular y deteriorada imagen urbana de las zonas en cuestión. La invasión del espacio público, principalmente banquetas y vialidades ahora convertidas en estacionamientos han tomado el espacio anteriormente dedicado al peatón. Paralelo a lo anterior se ha visto contaminada la imagen urbana debido a la instalación de anuncios y elementos publicitarios que han venido a transformar paramentos, secciones viales, arborización, etc.

Consideramos que la propuesta de modificación de flujos de las vías propuestas en la zona de **San Felipe y Colonia Panamericana** permitirá generar un escenario en el que a través de la creación e implementación de normativas y estrategias (Planes Parciales y PDU) particulares para cada zona, se generen estrategias de control y regeneración de los usos de suelo y la imagen urbana de las zonas.

El caso de las colonias **Cerro de la Cruz, Lealtad, Santa Rosa, San Rafael**, todas ubicadas en la zona central de la ciudad, entre la Av. 20 de Noviembre y el Blvd. Fuentes Mares han permanecido ajenas a la transformación de la que ha sido sujeta gran parte de zona central. A pesar de que éstas colonias concentran también a gran parte de la población y generan una gran cantidad de viajes, han sido ajenas a los grandes programas de obra pública y permanecen relativamente inaccesibles. Todas cuentan con rutas de transporte público sin embargo éstas son rutas de trayectorias irregulares y en algunos casos en vialidades no pavimentadas. Toda ésta zona es eminentemente habitacional y los comercios y servicios existentes son básicamente locales. El sistema propone dos pares viales con sentido surponiente a nororiente que permitirán comunicar a todas estas colonias con las vialidades primarias que comunican a la ciudad en el sentido norte sur (Ocampo, Calle 12ª, Independencia, Carranza, Pacheco) y en consecuencia integrar rutas alimentadoras al sistema troncalizado de transporte público. Paralelamente en consecuencia de la disminución del volumen de tráfico se permitirá aprovechar la sección vial de dichos pares viales para integrar ciclorutas y regenerar andadores y banquetas. Se pronostica que con la implantación del sistema se permitirá crear un escenario de transformación de usos de suelo y consolidación de corredores urbanos definidos que permitan generar centros de barrio.

En todos los casos, la implementación del Sistema de Pares Viales deberá desarrollarse de manera paralela a un programa de difusión que permita el conocimiento social y urbano del funcionamiento y objetivo de los mismos. De no ser así la implantación de los mismos estará sujeta a efectos de especulación e interferencia social y política, lo que podría abortar el proyecto. Es preciso recordar que éste sistema funciona de manera integral al resto de propuestas del PSMUS.

Programas de mantenimiento y mejora a la estructura vial. Una validación urbana de las propuestas de mantenimiento y/o mejora de la estructura vial involucra aspectos tan complejos como lo pueden ser los sociales y los políticos. La inconformidad ciudadana y el reclamo político serán efectos causales de una imagen urbana deteriorada por el pobre estado de pavimentos, vialidades, banquetas, camellones y todos los elementos que por su estado físico determinen algún tipo de limitación en la movilidad de los ciudadanos, ya sea motorizado o no motorizado.

1.8.2.2 Nuevas vialidades de carácter local y regional

La construcción de nuevas vialidades locales y regionales tienen por objeto el consolidar la estructura vial metropolitana, asegurando una adecuada integración con vialidades primarias y secundarias locales así como con las vialidades regionales que permiten comunicar a la ciudad de manera radial.

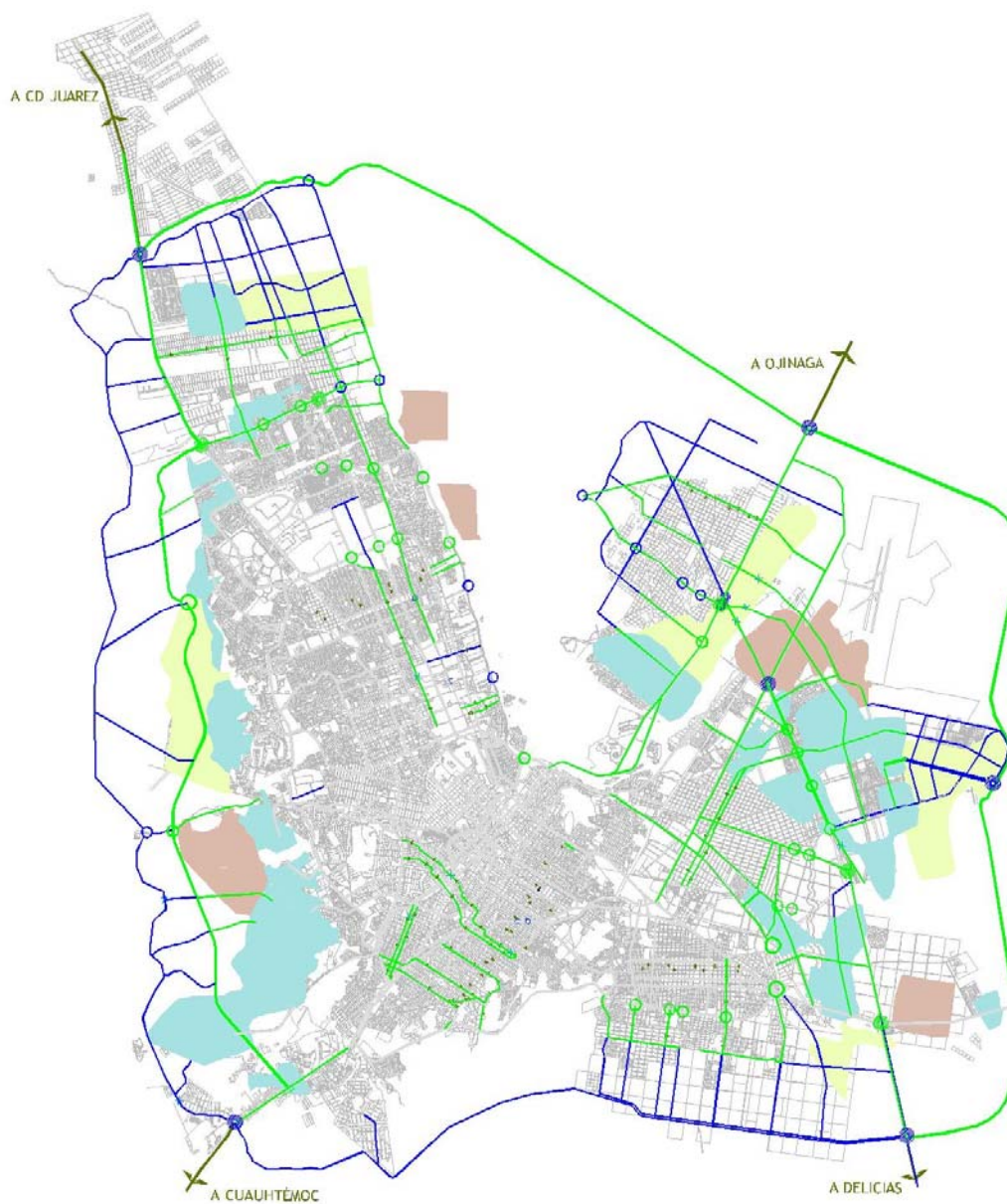
La implementación de éstas propuestas responde al desarrollo de las nuevas zonas de crecimiento. Algunas de las propuestas son parte ya del PDU vigente por lo que se procedió a re-evaluarlas en términos técnicos y como tal la evaluación urbana redundará en el impacto urbano de que estas propuestas ejercerán sobre las áreas de nuevo crecimiento.

Las propuestas a ser implementadas en un plazo corto a medio son aquellas que permitirán consolidar la estructura existente y/o comunicar a zonas de crecimiento actualmente en desarrollo. A su vez permitirán delimitar el crecimiento de la ciudad a aquellas zonas que actualmente cuentan ya con autorización para su desarrollo.

El escenario a largo plazo integra la creación de un Anillo Perimetral Sur-Poniente, mismo que marcará el límite de la mancha urbana y de su crecimiento con el objeto de consolidar la estructura urbana interior.

Las propuestas de nuevas estructuras viales deberán ser apoyadas por políticas de control del desarrollo urbano integradas a la inminente actualización del Plan Director Urbano.

Figura 1.29 Estrategia General de Nuevas Vialidades



Actualmente la gran mayoría de las zonas de crecimiento y/o actualmente en desarrollo cuentan con anteproyectos y/o autorizaciones para su desarrollo, así mismo es importante considerar que la tenencia de la tierra de estas zonas de

crecimiento se encuentra en manos de promotores inmobiliarios privados y en algunos de los casos en manos del Gobierno del Estado y/o Gobierno Municipal. Lo anterior es importante ya que la programación de la implementación de las propuestas de nuevas vialidades debe responder en buena medida al desarrollo de las nuevas zonas de crecimiento.

Libramiento Norte-Sur. El proyecto ha sido definido con anterioridad en distintos programas de obra pública tanto federal como estatal y forma parte de las estrategias del Plan Director Urbano. Por sus características este eje vial será suburbano, de accesos controlados y concesionado a la iniciativa privada por lo que se supone inhibirá desarrollos urbanos que puedan depender de él. La implementación de este libramiento permitirá a la estructura vial de la ciudad prescindir del tráfico de paso que actualmente cruza por la ciudad lo que traerá beneficios al funcionamiento urbano de la ciudad.

Libramiento Anillo Sur-Poniente. Este eje vial perimetral permitirá delimitar el crecimiento de la ciudad y recoger el conjunto de vialidades primarias que permitirán acceder a las zonas de nuevo desarrollo al norte, poniente y sur de la ciudad, por lo que el carácter que éstas últimas vialidades adquirirán será aquel correspondiente a corredores urbanos de comercio, servicios y acceso a zonas de desarrollos habitacionales, comerciales e industriales. Por lo anterior es preciso buscar e implementar políticas de inhibición del desarrollo a lo largo del propio libramiento y de control de desarrollo en las intersecciones que conectan a él.

Intersecciones y pasos a desnivel a lo largo de los libramientos Norte-Sur y Anillo Sur-Poniente. En virtud de que estas vialidades delimitan la mancha urbana y adquieren el carácter de un anillo periférico se determinan propuestas específicas de solución de tránsito en las intersecciones que permiten acceder hacia el interior de la ciudad, y comunicar a ésta con las carreteras y/o autopistas regionales.

Las intersecciones con la estructura vial de la ciudad deberán solucionar los flujos de tránsito de una manera eficiente y segura sin comprometerse con factores de desarrollo urbano y/o especulación por situación de intersección. Se deberán generar políticas urbanas que deberán ser implementadas a través del PDU que determinen un radio y/o sección que inhiba y/o controle cualquier acción inmobiliaria que pudiera ser detonadora de desarrollos que puedan ser generadores del crecimiento de la mancha urbana fuera del anillo perimetral.

Las intersecciones del anillo periférico y/o libramientos con las estructuras carreteras y/o autopistas que comunican a la ciudad con el entorno regional, además de estar sujetas a proyectos específicos de solución de tránsito deberán interpretarse con intersecciones o puertos de entrada simbólicos o emblemáticos que permitan identificar el acceso a la ciudad.

1.8.2.3 Intersecciones a desnivel dentro de la estructura vial

La estructura vial primaria de la ciudad es la que cuenta con mayor capacidad y volumen de viajes dentro de la ciudad, tanto de carácter privado como de transporte público. Dentro de ésta estructura se dan varias intersecciones que además de interconectar ejes viales de primer orden, suman actividades comerciales y de servicio de características importantes que pueden representar puntos de origen y/o destino y en consecuencia son generadoras de viajes, lo que implica la posibilidad y necesidad de generar soluciones que permitan afrontar las problemáticas viales sin impactar las actividades comerciales, de servicios y de funcionamiento urbano y sin afectar el valor del suelo o representar un elemento urbano que carezca de escala o integración a su entorno.

Las propuestas a ser implementadas en el corto plazo incluyen 4 intersecciones a desnivel que por su ubicación tenderán a impactar a su entorno urbano, por lo que las propuestas ejecutivas de solución de cada uno de ellos deberá desarrollarse tomando en cuenta los usos de suelo existentes y bajo el objetivo de además de solucionar los conflictos viales detonar la regeneración urbana de su entorno inmediato.

Nudo La Glorieta. Por su ubicación y los equipamientos comerciales, de servicios y las vías que interconectará esta intersección adquiere una escala urbana muy importante. En consecuencia de que el proyecto propuesto es básicamente subterráneo será de extrema importancia el desarrollar un proyecto de espacio público superficial que promueva movimientos peatonales y sea detonador de la imagen urbana del entorno inmediato.

Distribuidor Silvestre Terrazas. El acceso poniente a la ciudad se ha caracterizado por la irregularidad en su imagen urbana y en el desarrollo de los usos de suelo que se han venido dando en los últimos años. De igual manera es un punto en el que confluye tanto el tráfico que accesa a la ciudad como tráfico de paso que tiene como destino ya sea los equipamientos de servicios del oriente de la ciudad (Central Camionera, Central de Abastos, etc.) y/o la Carretera Federal 45 (A México). La solución de la intersección y la continuidad de flujos de la carretera que viene de Cuauhtemoc con la Av. Silvestre Terrazas, Ch-P, y el Periférico F. R. Almada deberá integrarse al entorno inmediato sin comprometer la factibilidad de desarrollo comercial y/o servicios de los predios que afectaría. Consideramos que esta propuesta consolidará el anillo exterior formado por el Periférico de la Juventud y el Periférico R. Almada y a la vez detonará la regeneración del acceso sur-poniente de la ciudad.

Prolongación 20 de Noviembre. Esta propuesta pretende unir la Av. 20 de Noviembre con la Carretera a Cd. Aldama misma que también comunica con el

Aeropuerto. Con esta acción, esta avenida cruzará de manera directa la ciudad en el sentido nororiente a surponiente, lo que la consolidará como uno de sus principales ejes viales. El volumen de tráfico que ésta vialidad tiene se verá incrementado en consecuencia de que contará con un acceso directo desde la carretera antes mencionada lo que significará un acceso directo al centro de la ciudad.

Pasos a desnivel y puentes vehiculares a medio y largo plazo. Las propuestas corresponden a estrategias de continuidad vial y libramiento de infraestructuras que impiden un libre flujo de tráfico (vías de ferrocarril, arroyos, etc.). En su mayor parte las propuestas han sido programadas dentro del Plan Director Urbano sin embargo los criterios de diseño y solución obedecen básicamente a necesidades de tránsito y obvian las condiciones urbanas de actividades y usos de suelo que se dan en sus entornos inmediatos. Es fundamental el integrar a dichas propuestas criterios de integración de la escala peatonal y rescate del espacio público residual y contiguo a estas estructuras.

1.8.3 Formulación de alternativas de sistema no motorizado

Más de 427,000 viajes diarios se realizan a través de medio no motorizados, ya sea de manera peatonal o en bicicleta. Estos viajes representan el 21% del total de viajes realizados diariamente, e incluso son mayores a los realizados a través del sistema de transporte público existente. Las condiciones en las que se realizan estos viajes no son las más satisfactorias por lo que es de suponerse que estos viajes son en muchos de los casos realizados por mera necesidad, para acceder a fuentes de trabajo, estudio, servicios, transporte público, etc.

El espacio contenedor de estos viajes forma parte de las secciones viales, mismas que han sido diseñadas para favorecer el transporte motorizado, por lo que las condiciones de banquetas y andadores no son las apropiadas para contener este tipo de viajes. Es común encontrar registros de infraestructuras, banquetas rotas, banquetas sin construir o simplemente invadidas por estacionamientos o elementos publicitarios, postes, etc.

Dentro del diagnostico realizado se identificaron todos aquellos espacios vacíos de actividad urbana, (derechos de vía) principalmente dedicados ya sea al paso de infraestructuras o a espacios generados principalmente por escurrimientos pluviales y accidentes topográficos. Muchos de estos espacios son incluso bordes que interrumpen la estructura de movilidad de la ciudad (motorizada y no motorizada) e incluso representan espacios susceptibles de generar problemáticas de inseguridad pública, contaminación y/o abandono.

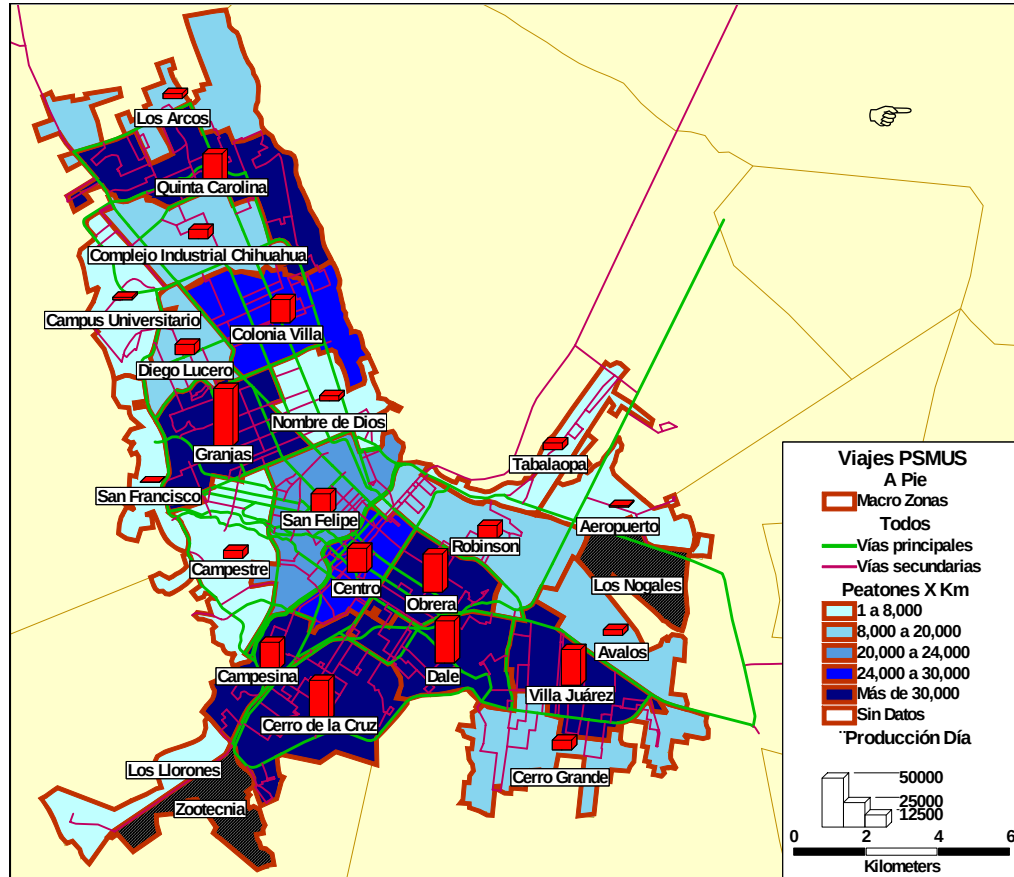
Paralelo a lo anterior se analizó la estructura vial de la ciudad y se identificaron aquellos ejes contenedores de flujos peatonales de mayor intensidad; se concluyó también que la estructura vial ha sido diseñada de manera amplia y vasta con el objetivo de dar mayor capacidad vehicular por lo que se presenta espacios de oportunidad sujetos a ser dedicados a favorecer los movimientos no motorizados.

Las alternativas evaluadas como estrategias generales del sistema de movilidad no motorizada toman ventaja de estos espacios generados por derechos de vía de infraestructuras, escurrimientos y/o arroyos y secciones viales para diseñar propuestas que permitan brindar mejores condiciones para la movilidad no motorizada y en consecuencia se valide y detone el incremento de viajes de ésta modalidad.

El objetivo esencial del PSMUS es el de mejorar la calidad de vida de los Chihuahuenses a través de estrategias sustentables. Lo anterior valida las propuestas de la movilidad no motorizada, mismas que permitirán desplazamientos que se verán reflejados en la salud de los usuarios, en su economía y ambientalmente responsables.

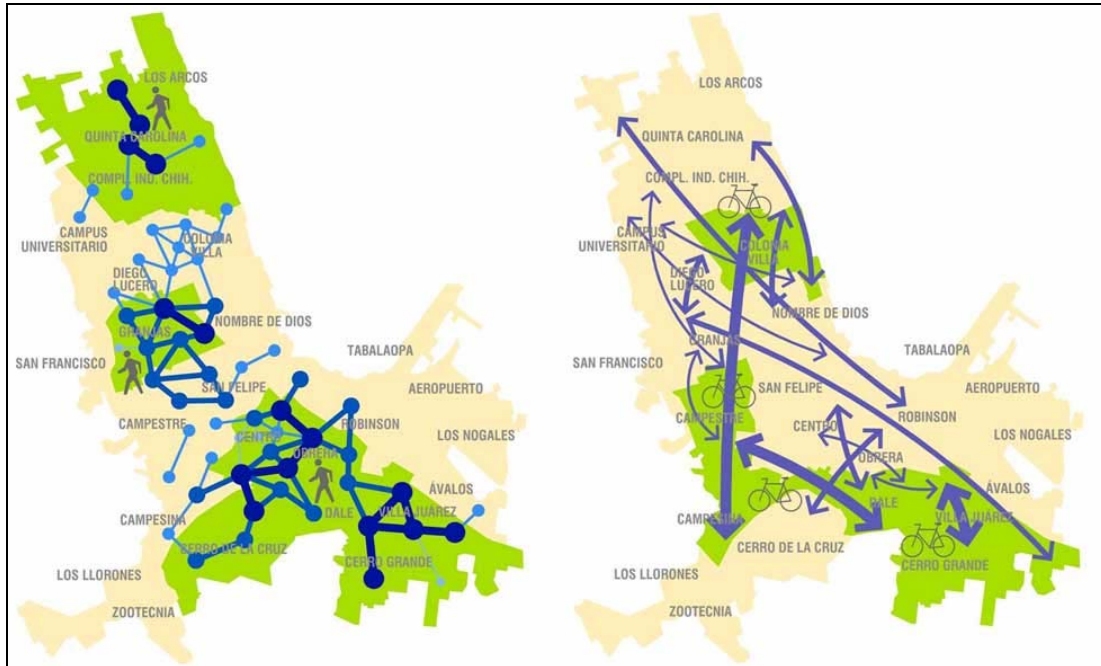
Los viajes o desplazamientos peatonales responden principalmente a la necesidad de acceder a las rutas de transporte público, a fuentes de trabajo y/o servicios. El 85% de los viajes son de recorridos cortos con distancias inferiores a los 2km y concentran a personas de clase media y baja.

Figura 1.30 Viajes realizados a pie



De los 427,000 viajes diarios en las zonas de estudio que representan tan solo el 21 % de la población y donde el promedio de distancia de recorrido es de 1 km. Los viajes más frecuentes son para llegar a las paradas del transporte público, para llegar a los centros educativos y a comercios para realizar sus compras. Mientras que el número de viajes en bicicleta es de 6,184 diarios que representa un 0.31 % de los todos los viajes hechos por todos los medios.

Figura 1.31 Líneas de deseo de viajes en medios no motorizados



Fuente: Elaboración propia

1.8.3.1 La bicicleta como alternativa

La propuesta de implementación de programas y dotación de infraestructura para promover el uso de la bicicleta tiene como objetivo resaltar las cualidades de este medio de transporte. Si bien el número de usuarios actuales en la ciudad (0.31% según los datos de las encuestas de movilidad) es muy bajo, este medio tiene la ventaja de acortar los tiempos de recorrido. Adicionalmente la intervención de proyectos de ciclovías también incluyen las mejoras de aceras para los peatones. Algunas de las características de este medio son:

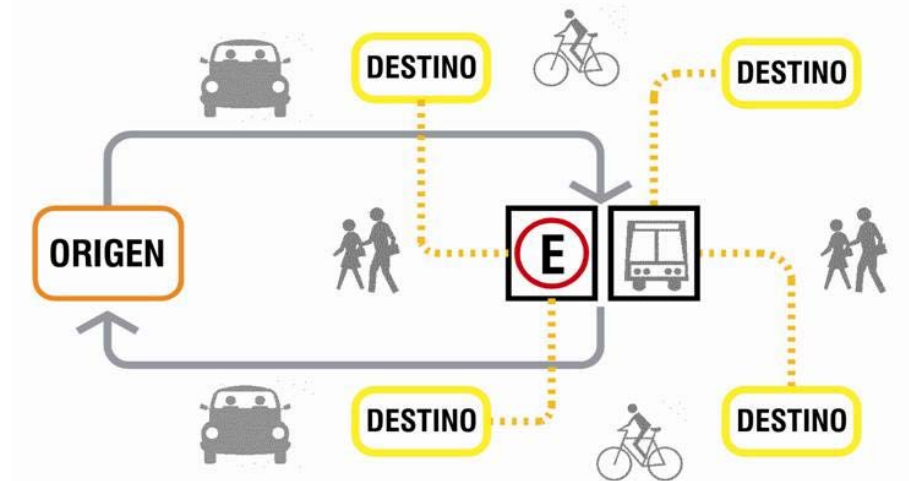
- Es divertido
- Es saludable
- Es económico
- Es amigable con el medio ambiente
- En distancias cortas, pueden llegar a realizar menor tiempo que el automóvil

- Es un medio de transporte ideal en lugares como los centros de las ciudades

La estrategia del sistema de ciclovías y corredores peatonales tiene como fin:

- Que sea utilizado al recorrer distancias cortas (menores a 4.5 Km.)
- Que sean complementario al sistema de transporte público al funcionar como un sistema de vías alimentadoras a sus estaciones de embarque y desembarque
- Que se utilice al realizar viajes barriales o zonales, ir a la escuela o de compras
- Que se utilice como ejercicio al mismo tiempo que como medio de transporte
- Que sirva para fines sociales como el de convivencia en parques y espacios públicos.

Figura 1.32 Diagrama de funcionamiento del sistema no motorizado



Fuente: Elaboración propia

Para la construcción del sistema de ciclo-vías propuesto y los corredores peatonales paralelos a las mismas se establecen criterios que aseguren su funcionalidad y su potencialidad como detonador de la imagen urbana de su entorno.

- Las rutas deberán ser legibles y seguras, deberán estar señalizadas en todo su trayecto y de ser posible de pavimento distinto al de la acera y al del carril de circulación motorizada. Deberá contar con rampas y carecer de elementos u obstáculos que representen un riesgo para el usuario.
- Se deberá promover que las ciclorutas se generen en vialidades que cuenten con vegetación a lo largo de su trayectoria y en caso de no ser así incluir en el proyecto la forestación con especies regionales de hoja perenne, que permitan dar sombras y protección contra los vientos.
- Deberán ser seguras en todo momento. Deberán incluir alumbrado público y en sus intersecciones deberán contar con la señalización horizontal y vertical para asegurar cruces y preferencias de flujo.
- Deberá ser equipada con mobiliario urbano que permita su buen uso y conservación (basureros, bancas, bolardos, racks de estacionamiento, etc.)
- Se deberá determinar a lo largo del sistema la creación de módulos de servicios. Estos módulos deberán integrar servicios para el usuario y podrán ser concesionados para su operación.

Las acciones de implementación de estos corredores, se establecieron a partir del criterio de que en su fase inicial sirvieran como alimentadoras de la troncal del sistema de transporte público (STP) y en sus fases siguientes estas fueran creciendo y ramificándose hasta conformar una estructura “verde”. Se proponen cuatro periodos de crecimiento: inmediato, corto, mediano y largo plazo.

Tabla 1.40 Estrategia de implementación de corredores

ETAPAS	LONGITUD (KM.)	PERIODO DE TIEMPO
Plazo inmediato	31.00	2007-2008
Corto plazo	43.00	2008-2011
Mediano plazo	78.00	2011-2016
Largo plazo	127.00	2017-2026
TOTAL	279.00	

Fuente: Elaboración propia

Figura 1.33 Crecimiento de red de ciclovías por periodos

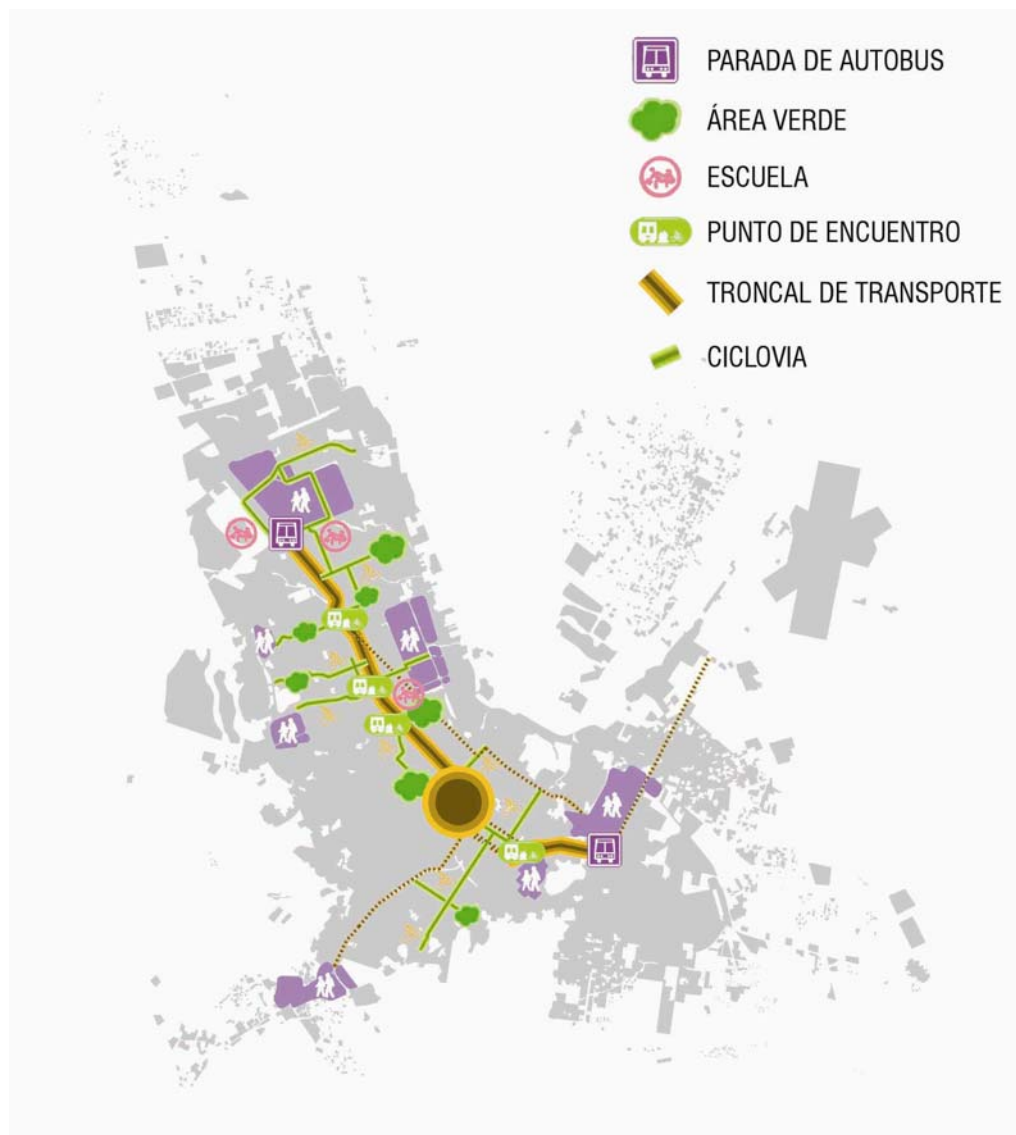


Fuente: Elaboración propia

1.8.3.2 Escenario plazo inmediato

Este periodo comprende la aplicación inmediata de ciclovías alimentadoras de la primera etapa de la troncal de transporte público. Son divididas en tres macrozonas: Zona Norte, Zona Centro y Zona Sur, dependiendo de su ubicación dentro de la mancha urbana para su rápida clasificación. La propuesta inicial de la red de ciclovías tiene una distancia total de 31 Km. a lo largo de vialidades vehiculares existentes y arroyos con la posibilidad de convertirse en parques lineales.

Figura 1.34 Esquema conceptual de corredores alimentadores a troncal en etapa inmediata



Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que todos los corredores propuestos en esta primera etapa fueron recorridos en bicicleta para su mejor entendimiento, así pues se comprobaron factores indispensables para que estas funcionen, como que cuenten con una pendiente adecuada, que las aceras tengan posibilidades de intervención, y comprobar el estado de la superficie y pavimento.

ZONA NORTE

Esta zona de la ciudad tiene una alta concentración de fuentes de empleo y una de las que tiene mayor densidad habitacional. Se ha desarrollado de una manera constante en los últimos años y se ha convertido en una sub-centralidad dentro de la estructura urbana de la ciudad. En ella se encuentran varios equipamientos educativos de carácter metropolitano (UACH y Tec II) así como el Complejo Industrial Chihuahua. Las actividades comerciales de la zona se han desarrollado de manera importante y se concentran en la Av. Dostoievsky y la Av. de los Nogales.

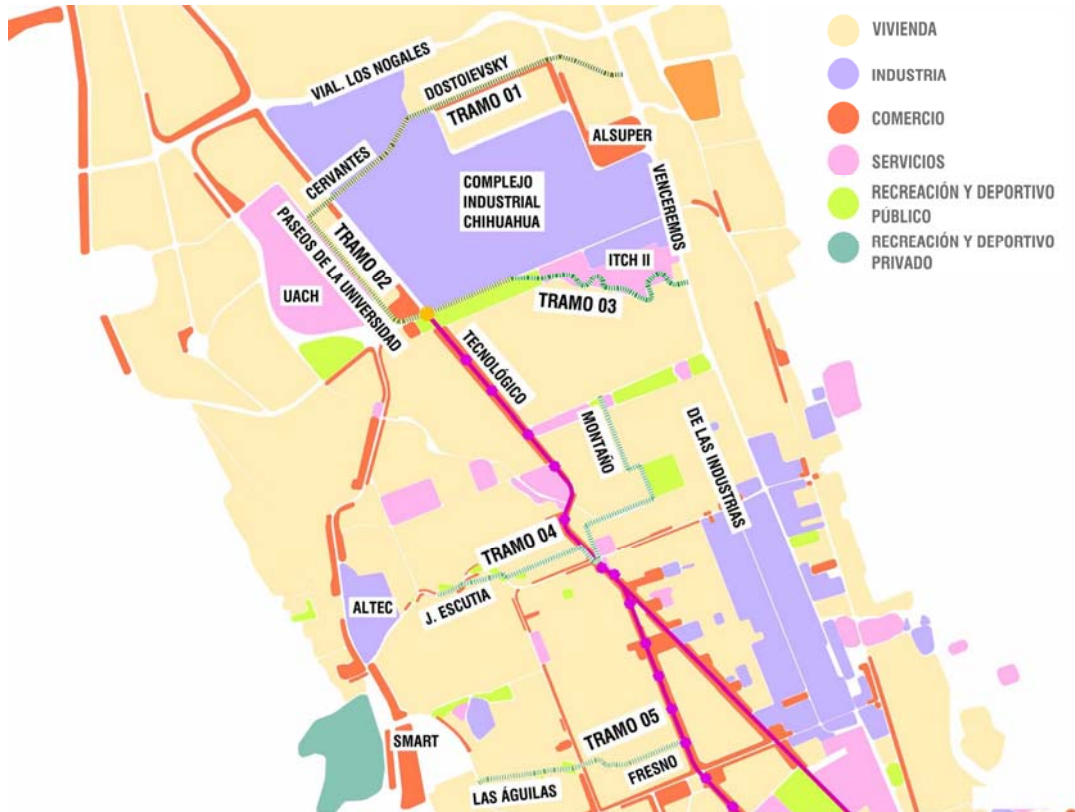
Tabla 1.41 Características físicas y longitud de los corredores zona norte

ZONA NORTE	Longitud (km)	Nombres de calles	Topografía			Vegetación			Pavimentación		
			Plana	Suave	Pronunciada	Abundante	Regular	Poca	Buena	Regular	Mala
TRAMO 01	3.90	Dostoievsky-León Tolstoi-Miguel de Cervantes									
TRAMO 02	2.70	Paseos de la Universidad-Homero									
TRAMO 03	2.30	Homero-La Posta									
TRAMO 04	4.40	Juan Escutia-Córdova-Villa-Barragán-Montaña									
TRAMO 05	2.30	Águilas-Nogal-Fresno									
TOTAL	15.60										

Fuente: Elaboración propia

La estrategia general para el trazo del corredor no motorizado responde a unir zonas de vivienda con alta densidad (orígenes) y concentradores de actividades ya sea trabajo, estudio, o comercio (destinos) con la línea troncal de transporte público. Este primer circuito de corredores en la zona norte alimenta a la Terminal Norte de la línea troncal.

Figura 1.35 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona norte

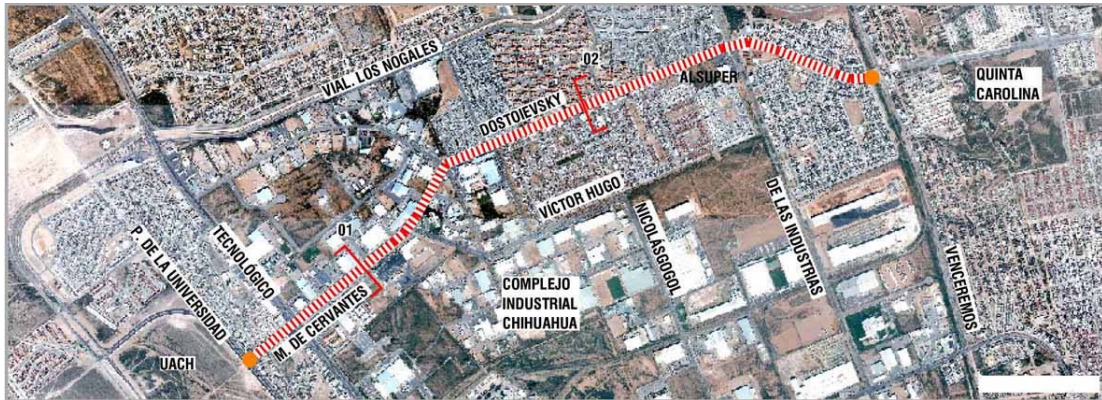


Fuente: Elaboración propia

Corredor Dostoievsky-Cervantes

Descripción y justificación de corredor: Este corredor tiene como característica principal atravesar una zona de alta concentración de trabajo (complejo industrial Chihuahua), estar próximo a una zona de alta densidad de vivienda (Chihuahua 2000), y desembocar en un centro universitario (Nuevo Campus de la UACH). La ubicación de la ciclovía está propuesta dentro de un camellón arbolado que haría un agradable recorrido y a su vez quedaría protegido del tránsito vehicular de la zona.

Figura 1.36 Plano de ubicación de corredor



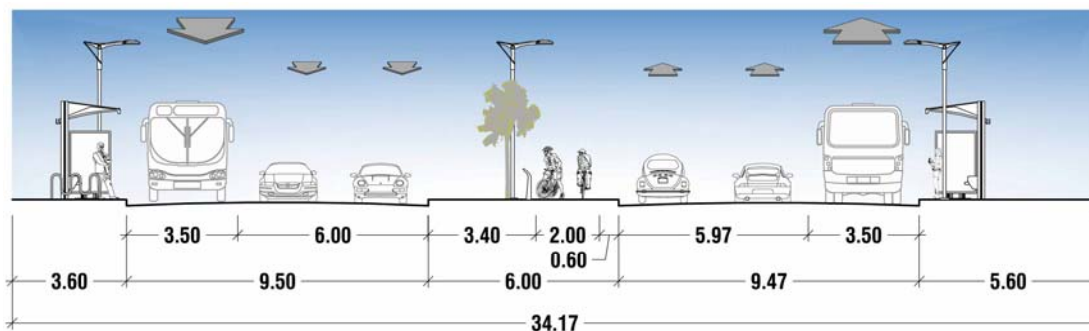
Fuente: Elaboración propia

Figura 1.37 Planta de corredor Dostoievsky - Cervantes



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.38 Sección de corredor Dostoievsky – Cervantes



Fuente: Elaboración propia

Ver anexo 1.7

Corredor Paseos Universidad-Homero.

Descripción y justificación de corredor: Este corredor es la continuación del Dostoievsky-Cervantes cruza enseguida de la colonia residencial Paseos de Chihuahua y el nuevo campus universitario de la UACH, así como el centro comercial Soriana y la planta industrial Ford. Se une con la Terminal norte de la troncal del STP.

Corredor Homero – La Posta

Descripción y justificación de corredor. Este corredor conecta la Terminal norte de la troncal de STP por la Av. Homero, con una alta concentración de empleos y un área de equipamiento deportivo que se ubica en la calle Belisario Domínguez. En este punto el corredor toma el arroyo La Posta para crear un parque lineal con ciclo vía y continuar las áreas deportivas, para luego desembocar en la Av. De las Industrias pasando por la Universidad Tecnológica de Chihuahua II.

Ver anexo 1.9

Corredor Escutia (Parque Esperanza) - Montañó (Parque Nuevo Milenio)

Descripción y justificación de corredor. Lo distintivo de este corredor es que conectará por medio del corredor a 5 parques o áreas verdes de la zona, pasando a la vez por la estación del STP Juan Escutia.

Ver anexo 1.10

Corredor Las Águilas – Fresno

Descripción y justificación de corredor. Se propone este corredor por el gran camellón arbolado que existe en la calle Águilas y su cruce con un gran parque y su culminación en la estación del STP Fresno.

Ver anexo 1.11

ZONA CENTRO

El centro histórico de la ciudad ha sido sin duda uno de los que se ha transformado con mayor intensidad en los últimos años. Ha sido objeto de la atención de la ciudadanía a partir de la construcción del conjunto de espacios públicos que integra la Plaza Mayor y la demolición de edificios y zonas abandonadas que eran generadoras de diversas problemáticas urbanas.

Posteriormente se incluyeron equipamientos públicos de importancia tal es el caso del Teatro de la Ciudad y el Museo Casa Chihuahua y en la actualidad la implementación del Programa Vías Con-Sentido que incluye la proyectos de peatonalización (Calle 4ª) y la regeneración de andadores peatonales y construcción de ciclo-vías a lo largo del Paseo Bolívar y la Av. Independencia.

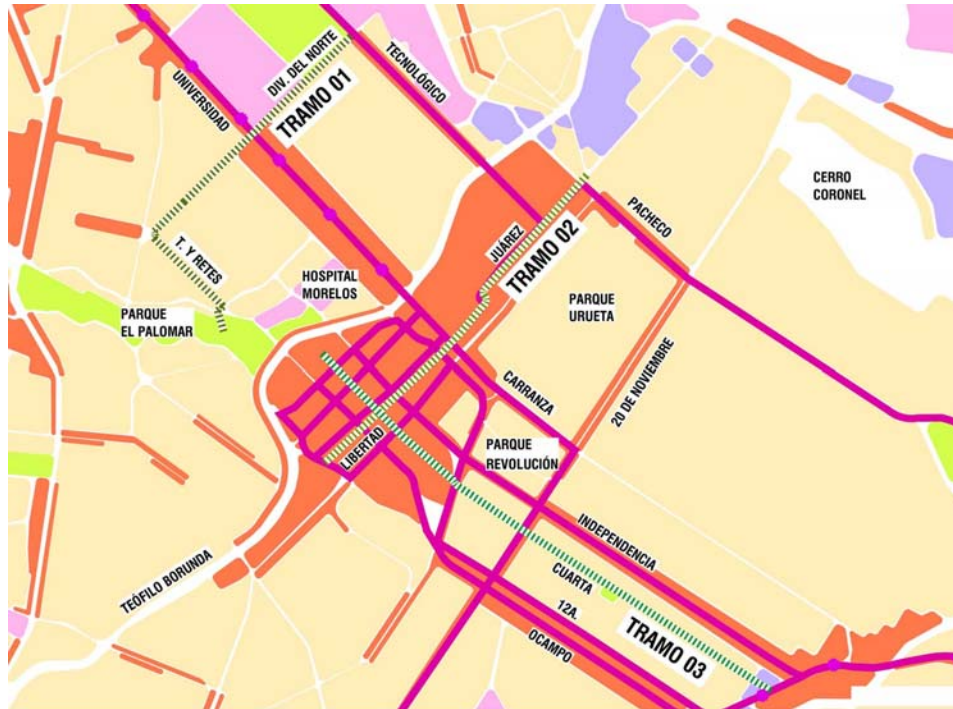
Figura 1.39 Complejo de espacios públicos del centro histórico. Plaza Mayor



Fuente: Elaboración propia. Fotografía tomada en Noviembre del 2006

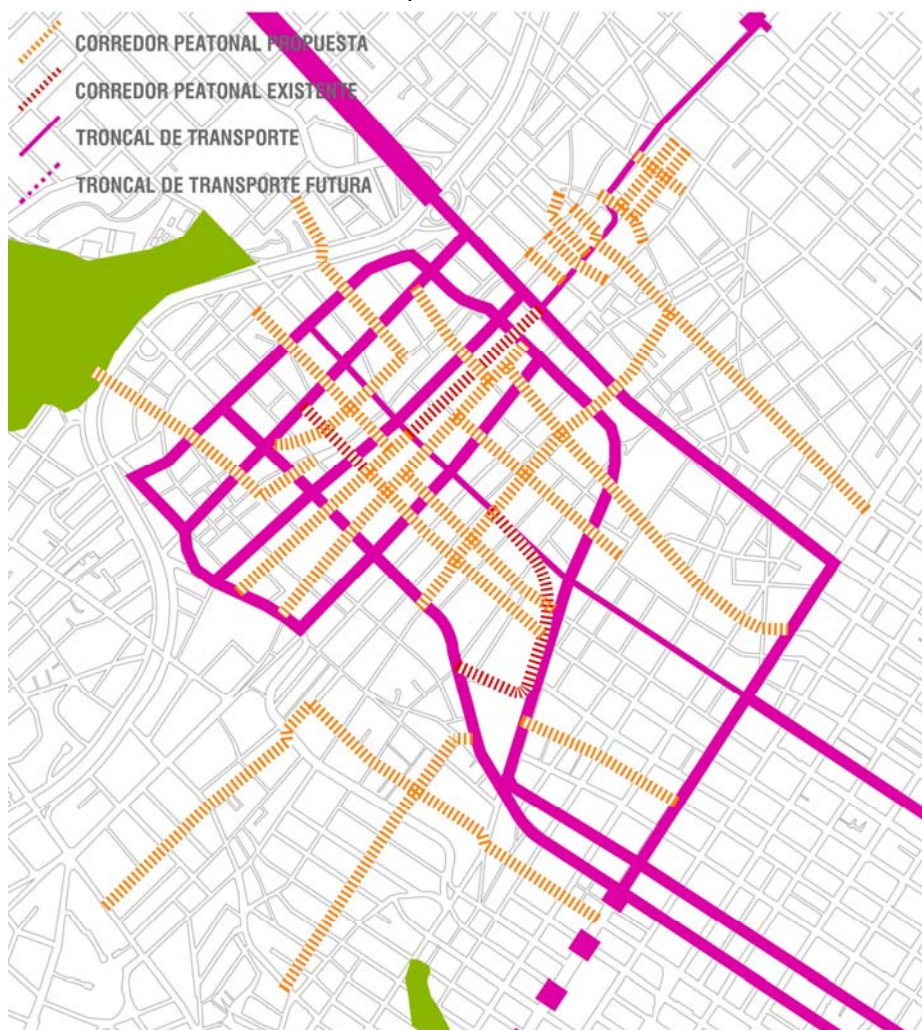
La estrategia general para la zona del centro urbano se integra desde la Av. División del Norte hasta la Av. Fuentes Mares. Incluye la creación de ciclorutas y corredores de carácter peatonal. Todos estos ejes que favorecen la movilidad no motorizada tienen orígenes y destinos identificados por equipamientos o espacios públicos nodales dentro de la estructura urbana de la ciudad. De igual manera todos se interconectan con el sistema de transporte público y funcionan como alimentadores de este.

Figura 1.40 Plano de uso de suelos y ciclorutas en la zona centro



Dentro del sector llamado centro se incluye también el corredor propuesto sobre la calle División del Norte, que se encuentra en la colonia San Felipe y tiene como característica principal el de conectar tres espacios públicos de suma importancia como lo son la Ciudad Deportiva, el parque El Palomar y el parque lineal La Cantera, así como funcionar como entrada al centro de la ciudad por esta red de ciclovías.

Figura 1.41 Estrategia general de corredores y espacio público en zona centro.
Vialidades con potencial de intervención



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.42 Características físicas y longitud de los corredores con ciclovía zona centro

ZONA CENTRO	Longitud (km)	Nombres de calles	Topografía			Vegetación			Pavimentación		
			Plana	Suave	Pronunciada	Abundante	Regular	Poca	Buena	Regular	Mala
TRAMO 01	3.40	Cuarta									
TRAMO 02	1.40	Libertad									
TRAMO 03	0.95	Juárez									
TRAMO 04	2.50	División del Norte									
TOTAL	8.25										

Fuente: Elaboración propia

Corredor Libertad – Juárez

El corredor Libertad – Juárez conecta en un extremo por la calle Libertad el equipamiento deportivo del colegio Bachilleres pasando luego por la Catedral de la ciudad y luego para atravesar el exitoso tramo comercial y peatonal entre las calles Independencia y Vicente Guerrero. Después continúa por entre los edificios de valor patrimonial el ex-Palacio Federal ahora Museo Casa Chihuahua y el Palacio de Gobierno. También el corredor transcurre por una serie de espacios públicos para luego virar donde se encuentra el templo de San Francisco y tomar la calle Juárez, culmina en la Av. De la Junta en el Conservatorio de Música.

Figura 1.42 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona centro



Fuente: Elaboración propia

Ver anexo 1.12

Figura 1.43 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona centro



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.44 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona centro



Fuente: Elaboración propia

Corredor calle 4ta

Descripción y justificación del corredor. El corredor de la calle 4ta conecta en su extremo norte al parque El Palomar con la zona semi-peatonal de los mercados, el

Museo Regional Quinta Gameros y en su extremo sur termina en el Blvd. Fuentes Mares en la estación de la troncal del STP Cuarta.

Corredor División del Norte (Ciudad Deportiva) (Parque el Palomar la Cantera)

Descripción y justificación del corredor. Este corredor se articula con el corredor de la calle Cuarta por medio del espacio público de El Palomar, y en su otro extremo cuenta con el parque de la Ciudad Deportiva.

Figura 1.45 Planta de Av. Niños Héroes y Av. Ocampo. Inicio de corredor peatonal



Fuente: Elaboración propia

Ver anexo 1.18

Figura 1.46 Imagen propuesta para corredor Ángel Trias



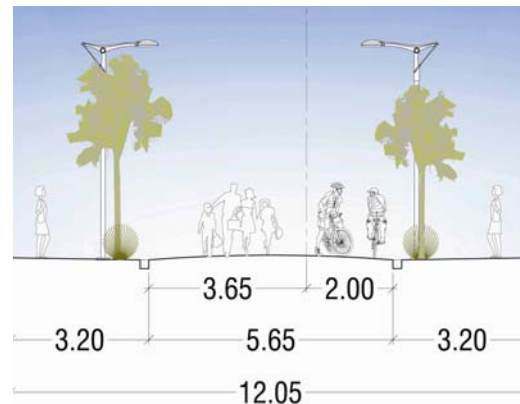
Fuente: Elaboración propia

- **Corredor Calle Décima.** Este corredor tiene por objeto el conectar el corredor de la Calle Libertad con el complejo de equipamientos formado por el Museo Semilla y el Parque El Palomar, pasando a través del Barrio de San Pedro, mismo que forma parte de las reservad adquiridas por el Gobierno del Estado y destinadas a regenerar la zona y consolidad un Centro de Barrio contenedor de actividades comerciales, de servicios y de vivienda.

Figura 1.47 Corredor calle décima



Figura 1.53. Simulación virtual de Calle Décima y sección propuesta. Elaboración propia.



ZONA SUR

La zona sur de la ciudad ha permanecido durante muchos años ajena al desarrollo dinámico de la ciudad, sobre todo en la década de los años 80's cuando el norte vio en auge su crecimiento. La zona sur integra a colonias o zonas tradicionales tales

como Ranchería Juárez y Avalos, mismas que se formaron en consecuencia de las industrias metalúrgicas que se dieron en la zona, sin embargo al detener las actividades industriales y cerrar estas industrias estas colonias se vieron sumidas en el deterioro y en el “literal” abandono por parte tanto del interés del capital privado y ajenos a acciones detonadoras por parte de las administraciones de gobierno.

En los últimos años, debido al establecimiento de diversos parques industriales que significan importantes fuentes de empleo, se ha dado una dinámica de crecimiento y promoción inmobiliaria principalmente dirigida a vivienda de clase media.

Han surgido diversas promociones de desarrollo en su mayoría amparadas bajo el Plan Parcial Tabalaopa-Concordia, mismo que plantea uno de los desarrollos habitacionales, de servicios y de industria más grandes de la ciudad. Lo anterior, aunado a las acciones realizadas por el Gobierno del Estado para la creación de espacios y equipamientos públicos de gran importancia (Ciudad Deportiva Sur, Estadio de Béisbol, Central Camionera, CRIT, Comandancia Sur, Hospital Infantil, etc.) han determinado a la zona sur como una de las más equipadas en términos de servicios estratégicos y en consecuencia una zona con un potencial de regeneración muy importante y factible.

Ranchería Juárez es una de las más pobladas en ésta zona, y a la vez una de las más desprotegidas de la ciudad, a pesar de los equipamientos con los que ahora cuenta la zona así como la accesibilidad que ésta zona tiene a través de vialidades regionales y primarias como el Periférico F.R. Almada, el Blvd. Fuentes Mares, Av. Pacheco, además de su futura integración con el resto de la ciudad a través de la línea troncal de transporte público.

Es en la zona de Ranchería Juárez donde se concentran las propuestas planteadas para promover la movilidad no motorizada en consecuencia de que las otras colonias de la zona, tanto Avalos como Tabalaopa-Concordia presentan ya propuestas que se desarrollan bajo criterios similares a los establecidos por el PSMUS relativos a la promoción de ésta modalidad de transporte.

Tabla 1.43 Características físicas y longitud de los corredores zona sur

ZONA SUR	Longitud (km)	Nombres de calles	Topografía			Vegetación			Pavimentación		
			Plana	Suave	Pronunciada	Abundante	Regular	Poca	Buena	Regular	Mala
TRAMO 01	2.50	Samaniego-C58									
TRAMO 02	2.90	15a									
TRAMO 03	1.70	Francisco Portillo									
TOTAL	7.10										

Fuente: Elaboración propia

Figura 1.48 Plano de uso de suelos y ciclovías en la zona sur



Fuente: Elaboración propia

Corredor Calle 15

Descripción y justificación del corredor. Este corredor-parque lineal se desarrolla en la colonia Villa Juárez y tiene como función además de dotar de área verde la zona, conectar con el equipamiento de la unidad Deportiva Sur y el Blvd. Fuentes

Mares donde se ubica la troncal de STP. La propuesta plantea incluir andadores peatonales y una cicloruta que permita comunicar de oriente a poniente e interconectarse con el Corredor Nueva España para conectarse con la Terminal Sur de la línea troncal de transporte público.

Figura 1.49 Plano de ubicación de corredor-parque lineal Calle 15



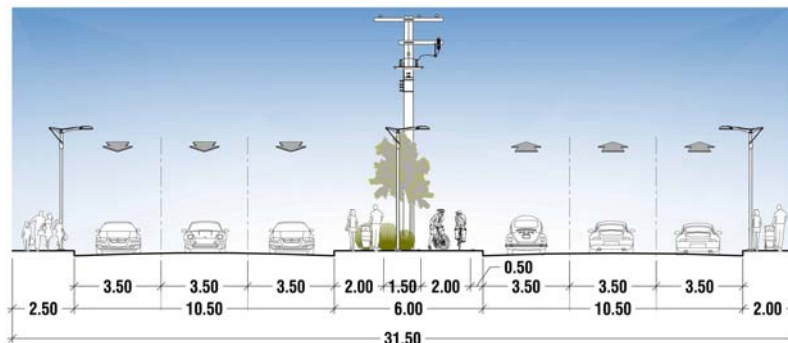
Fuente: Elaboración propia

Figura 1.50 Planta del corredor – parque lineal Calle 15



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.51 Sección de corredor – parque lineal Calle 15



Fuente: Elaboración propia

Ver anexo 1.16

- **Corredor Calle Portillo.** Este corredor permite conectar al Corredor de la Calle 15ª en su extremo poniente en el sentido norte-sur para comunicar a dicho corredor con los equipamientos de la Ciudad Deportiva Sur. Este corredor funciona de manera paralela al de la Av. Nueva España, sin embargo éste conserva y da preferencia a la movilidad no motorizada en tanto el de la Nueva España da preferencia a flujos motorizados.
- **Corredor Arnulfo González.** Al igual que el Corredor Portillo, este corredor conecta al de la Calle 15ª en su extremo oriente en el sentido norte-sur, conectando al corredor mencionado con la Av. Fuentes Mares y con los equipamientos de la Colonia Avalos (Mercado Avalos).

Con estos dos corredores se consolida un eje que recorre 7.10km y que da preferencia a alternativas de movilidad motorizada, a la vez de que permitirá detonar los usos de suelo de su trayecto y en consecuencia detonar su desarrollo.

Corredores Urbanos del Sistema de Movilidad No Motorizado.

Los corredores propuestos son clasificados como corredores urbanos no motorizados y todos cuentan con estrategias que promueven una movilidad alternativa. Aquellos corredores que por sus condiciones lo permiten y forman parte integral del sistema de transporte público cuentan con ejes de ciclorutas que permiten a la vez funcionar de manera intrazonal, comunicar con dicho sistema. En la totalidad de los corredores se establecen criterios de rescate y/o regeneración de los espacios existentes dedicados al peatón.

Los principales espacios públicos que se proponen son aquellos que permiten rescatar espacios que hasta ahora no cuentan con ningún aprovechamiento,

principalmente los que corresponden a derechos de vía de ferrocarriles y derechos de vía de arroyos.

Tabla 1.44 Corredores Urbano del S.M.N.M

CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO	LARGO PLAZO
2007 - 2011	2011 - 2016	2017 - 2026
Nicolás Gogol-Victor Hugo	Parque CH-P	Los Arcos
Venceremos	Juan Pablo II	Victor Hugo
Córdova	Hidroeléctrica Chicoacen	Las Industrias
José Martí	Venceremos	Carbonel
Izalco-Acacias	23 de Noviembre	Pacheco
Pimentel-Ortiz de Campos	Vicente Güereca	Calle 24a-María Luisa
P. Orozco	P. Orozco Norte	Calle 16a-Calle 3a
Palomar-Ocampo	El Mimbres	Calle 80a
Gómez Morín	Cipres-Américas	Tamborel
20 de Noviembre	Ortiz Mena	Imperio
Calle 58a	La Cantera	Guillermo Luján
Calle 27a	Hidalgo	Sacramento
Nueva España	Díaz Ordaz	Washington-Mirador-Juventud-Politécnico
Palestina		Calle 46a-M.Guaspe
Camino Real		Fuentes Mares-Juan Pablo II
ZONA NORTE	ZONA CENTRO	ZONA SUR

Fuente: Elaboración propia

1.8.4 Evaluación de alternativas de sistema no motorizado

Para evaluar las alternativas y propuestas que corresponden al Sistema de Movilidad No Motorizada se debe recurrir a los resultados del diagnóstico del PSMUS en el que se determina que el número de viajes peatonales diarios son superiores a los realizados en transporte público y los segundos en intensidad después de los realizados en vehículos privados.

Estos viajes representan una quinta parte del total de los viajes realizados (21% = 427,000 viajes diarios). Aunque el número no nos pueda resultar representativo es indicativo de que es un sector que tiene que ser atendido en virtud de que existen y

de que es uno de los objetivos del PSMUS el promover el incremento de éstos viajes en consecuencia de la sustentabilidad que representan y los efectos que pueden incidir en la calidad de vida de los chihuahuenses.

Al día de hoy, la ciudad no cuenta con ningún tipo de estructuras como las que en este estudio se proponen. La ciudad cuenta con estructuras tradicionales que han venido favoreciendo a los vehículos motorizados por sobre el peatón. Paralelamente la escala humana de los ciudadanos ha sido rebasada por la misma estructura vial y la todavía preponderante ausencia de espacios públicos de calidad. Por lo anterior resulta simple el suponer que las propuestas presentadas resultan una “mejor opción” a las alternativas con las que contamos, sin embargo es fundamental validar dichas propuestas en los siguientes términos:

- ✓ *Población beneficiada.* Cuántas personas resultaran beneficiadas del hecho de implementación de las propuestas, ya sea de manera directa o indirecta.
- ✓ *Impacto urbano.* Qué efectos se generarán en consecuencia de la implementación de las propuestas a lo largo de los corredores que las contendrán. Cómo afectaran o beneficiaran los usos de suelo contiguos. Cómo afectarán o modificarán las capacidades y los volúmenes de tráfico a lo largo de las vialidades en las que se construirán. Cómo transformarán la imagen urbana de nuestra ciudad.
- ✓ *Impacto social.* Qué efectos tendrán sobre las personas que realizan sus actividades a lo largo de éstos ejes, de quienes las utilizan, de quienes no las utilizan. Cómo se promoverá el arraigo y el uso de éstas en la población.
- ✓ *Impacto económico.* Cómo reaccionarán los comercios, las actividades y la dinámica de usos de suelo a lo largo de éstos corredores. Beneficiarán o perjudicarán a quienes colindan con ellas? ¿Cuánto costarán? ¿Será redituable la inversión en éste tipo de proyectos?

Cuantificar los beneficios o dar respuesta específica a los planteamientos anteriores resulta complicado sobretodo ante la ausencia de modelos locales o indicadores con los que los podamos comparar.

- La población beneficiada directamente puede ser determinada de manera precisa en consecuencia de levantamientos en sitio, AGEB, censos, etc. Sin embargo es preciso recordar que el sistema propuesto es escalable y su implementación se programa en un escenario de tiempo de 20 años. La población variará, los usos de suelo se modificarán, las dinámicas urbanas se transformarán.

Consideramos de inicio un error el asumir que con la implementación de las propuestas del Sistema de Movilidad No Motorizado (SMNM) resultará población afectada. Es una realidad que las propuestas superan a la oferta de espacios y ejes de movilidad no motorizada con la que ahora contamos, por lo que es de predecir que la población en su generalidad resultará beneficiada con la implementación de las propuestas del SMNM.

- El impacto urbano y social será intenso. Modificará los estilos de vida de los ciudadanos independientemente de que utilicen o no este medio alternativo de movilidad. Impactará la manera en la que conducimos nuestros vehículos, determinará inclusive nuevas reglas de tránsito y de respecto al peatón. Modificará los paramentos de nuestras calles y veremos que las calles de la ciudad aparentemente se reducirán, sin embargo seguirán funcionando inclusive con mayor eficiencia a la que funcionan hoy en día.

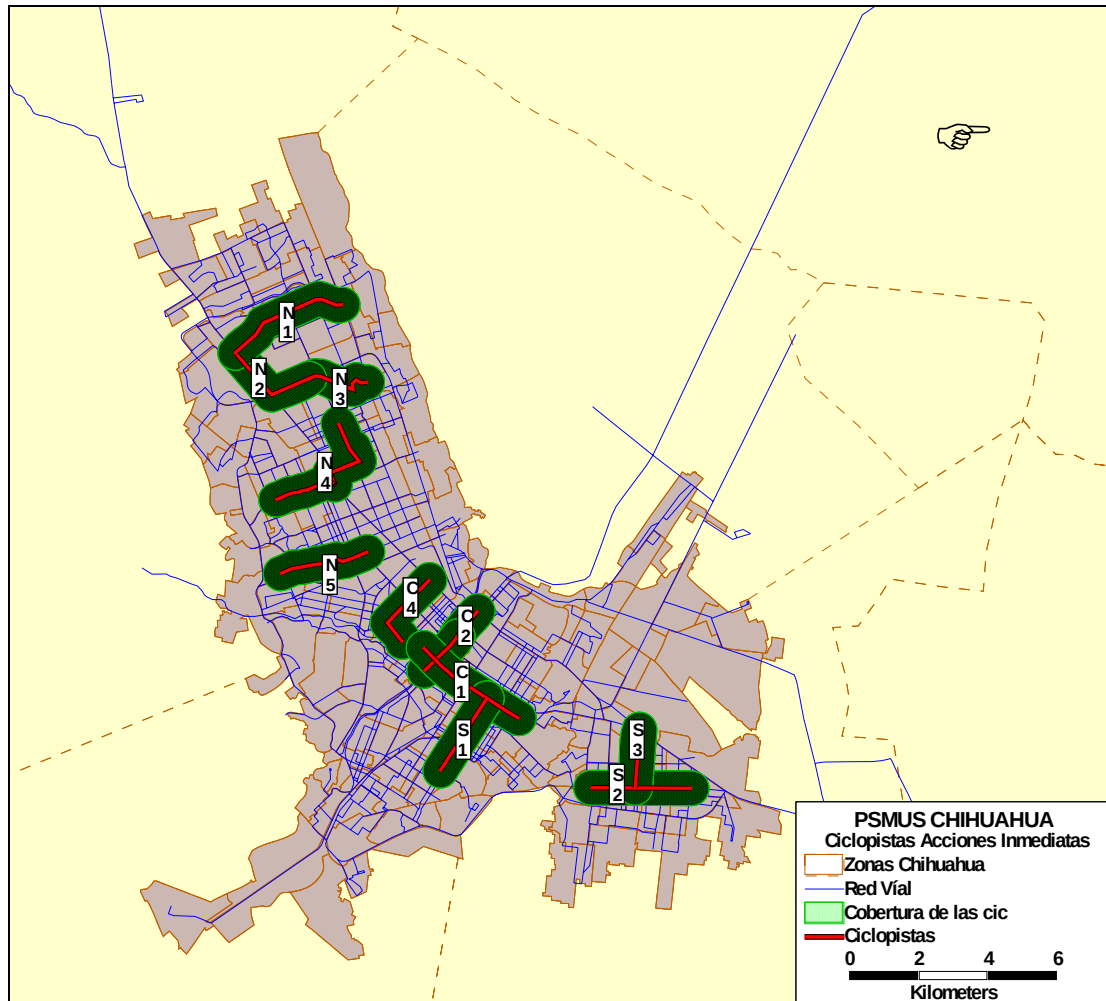
Será determinante el impacto que estas propuestas ejerzan durante los procesos constructivos que implique su implementación. Se deberá correr un proceso de aprendizaje y nuevas culturas urbanas que nos permitan entender el propósito del SMNM. Serán objeto de polémicas sociales y políticas, de aprobación y reprobación, sin embargo lo anterior es natural en todo proceso de cambio y representan solamente un proceso más en el trabajo y el esfuerzo que se debe tener asumido cuando se tiene por objeto el cambiar los estilos de vida de una ciudad que pretende ser sustentable y pretende ofrecer mejores condiciones de vida para sus ciudadanos.

- El impacto económico que las propuestas representarán para su implementación consideramos no es representativo en relación a los efectos que generará una vez que sean implantados. Sin embargo estos efectos consecuentes se verán reflejados en un escenario de tiempo mediano o largo. Se reflejará en la transformación de los usos de suelo y el incremento del valor del mismo y se reflejará también en beneficios intangibles como lo son el bienestar social y la seguridad pública.

Son evidentes los beneficios que en la calidad de vida se tendrán si se construyen sistemas de transporte alternos a los que tradicionalmente se han tenido. Disminución de accidentes, disminución de contaminación, mejoras en la salud, entornos urbanos más agradables, ahorros económicos, son algunos de estos beneficios. Sin embargo, es necesario soportar de alguna manera las propuestas que se hacen y para ellos se presenta el siguiente ejercicio en el cual se cuantifica la población directamente beneficiada por vivir en el área de influencia de los proyectos de ciclorutas que se están planteando.

La Figura 1.52 y la Tabla 1.45 muestran la población que se considera directamente beneficiada por vivir en un área de influencia de 500 m de los ejes planteados para construir ciclovías en el plazo inmediato. Esta se considera como la demanda potencial del sistema, al tener por proximidad las mayores posibilidades de acceder.

Figura 1.52 Área de influencia de los corredores de ciclovías



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.45 Población directamente beneficiada por los proyectos no motorizados

ZONA	TRAMO	CORREDOR	Población en el área de influencia
N	1	Dostoievsky - Leon Tolstoi - Miguel de Cervantes	38,063
N	2	Paseos de la Universidad - Homero	8,369
N	3	Homero - La Posta	8,618
N	4	Juan Escutia - Cordova - Villa - Barragan - Montaña	48,717
N	5	Aguilas - Nogal - Fresno	23,064
C	1	Cuarta	18,579
C	2	Libertad	5,820
C	3	Juarez	6,597
C	4	Division del Norte	10,271
S	1	Samaniego - C58	24,727
S	2	15a	27,151
S	3	Francisco Portillo	11,961

Fuente: Elaboración propia

Conclusión de la Evaluación urbana de las propuestas del SMNM. Las propuestas generadas y evaluadas anteriormente son parte de un sistema integral de movilidad que pretende generar un cambio modal en la ciudad de Chihuahua. Este cambio modal busca esencialmente mejorar y efficientar en todo sentido (económico, social, ambiental, urbano) el estilo de vida de los chihuahuenses.

El proceso de implantación y aceptación de un cambio modal de movilidad seguramente se desarrollará en un escenario de largo plazo y resultara seguramente en extremo complicado llevarlo a cabo en su integridad. Es de suponer y esperar que las propuestas vertidas por el PSMUS se verán modificadas en cuanto a su forma y a su función sin embargo son propuestas que encierran conceptos y criterios definitivos que persiguen el objetivo esencial del PSMUS y el concepto de visión de ciudad que se ha generado en conjunto con el Gobierno Municipal y el IMPLAN.

1.9 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

1.9.1 Metodología

La metodología propuesta se basa en el análisis Beneficio – Costo, avalada por instituciones de la Banca de Desarrollo como el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C. (BANOBRAS), cuyo fundamento radica en la comparación de costos causados por el proyecto contra los beneficios directos e indirectos que genera el mismo, de forma tal que se logre determinar la viabilidad de un proyecto o grupo de proyectos por su generación de riqueza positiva para la sociedad y por la determinación de un momento óptimo para iniciar la inversión, el cual se debe ubicar dentro del horizonte de evaluación del proyecto.

Al evaluar el proyecto de una nueva ruta, los principales beneficios que se obtienen, surgen de comparar las situaciones con y sin proyecto para el tránsito que se desvíe de cada uno de los tramos actuales a los nuevos a construir; pero además de los beneficios directos, se deben considerar los beneficios indirectos que se tendrían por efectos de una disminución en el volumen vehicular que circularía por los tramos actuales, además de otros beneficios indirectos que se logren en tramos colindantes.

Este último tipo de beneficios proveniente de tramos colindantes implica una serie muy amplia de posibles combinaciones entre orígenes y destinos, las cuales para ser estimadas de una forma adecuada deben aplicarse modelos de análisis de redes como el EMME/2.

1.9.2 Costos del proyecto

Los costos de ejecución del proyecto más significativos son los costos de construcción de las obras, la conservación, el mantenimiento, su operación y administración.

1.9.2.1 Costos de inversión de los proyectos

Se refieren a los costos antes de cualquier impuesto o transferencia de todos los materiales, maquinaria y mano de obra requeridos para llevar a cabo la construcción de los proyectos previstos en el estudio.

Para la estimación de los costos de inversión correspondientes a los proyectos bajo estudio se hizo una programación de los proyectos a los largo del tiempo para el

inmediato (2007-2008), corto (2009-2011), mediano (2012-2016) y largo (2017-2026) plazo.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de estas inversiones, anotando que en el informe de propuesta de implementación se mostrará el detalle de cada uno de ellos.

Tabla 1.46 Costos anuales de inversión en proyectos de infraestructura

Año	Costo (mdp)
2006	\$ -
2007	\$ 180.17
2008	\$ 142.58
2009	\$ 462.17
2010	\$ 588.10
2011	\$ 618.62
2012	\$ 1,169.81
2013	\$ 520.73
2014	\$ 604.66
2015	\$ 569.14
2016	\$ 1,199.32
2017	\$ 284.50
2018	\$ 284.50
2019	\$ 235.71
2020	\$ 235.71
2021	\$ 249.56
2022	\$ 249.56
2023	\$ 255.41
2024	\$ 255.41
2025	\$ 268.55
2026	\$ 268.55

Fuente: Elaboración propia

1.9.2.2 Costos de mantenimiento, operación y conservación

Se refieren a los costos de administrar el proyecto y proporcionarle un servicio de mantenimiento mayor y menor adecuado a los niveles de tráfico previstos durante la vida útil del mismo.

De la misma manera que para los costos de inversión se hizo un estimado de los costos de mantenimiento, los cuales se muestran a continuación.

Tabla 1.47 Costos anuales de mantenimiento

Año	Costo (mdp)
2007	\$ 45.88
2008	\$ 50.92
2009	\$ 37.73
2010	\$ 68.22
2011	\$ 68.22
2012	\$ 68.22
2013	\$ 68.22
2014	\$ 68.22
2015	\$ 68.22
2016	\$ 68.22
2017	\$ 68.22
2018	\$ 68.22
2019	\$ 68.22
2020	\$ 68.22
2021	\$ 68.22
2022	\$ 68.22
2023	\$ 68.22
2024	\$ 68.22
2025	\$ 68.22
2026	\$ 68.22

Fuente: Elaboración propia

1.9.2.3 Beneficios netos del proyecto

En este tipo de proyectos, los principales beneficios que se identifican por la construcción de una nueva ruta en cada uno de sus tramos son: ahorro en los costos de operación de los vehículos que usan las vías en estudio y las sustitutas, y ahorro en el tiempo de viaje. Estos ahorros o cambios se obtienen de comparar las situaciones con y sin proyecto.

Ahorros en costos de operación

Para la estimación de los beneficios por este concepto, se requiere conocer los costos de operación de cada uno de los vehículos tipo en la situación con y sin proyecto, los cuales están en función de la velocidad a la que se transita, del estado de la carpeta de rodadura (IRI), de las características geométricas de la carretera, las especificaciones técnicas y de los rendimientos de cada vehículo tipo.

Para calcular los costos de operación (combustible, lubricantes, llantas, depreciación y mantenimiento de los vehículos), se empleó el modelo computacional HDM-VOC (Highway Design and Standard Model - Vehicle Operating Costs) versión 4.0 adaptada a México y se actualizaron los costos de los insumos que son

utilizados por los vehículos, así como el precio de venta de los últimos antes de cualquier impuesto. Este último procedimiento se realiza aplicando como factor de actualización el más reciente Índice Nacional de Precios al Consumidor publicado por Banco de México.

Para la determinación de costos de operación, el modelo computacional toma como datos las características de las vías (superficie, altitud del terreno, índice de rugosidad, pendiente, curvatura, etc.), características del vehículo (peso, carga útil, potencia, velocidad calibrada del motor, combustible, etc.), características de los neumáticos (llantas por vehículo, costo de renovación, desgaste, etc.), datos sobre utilización del vehículo, costos unitarios y coeficientes adicionales (refacciones, mantenimiento, velocidad deseada, etc.).

El modelo entrega los costos de operación por tipo de vehículo por cada 1,000 kilómetros recorridos, desglosados para cada uno de sus componentes, así como la suma de los costos de operación en conjunto.

Para la cuantificación de los ahorros por costos de operación se considera el volumen de vehículos diario y la longitud del tramo en kilómetros, ambos se multiplican por la diferencia de los costos de operación en cada situación, (con y sin proyecto), misma que resulta ser el beneficio por ahorro en costos por día; para obtener el ahorro anual se multiplica por los 365 días del año. Este cálculo se realiza para los años del horizonte de planeación y para cada tipo de vehículo.

$$\text{Ahorro costos de operación} = \text{Costo}_{\text{op}} (s/a) \times \text{veh}(\text{red actual}) - \text{Costo}_{\text{op}} (s/p) \times \text{veh}(\text{red proyecto})$$

veh: Vehículos por año por kilómetro (automóviles, camiones unitarios y camiones articulados)

Donde:

Costo_{op} (s/a): Costo de Operación Vehicular Veh./Km. en situación actual

Costo_{op} (s/p): Costo de Operación Vehicular Veh./Km. en situación con proyecto

A continuación se presentan los costos de operación utilizados por tipo de vehículo y por rango de velocidad.

Ahorros en tiempos de viaje

Para la estimación de los beneficios por este concepto, se requiere como primer insumo fundamental conocer las velocidades a las que transitan los usuarios, y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto.

La información correspondiente a la situación sin proyecto (actual) por tipo de vehículo se propone obtenerla a través de las condiciones actuales de la red de influencia del proyecto evaluado. Las velocidades para el proyecto serán determinadas de acuerdo a las características establecidas por cliente para el proyecto. Dichas velocidades serán incorporadas al modelo de asignación empleado para determinar los tiempos totales por tipo de vehículo en ambas situaciones.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo. Para determinar el valor del tiempo de los viajes con motivos laborales se tomó como punto de partida la metodología de SEDESOL propuesta en su manual normativo para el programa de asistencia técnica en transporte urbano para ciudades medias mexicanas². Para el resto de los motivos de viaje (educación, recreación, etc.) se tomó como guía el documento del Banco Mundial *The Value of Time In Economic Evaluation of Transport Projects*³ para determinar el valor del tiempo de estos traslados no laborales en función del ingreso familiar obtenido a través de las encuestas a hogares realizadas por el grupo consultor.

Para calcular los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje, se considera el volumen de vehículos diario, el número de pasajeros promedio por vehículo y el valor del tiempo. El producto de estos, se multiplica por la diferencia de los tiempos de recorrido en cada situación (con y sin proyecto). Para estimar la tasa de ocupación (TOC) de los proyectos bajo estudio se propone considerar la TOC observada las encuestas de patrones de viajes realizadas por el grupo consultor. Finalmente para obtener el ahorro anual se multiplica por los 365 días del año y de esta forma se obtiene el ahorro para los años horizonte por tipo de vehículo. Para los vehículos de carga no se incluye la tasa de ocupación, debido que los conductores se consideran dentro del costo de operación, por desempeñar una actividad productiva.

$$\text{Ahorros de tiempo de viaje} = (\text{tiempo}(s/a) - \text{tiempo}(s/p)) \times VT \times veh \times TOC$$

Donde:

veh : Los vehículos por año por tipo de vehículo

² Tomo VII: Manual de Evaluación Socioeconómica.

³ <http://www.worldbank.org/transport/publicat/td-ot5.htm>

$Tiempo(s/a)$: Tiempo de recorrido por tipo de vehículo en situación Actual

$Tiempo(s/p)$: Tiempo de recorrido por tipo de vehículo en situación Con Proyecto

VT : Valor del tiempo (\$/Hr)

TOC : Tasa de ocupación

1.9.3 Indicadores de rentabilidad

VAN: El valor actual neto (VAN), es el resultado de la suma de los flujos de un proyecto convertidos éstos a un valor constante mediante un factor de actualización o tasa de descuento. El valor de esta tasa de descuento generalmente depende del rendimiento ofrecido por la mejor inversión alternativa al proyecto que se desea realizar (i.e. CETES).

Criterio de Decisión:

Si el $VAN > 0$, el proyecto es rentable y se recomienda efectuarlo

Si el $VAN < 0$, el proyecto no se debe efectuar

Si el $VAN = 0$, el proyecto es viable en primera instancia, pero la decisión se debe reforzar con otros elementos de análisis.

$$VAN = \sum \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:

Y = Es el flujo de beneficios del proyecto

E = Flujo de costos

I = Inversión inicial

i = Tasa social de descuento

TIR: La tasa interna de retorno (TIR), es el factor de actualización o tasa de descuento mediante la cual se iguala el VAN de los flujos generados por el proyecto con la inversión inicial del mismo. Es decir, la TIR es aquella tasa de descuento que iguala el VAN del proyecto a cero. Una TIR mayor a la tasa de descuento del

proyecto indica que éste ofrece una rentabilidad mayor a la mínima exigida por la sociedad a través de la tasa social de descuento seleccionada.

Criterio de Decisión:

Si la $TIR \geq$ Tasa Social de Descuento, el proyecto es viable y se recomienda efectuarlo

Si la $TIR <$ Tasa de Descuento, el proyecto no es viable

$$VAN = I_0 - \sum_t \frac{Flujos_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Donde:

VAN = Valor actual neto

I_0 = Inversión inicial

$Flujos_t$ = Flujos del proyecto (ingresos menos egresos).

TIR = Tasa interna de retorno

B/C: Como su nombre lo indica, la razón beneficio – costo (B/C) permite comparar la magnitud de todos los flujos positivos generados por el proyecto traídos a VAN en relación con todos sus flujos negativos también estimados en VAN.

Criterio de Decisión:

Si el cociente $B/C \geq 1$, el proyecto es viable.

Si el cociente $B/C < 1$, el proyecto no es viable.

$$B/C = \left| \frac{\sum_t Flujos\ positivos_t / (1 + i)^t}{\sum_t Flujos\ negativos_t / (1 + i)^t} \right| = \left| \frac{VPN(Ingresos)}{VPN(Egresos)} \right|$$

TIRI: La tasa interna de retorno inmediata (TIRI), se utiliza fundamentalmente para determinar cual es el momento óptimo para realizar la inversión, esto es, a partir de que año la TIRI que se obtenga es mayor a la tasa de descuento empleada como factor de actualización.

Criterio de Decisión:

Si la $TIRI <$ Tasa Social de descuento, el proyecto debe posponerse

Si la $TIRI \geq$ Tasa Social de descuento, el proyecto debe iniciarse

$$TIRI = \frac{Flujo_t}{VF(I_t)}$$

$Flujo_t$: Beneficios menos costos del año t

$VF(I_t)$: Valor futuro de la inversión devengada en el año t

Si la tasa obtenida es menor que la tasa de descuento, el proyecto debe posponerse hasta el año en que la suma de beneficios menos los costos de ese año (flujo neto del año) entre el valor futuro de la inversión sea mayor a la tasa de descuento propuesta.

Con excepción del VAN, los demás indicadores sólo sirven como un refuerzo para el análisis, de modo que si el VAN indica no-viabilidad, el resto de los indicadores no tendrán una adecuada interpretación económica. Por el contrario, cuando los proyectos son rentables es más fácil de interpretar la viabilidad del proyecto desde diferentes perspectivas y esa es la facilidad que brindan estos indicadores.

1.9.4 Situación con y sin proyectos

En la Tabla 1.48 se presentan la situación de los costos de operación vehicular (COP) y de tiempo de viaje con y sin el impacto de los proyectos evaluados por el grupo consultor. La comparación de las situaciones con y sin proyecto se comienza en 2008 ya que se considera que las inversiones y trabajos de mantenimiento realizados en el presente año van a empezar a reeditar en ahorros en COP y en tiempo de viaje a los usuarios de transporte público y privado a partir del año siguiente.

De la comparación entre situaciones destaca los ahorros en COP los cuáles en promedio a lo largo del horizonte de análisis representan alrededor del 20% de los COP del escenario sin proyectos. Por su parte los ahorros en tiempo de viaje sólo llegan a representar el 2% de las horas de recorrido necesarias en la situación sin

proyectos. De este análisis preeliminar se puede observar que los ahorros en COP son el componente principal de los beneficios potenciales generados por los proyectos evaluados en esta sección.

Tabla 1.48 COP y Tiempo de viaje en situación con y sin proyecto

Año	Costos de operación vehicular (\$)			Tiempo de viaje (horas)		
	Sin proyecto	Con proyecto	Ahorro	Sin proyecto	Con proyecto	Ahorro
2007						
2008	2,881,340,256	2,362,197,152	519,143,104	48,448,433	48,201,425	247,008
2009	2,999,519,060	2,451,756,519	547,762,540	49,702,758	49,283,524	419,234
2010	3,122,544,993	2,544,711,403	577,833,590	50,989,557	50,389,916	599,641
2011	3,250,616,862	2,641,190,541	609,426,321	52,309,671	51,521,146	788,526
2012	3,378,688,731	2,737,669,678	641,019,053	53,629,786	52,652,375	77,411
2013	3,511,806,535	2,837,673,068	674,133,467	54,983,216	53,808,443	1,174,772
2014	3,650,169,082	2,941,329,448	708,839,634	56,370,801	54,989,894	1,380,907
2015	3,793,983,009	3,048,772,255	745,210,753	57,793,404	56,197,286	1,596,118
2016	3,943,463,097	3,160,139,804	783,323,293	59,251,909	57,431,188	1,820,721
2017	4,089,447,134	3,269,542,224	819,904,910	60,607,341	58,887,295	1,720,047
2018	4,240,835,391	3,382,732,100	858,103,290	61,993,780	60,380,319	1,613,460
2019	4,397,827,927	3,499,840,552	897,987,375	63,411,934	61,911,198	1,500,736
2020	4,560,632,208	3,621,003,238	939,628,971	64,862,530	63,480,891	1,381,639
2021	4,729,463,382	3,746,360,514	983,102,868	66,346,309	65,090,381	1,255,928
2022	4,904,544,559	3,876,057,595	1,028,486,964	67,864,030	66,740,678	1,123,352
2023	5,086,107,109	4,010,244,722	1,075,862,387	69,416,471	68,432,817	983,654
2024	5,274,390,968	4,149,077,339	1,125,313,630	71,004,425	70,167,859	836,567
2025	5,469,644,954	4,292,716,269	1,176,928,685	72,628,705	71,946,890	681,815
2026	5,672,127,096	4,441,327,906	1,230,799,190	74,290,141	73,771,027	519,114

Fuente: Elaboración propia.

1.9.5 Costos Económicos

Antes de proceder en forma con la evaluación socioeconómica de los proyectos considerados es necesario convertir los costos de inversión y mantenimiento a precios de mercado a económicos. Lo anterior implica restarle a dichas erogaciones cualquier transferencia imputada a su valor final. Las transferencias son transacciones entre agentes económicos (i.e. entre el Estado y sus contribuyentes; entre las empresas y las familias) que no consumen ni generan riqueza para la sociedad. En esta categoría caerían conceptos tales como impuestos, salarios,

subsidios y otros factores que impactan la valoración real de los insumos empleados por el proyecto.

Además de eliminar el efecto de las transferencias es necesario considerar el costo de oportunidad de comprometer recursos escasos sociales en el desarrollo de los proyectos considerados. Por ejemplo el salario percibido por un trabajador involucrado en alguno de los proyecto es una transferencia para fines de la evaluación socioeconómica. Sin embargo, el recurso escaso en este caso sería la mano de obra aportada por el asalariado al proyecto, la cual deja de estar disponible para desempeñarse en usos alternativos de generación de bienestar social⁴.

Con el fin de considerar alguno de los aspectos mencionados anteriormente el manual de evaluación socioeconómica para proyectos de transporte público de SEDESOL recomienda emplear un factor de 0.87 para convertir los costos de inversión y mantenimiento de los proyectos de infraestructura en costos económicos. En la Tabla 1.49 se presenta dicha conversión.

Tabla 1.49 Conversión de costos a precios de mercado a económicos (pesos)

Año	Costos precios de mercado		Costos Económicos	
	Inversión ¹	Mantenimiento	Inversión	Mantenimiento
2007	226,043,644		196,657,970	
2008	142,576,464	50,923,292	124,041,524	44,303,264
2009	462,172,366	37,734,826	402,089,958	32,829,299
2010	588,103,877	68,220,911	511,650,373	59,352,193
2011	618,620,401	68,220,911	538,199,749	59,352,193
2012	1,169,806,610	68,220,911	1,017,731,751	59,352,193
2013	520,728,852	68,220,911	453,034,101	59,352,193
2014	604,664,550	68,220,911	526,058,159	59,352,193
2015	569,144,386	68,220,911	495,155,616	59,352,193
2016	1,199,317,990	68,220,911	1,043,406,651	59,352,193
2017	284,501,124	68,220,911	247,515,978	59,352,193
2018	284,501,124	68,220,911	247,515,978	59,352,193
2019	235,705,919	68,220,911	205,064,149	59,352,193
2020	235,705,919	68,220,911	205,064,149	59,352,193
2021	249,558,833	68,220,911	217,116,184	59,352,193

⁴ No obstante, si se considera que el recurso a ser empleado por el proyecto no está siendo plenamente aprovechado por la sociedad (en el caso de la mano de obra si existe desempleo extendido) se puede considerar como un beneficio adicional de éste que se vaya a usar este recurso subutilizado en la actualidad.

2022	249,558,833	68,220,911	217,116,184	59,352,193
2023	255,409,932	68,220,911	222,206,641	59,352,193
2024	255,409,932	68,220,911	222,206,641	59,352,193
2025	268,545,443	68,220,911	233,634,535	59,352,193
2026	268,545,443	68,220,911	233,634,535	59,352,193
Valor Residual			1,511,820,166	

Fuente: Elaboración propia.

En La Tabla 1.49 también se presenta el valor residual de las inversiones realizadas para implementar los proyectos contemplados dentro del PSMUS. Este valor residual es un teórico valor de recuperación considerado al final del horizonte de evaluación, éste se puede interpretar como algo similar al valor de rescate de un activo fijo al concluir su vida útil. Siguiendo con las directrices marcadas por el manual de SEDESOL se ha usado el 20% de la suma total de los montos de inversión presentados en la Tabla 1.49 para obtener el valor residual agregado de los proyectos a evaluar.

1.9.6 Determinación del valor monetario de los ahorros de tiempo

Cómo se pudo apreciar en los apartados anteriores los modelos de simulación empleados por el grupo de consultor proporcionan directamente los ahorros monetarios en COP. No obstante, sólo brindan los ahorros en horas para los tiempos de recorridos de las situaciones con y sin proyectos. Debido a lo anterior es necesario determinar un factor de conversión para expresar dichos ahorros de tiempo de viaje en valores pecuniarios.

El primer paso para conseguir el punto anterior es separar los ahorros de tiempo de acuerdo al modo de transporte empleado ya sea vehículo particular o transporte público. El grupo consultor empleó la siguiente distribución porcentual a lo largo del horizonte de evaluación para conseguir la desagregación buscada.

Tabla 1.50: Porcentaje de ahorros por modo de transporte

Periodo:	2008 - 2011	2012 - 2016	2017 - 2026
Vehículos particulares:	63%	69%	81%
Transporte público:	37%	31%	19%

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los usuarios de vehículos particular es necesario distinguir entre los conductores y los pasajeros de los mismos. Para tal fin el grupo consultor utilizó los resultados de las encuestas realizadas en los hogares de Chihuahua para conocer los patrones de viaje de la ciudad. En la Tabla 1.51 se presenta la estructura

porcentual encontrada a través de dichas encuestas. Estos porcentajes son empleados para desagregar a los ahorros de tiempo de los usuarios de vehículos particulares.

Tabla 1.51 Estructura porcentual de los usuarios de vehículos particulares

Usuario	Porcentaje
Conductores	77%
Pasajeros	23%

Fuente: Elaboración propia.

Por último para expresar los ahorros de tiempo de viaje en su equivalencia monetaria es encontrar un factor de conversión (i.e. pesos por hora) para cada usuario considerado. Como se mencionó anteriormente el grupo consultor uso para determinar el valor pecuniario del tiempo la metodología recomendada en el manual de SEDESOL para los viajes con motivos laborales mientras que para el resto se emplearon los lineamientos sugeridos por el Banco Mundial. El resultado por tipo de usuario de aplicar tales procedimientos se presenta en la Tabla 1.52.

Tabla 1.52 Valor del tiempo por tipo de usuario (\$/hora)

Usuario	Valor del tiempo
Conductores vehículos particulares	21.3
Pasajeros vehículos particulares	16.4
Pasajeros de transporte público	9.8

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente a partir de la combinación de los factores anteriormente descritos se obtienen el valor monetario de los ahorros de tiempo de viaje. La desagregación definitiva de dichos ahorros por modo de transporte (horas) y por tipo de usuario (pesos) se presenta a continuación en la Tabla 1.53.

Tabla 1.53 Determinación del valor monetario de los ahorros de tiempo de viaje

Año	Horas (por modo de transporte)		Pesos (por tipo de usuario)		
	Vehículos particulares (VP)	Transporte Público (TP)	Conductor VP	Pasajero VP	Pasajero TP
2007					
2008	154,627	92,381	\$2,534,114	\$583,878	\$905,338
2009	262,440	156,793	\$4,301,021	\$990,986	\$1,536,583
2010	375,375	224,266	\$6,151,865	\$1,417,434	\$2,197,816
2011	493,617	294,909	\$8,089,679	\$1,863,921	\$2,890,120
2012	611,859	365,552	\$10,027,493	\$2,310,407	\$3,582,424
2013	812,943	361,830	\$13,322,963	\$3,069,707	\$3,545,951
2014	955,588	425,319	\$15,660,710	\$3,608,341	\$4,168,150
2015	1,104,514	491,604	\$18,101,400	\$4,170,693	\$4,817,748
2016	1,259,939	560,782	\$20,648,596	\$4,757,586	\$5,495,693
2017	1,398,398	321,649	\$22,917,736	\$5,280,412	\$3,152,173
2018	1,311,743	301,717	\$21,497,592	\$4,953,200	\$2,956,842
2019	1,220,098	280,638	\$19,995,662	\$4,607,145	\$2,750,262
2020	1,123,273	258,367	\$18,408,827	\$4,241,527	\$2,532,004
2021	1,021,069	234,858	\$16,733,862	\$3,855,603	\$2,301,625
2022	913,285	210,067	\$14,967,436	\$3,448,605	\$2,058,665
2023	799,711	183,943	\$13,106,111	\$3,019,743	\$1,802,653
2024	680,129	156,438	\$11,146,334	\$2,568,196	\$1,533,100
2025	554,316	127,499	\$9,084,436	\$2,093,120	\$1,249,500
2026	422,040	97,074	\$6,916,629	\$1,593,641	\$951,334

Fuente: Elaboración propia.

1.9.7 Flujos nominales

Una vez establecidos los costos económicos de la inversión y los gastos en mantenimiento de los proyectos; el valor residual de los mismos; y la valoración monetaria de los ahorros en COP y tiempo de viaje se pueden determinar el flujo nominal para cada año contemplado dentro del horizonte de evaluación. Estos flujos sólo expresan el resultado de restar anualmente los costos a los beneficios esperados sin considerar para su cálculo ningún factor de descuento o actualización. En la Tabla 1.54 se muestran los flujos nominales para los proyectos a evaluar por el grupo consultor.

Tabla 1.54 Flujos nominales anuales de los proyectos considerados (pesos)

Año	Costos ¹		Ahorros		Flujos Nominales
	Inversión	Mantenimiento	COP	Tiempo de Viaje	
2007	196,657,970				-196,657,970.28
2008	124,041,524	44,303,264	519,143,104	4,023,330	354,821,646.58
2009	402,089,958	32,829,299	547,762,540	6,828,590	119,671,873.23
2010	511,650,373	59,352,193	577,833,590	9,767,116	16,598,140.15
2011	538,199,749	59,352,193	609,426,321	12,843,720	24,718,099.65
2012	1,017,731,751	59,352,193	641,019,053	15,920,323	- 420,144,566.92
2013	453,034,101	59,352,193	674,133,467	19,938,621	181,685,794.46
2014	526,058,159	59,352,193	708,839,634	23,437,200	146,866,483.37
2015	495,155,616	59,352,193	745,210,753	27,089,841	217,792,785.53
2016	1,043,406,651	59,352,193	783,323,293	30,901,874	- 288,533,677.43
2017	247,515,978	59,352,193	819,904,910	31,350,321	544,387,059.86
2018	247,515,978	59,352,193	858,103,290	29,407,634	580,642,753.95
2019	205,064,149	59,352,193	897,987,375	27,353,070	660,924,102.88
2020	205,064,149	59,352,193	939,628,971	25,182,358	700,394,986.68
2021	217,116,184	59,352,193	983,102,868	22,891,089	729,525,580.06
2022	217,116,184	59,352,193	1,028,486,964	20,474,707	772,493,294.23
2023	222,206,641	59,352,193	1,075,862,387	17,928,507	812,232,061.08
2024	222,206,641	59,352,193	1,125,313,630	15,247,630	859,002,426.21
2025	233,634,535	59,352,193	1,176,928,685	12,427,056	896,369,013.34
2026	233,634,535	59,352,193	1,230,799,190	9,461,604	947,274,065.70
Valor residual	1,511,820,165.59				1,511,820,166

1 Los costos de inversión y mantenimiento están expresados en su valor económico tras haberles aplicado el factor de conversión correspondiente.

Fuente: Elaboración propia.

1.9.8 Flujos descontados

Para obtener los flujos descontados anuales solo es necesario emplear un factor de actualización para traer los flujos nominales futuros a un valor presente. En este caso el grupo consultor utilizó una tasa social de descuento de 12% para construir dicho factor ya que se consideró que esta tasa reflejaba adecuadamente el costo de oportunidad de no invertir los recursos destinados a los proyectos propuestos en la mejor opción alternativa a los mismos, ya se que se considere una inversión libre de riesgo (ie. CETES) u otros proyectos de infraestructura pública. En la Tabla 1.55 se pueden apreciar estos flujos tras la aplicación del factor de actualización.

Tabla 1.55 Flujos descontados anuales de los proyectos considerados (pesos)

Año	Costos		Ahorros		Flujos Descontados ¹ (VAN)
	Inversión	Mantenimiento	COP	Tiempo de Viaje	
2007	-196,657,970				-196,657,970
2008	-110,751,360	-39,556,486	463,520,629	3,592,259	316,805,042
2009	-320,543,653	-26,171,316	436,672,944	5,443,710	95,401,685
2010	-364,182,629	-42,245,718	411,290,536	6,952,040	11,814,228
2011	-342,035,670	-37,719,391	387,301,445	8,162,416	15,708,799
2012	-577,488,327	-33,678,028	363,731,426	9,033,619	-238,401,311
2013	-229,521,175	-30,069,668	341,536,994	10,101,526	92,047,678
2014	-237,961,995	-26,847,918	320,643,052	10,601,799	66,434,939
2015	-199,985,049	-23,971,355	300,978,125	10,941,132	87,962,853
2016	-376,262,899	-21,402,996	282,474,232	11,143,525	-104,048,137
2017	-79,693,521	-19,109,818	263,987,437	10,093,964	175,278,064
2018	-71,154,929	-17,062,337	246,684,191	8,453,992	166,920,917
2019	-52,634,860	-15,234,230	230,490,993	7,020,852	169,642,756
2020	-46,995,410	-13,601,991	215,338,708	5,771,146	160,512,454
2021	-44,426,273	-12,144,635	201,162,325	4,683,970	149,275,387
2022	-39,666,315	-10,843,424	187,900,723	3,740,652	141,131,637
2023	-36,246,717	-9,681,628	175,496,461	2,924,528	132,492,644
2024	-32,363,140	-8,644,311	163,895,562	2,220,731	125,108,842
2025	-30,381,739	-7,718,135	153,047,324	1,616,009	116,563,459
2026	-27,126,553	-6,891,192	142,904,127	1,098,556	109,984,939
Valor residual	156,725,506				156,725,506

¹ Flujos actualizados empleando una tasa social de descuento de 12%.

Fuente: Elaboración propia.

Cómo se puede apreciar en la fórmula del VAN presentada en un apartado anterior, el factor de actualización va creciendo exponencialmente con el paso del tiempo⁵. Lo anterior se refleja en los flujos descontados individuales de costos y ahorros en que aquellos valores más alejados en el tiempo tienen un menor peso específico con respecto a los flujos más cercanos al año inicial. En la Tabla 1.55 lo anterior se

⁵ Esto se debe a que el factor de actualización se define como:

$$(1 + i)^t$$

Donde i es la tasa social de descuento y t es el año considerado ($t = 0 \dots\dots\dots N$). Al ir aumentando t el factor se incrementa a un ritmo acelerado.

aprecia perfectamente en la manera en que se va reduciendo el monto anual actualizado de los ahorros y costos mientras estos se van alejando del año cero de la evaluación, en este caso el 2007.

Por su parte, los flujos descontados de la última columna de la Tabla 1.55 reflejan las diferencias anuales de los costos y beneficios a valor presente y su comportamiento depende de la magnitud de los mismos, por lo cual éstos no siguen un patrón definido a lo largo del tiempo. Otra forma de interpretar estos flujos actualizados es viéndolos como el VAN evaluado en cada año considerado. La suma agregada de estos VAN anuales determinará la rentabilidad global de los proyectos evaluados.

1.9.9 Resultados de la evaluación socioeconómica

Una vez obtenidos los flujos descontados y nominales de los proyectos es posible determinar los indicadores de rentabilidad presentados en secciones anteriores. Los valores de éstos se muestran en la Tabla 1.56.

Tabla 1.56 Indicadores de rentabilidad

Indicador	Valor
VAN	\$1,750,704,409
TIR	106.11%
Razón B/C	4.25
TRI (Año 1)	103.06%

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó en el último apartado el VAN de la Tabla 1.56 es la suma de los flujos descontados anuales de la última columna de la Tabla 1.55. Por su parte la razón beneficio – costo (B/C) es el resultado en valor absoluto de dividir los flujos positivos descontados entre los negativos de la misma tabla. Ambos indicadores confirman la rentabilidad agregada de los proyectos evaluados. La TIR y TRI (está evaluada con el valor futuro de las inversiones al primer año del horizonte considerado) refuerzan lo encontrado por el VAN y la razón B/C al presentar un elevado retorno de los recursos comprometidos los proyectos evaluados. En ambos casos estas tasas son muy superiores a la tasa de descuento social empleada.

1.9.10 Análisis de sensibilidad

Con el fin de evaluar la consistencia de los resultados de la evaluación socioeconómica presentados anteriormente es necesario realizar un análisis de sensibilidad de éstos modificando los valores iniciales de sus componentes principales.

Las tablas presentadas en esta sección se pueden interpretar de la siguiente forma. El factor de sensibilidad de la primera columna determina en cuánto varía el elemento considerado. Un factor de sensibilidad igual a la unidad señala que se está partiendo del valor original del componente a modificar. Factores mayores a la unidad señalan que se está incrementando la magnitud de éste, mientras que factores menores a uno denotan una disminución en el valor del costo u ahorro evaluado. En la Tabla 1.57 se presenta el análisis de sensibilidad correspondiente a los costos de inversión.

Tabla 1.57 Análisis de sensibilidad de los costos de inversión

Factor de sensibilidad	VAN ¹	B/C	TIR	TRI
1.6	-204,908	0.9	11%	51%
1.5	121,027	1.1	13%	57%
1.4	446,963	1.3	16%	63%
1.3	772,898	1.7	21%	71%
1.2	1,098,833	2.2	29%	80%
1.1	1,424,769	3.0	54%	90%
1.0	1,750,704	4.2	106%	103%
0.9	2,076,640	5.9	150%	119%
0.8	2,402,575	8.8	196%	138%
0.7	2,728,511	14.5	248%	163%
0.6	3,054,446	25.4	314%	196%
0.5	3,380,382	35.4	402%	242%
0.4	3,706,317	48.1	531%	312%

1 Miles de pesos

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de sensibilidad de los costos de inversión anuales muestran que estos se podrían incrementar hasta 50% (i.e. factor de sensibilidad de 1.50) antes de comprometer la rentabilidad social de los proyectos evaluados. Por su parte los resultados presentados en la Tabla 1.58 demuestran que los indicadores de rentabilidad no se ven significativamente afectados por variaciones en el costo anual de mantenimiento asumido.

Tabla 1.58 Análisis de sensibilidad de los costos de mantenimiento

Factor de sensibilidad	VAN ¹	B/C	TIR	TRI
1.6	1,509,148	3.5	78%	95%
1.5	1,549,407	3.7	83%	97%
1.4	1,589,667	3.8	88%	98%

Factor de sensibilidad	VAN ¹	B/C	TIR	TRI
1.3	1,629,926	3.9	93%	99%
1.2	1,670,185	4.0	98%	100%
1.1	1,710,445	4.1	102%	102%
1.0	1,750,704	4.2	106%	103%
0.9	1,790,964	4.4	110%	104%
0.8	1,831,223	4.5	114%	106%
0.7	1,871,483	4.6	118%	107%
0.6	1,911,742	4.7	121%	108%
0.5	1,952,002	4.8	125%	109%
0.4	1,992,261	4.9	128%	111%

1 Miles de pesos

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al análisis de sensibilidad de los ahorros era evidente desde el comienzo de esta sección que los correspondientes a los COP iban a ser el principal componente de los beneficios generados por los proyectos y cualquier modificación en los mismos iba a tener un impacto significativo en la rentabilidad de los mismos.

Tabla 1.59 Análisis de sensibilidad de los ahorros en COP

Factor de sensibilidad	VAN ¹	B/C	TIR	TRI
1.6	4,924,139	23.7	309%	194%
1.5	4,395,233	18.4	279%	178%
1.4	3,866,327	14.4	249%	163%
1.3	3,337,422	10.7	218%	148%
1.2	2,808,516	7.9	185%	133%
1.1	2,279,610	5.8	149%	118%
1.0	1,750,704	4.2	106%	103%
0.9	1,221,799	2.9	45%	88%
0.8	692,893	1.9	23%	73%
0.7	163,987	1.2	14%	58%
0.6	-364,918	0.7	8%	43%
0.5	-893,824	0.4	3%	28%
0.4	-1,422,730	0.2	-	13%

1 Miles de pesos

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1.59 se puede apreciar como una reducción mayor a 30% (i.e. factor de sensibilidad de 0.7) en los ahorros de COP anuales eliminarían cualquier indicio de rentabilidad socioeconómica de los indicadores empleados. Esto refuerza la noción de que la generación de beneficios para la sociedad de la ejecución de los proyectos evaluados está muy ligada a que se concreten los ahorros de COP estimados.

Finalmente en la Tabla 1.60 se presenta el impacto de la variación en el monto de los ahorros de tiempo de viaje sobre la rentabilidad de los proyectos considerados. El contraste con el análisis de sensibilidad de los ahorros en COP es notorio ya que aún modificaciones considerables en los ahorros de tiempo son insuficientes para alterar de manera apreciable alguno de los indicadores presentados.

Tabla 1.60 Análisis de sensibilidad de los ahorros en tiempo de viaje

Factor de sensibilidad	VAN ¹	B/C	TIR	TRI
1.6	1,824,862	4.5	110%	104%
1.5	1,812,503	4.4	109%	104%
1.4	1,800,143	4.4	109%	104%
1.3	1,787,783	4.4	108%	103%
1.2	1,775,424	4.3	107%	103%
1.1	1,763,064	4.3	107%	103%
1.0	1,750,704	4.2	106%	103%
0.9	1,738,345	4.2	105%	103%
0.8	1,725,985	4.2	105%	103%
0.7	1,713,625	4.1	104%	103%
0.6	1,701,266	4.1	104%	103%
0.5	1,688,906	4.1	103%	102%
0.4	1,676,547	4.0	102%	102%

1 Miles de pesos

Fuente: Elaboración propia.

1.9.11 Evaluación socioeconómica del corredor de transporte público

Dentro del marco de la evaluación socioeconómica de los proyectos incluidos en el PSMUS a continuación se presentan los resultados de la evaluación individual del corredor de transporte público (CTP), contemplado dentro del PSMUS y descrito en el numeral 1.4 del presente informe, empleando la misma metodología usada en la sección anterior para evaluar el sistema en su conjunto.

1.9.11.1 Costos de inversión

Los elementos considerados para el desarrollo del CTP, junto con sus respectivos costos, se presentan a continuación en la Tabla 1.61.

Tabla 1.61 Costos de inversión del CTP

Concepto	Monto
1. Carril de transporte público	\$107,037,373.06
2. Carpeta asfáltica	\$54,447,711.65
3. Señalización	\$9,649,322.29
4. Semáforos	\$5,025,094.99
5. Fibra óptica y cámaras	\$20,288,464.80
6. Paraderos	\$18,196,733.39
7. Imagen urbana	\$20,871,299.83
8. Patios y Talleres	\$139,467,000.00
9. Terminales	\$142,371,000.00
Norte	\$74,405,500.00
Sur	\$67,965,500.00
Total	\$517,354,000.00

Fuente: Elaboración propia.

1.9.11.2 Costos de mantenimiento, operación y conservación

Estos costos se refieren a los gastos requeridos cada año para administrar el proyecto y proporcionarle un servicio de mantenimiento mayor y menor adecuado a los niveles de tráfico previstos durante la vida útil del mismo. De la misma manera que para los costos de inversión el grupo consultor hizo un estimado de los costos de mantenimiento los cuales se determinaron del orden de \$4,762,033 para cada año del horizonte de evaluación considerado. Para fines de la evaluación socioeconómica, estos costos se toman en cuenta a partir del año 2009 dado que se asume que el corredor de transporte público será construido durante 2008 y entrará en operaciones hasta el siguiente año.

1.9.11.3 Situación con y sin proyecto

En la Tabla 1.62 se presentan la situación de los costos de operación vehicular (COP) con y sin el impacto del CTP evaluado.

Tabla 1.62 COP en la situación con y sin proyecto para el CTP

Año	COP: Costos de Operación Vehicular (\$)		
	Sin proyecto	Con proyecto	Ahorro
2008	-	-	-
2009	538,238,310	412,060,182	126,178,128
2010	549,382,482	415,430,489	133,951,993
2011	560,757,393	418,828,363	141,929,029
2012	572,132,304	422,226,237	149,906,066
2013	583,737,953	425,651,677	158,086,276
2014	595,579,023	429,104,907	166,474,115
2015	607,660,287	432,586,153	175,074,134
2016	619,986,619	436,095,641	183,890,977
2017	635,180,052	443,507,946	191,672,106
2018	650,745,816	451,046,237	199,699,579
2019	666,693,036	458,712,656	207,980,379
2020	683,031,059	466,509,382	216,521,677
2021	699,769,463	474,438,628	225,330,835
2022	716,918,060	482,502,647	234,415,413
2023	734,486,901	490,703,730	243,783,171
2024	752,486,285	499,044,207	253,442,079
2025	770,926,764	507,526,446	263,400,318
2026	789,819,146	516,152,858	273,666,288

Fuente: Elaboración propia.

La comparación de las situaciones con y sin proyecto se comienza en 2009 ya que se considera que las inversiones erogadas en el 2008 van a empezar a redituarse en ahorros en COP a partir del año siguiente.

Los ahorros en COP representan en promedio a lo largo del horizonte de análisis alrededor del 30% de los COP del escenario sin proyectos. De este análisis preliminar se puede observar que la importancia de los beneficios potenciales generados por CTP, misma situación que se presentó cuando se evaluaron de manera agregada todos los proyectos considerados dentro del PSMUS.

1.9.11.4 Costos económicos

Al igual que en la sección anterior se determinaron los costos económicos del CTP de acuerdo a las directrices marcadas por el manual de evaluación socioeconómica de SEDESOL. Esto implica emplear un factor social de conversión de 0.87 y un valor residual del proyecto igual al 20% de la inversión inicial. La transformación de los costos a precios de mercado del CTP en económicos se presenta en la Tabla 1.63.

Tabla 1.63 Determinación de los costos económicos del CTP

Año	Costos a precios de mercado		Costos económicos	
	Inversión	Mantenimiento	Inversión	Mantenimiento
2008	517,354,000		450,097,980	
2009		4,762,033		4,142,969
2010		4,762,034		4,142,970
2011		4,762,035		4,142,971
2012		4,762,036		4,142,972
2013		4,762,037		4,142,972
2014		4,762,038		4,142,973
2015		4,762,039		4,142,974
2016		4,762,040		4,142,975
2017		4,762,041		4,142,976
2018		4,762,042		4,142,977
2019		4,762,043		4,142,978
2020		4,762,044		4,142,979
2021		4,762,045		4,142,979
2022		4,762,046		4,142,980
2023		4,762,047		4,142,981
2024		4,762,048		4,142,982
2025		4,762,049		4,142,983
2026		4,762,050		4,142,984
Valor Residual			90,019,596	

Fuente: Elaboración propia.

1.9.11.5 Determinación del valor monetario de los ahorros de tiempo

Como se menciono anteriormente el componente de ahorros de tiempo de viaje para el CTP arroja valores negativos en términos de horas anuales para los usuarios involucrados en el proyecto. No obstante, si estos ahorros no pueden ser considerados como un beneficio del CTP deben asumirse como un costo del mismo y ser incluido en la evaluación socioeconómica como tal.

Para conseguir lo anterior es necesario asignar un valor pecuniario a los ahorros de tiempo de viaje en horas. Este proceso se llevó a cabo empleando los mismos factores de conversión y los equivalentes monetarios del tiempo de viaje por tipo de usuarios descritos en la sección 1.9.6.

1.9.11.6 Flujos nominales

Una vez calculados los valores monetarios de cada componente dentro del CTP se pueden obtener los flujos nominales del proyecto, los cuáles consisten

esencialmente en restar a los beneficios considerados (en este caso sólo se contemplan los ahorros en COP) los costos generados por la implementación del CTP. Estos flujos servirán como base para estimar los principales indicadores de la evaluación socioeconómica tales como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Retorno Inmediata (TRI). Los flujos nominales del CTP se presentan en la Tabla 1.64.

Tabla 1.64 Flujos nominales anuales del CTP (pesos)

Año	Costos ¹			Ahorros	Flujos Nominales
	Inversión	Mantenimiento	Tiempo de viaje	COP	
2008	450,097,980	-	-	-	-450,097,980
2009	-	4,142,969	7,628,498	126,178,128	114,406,662
2010	-	4,142,970	9,433,648	133,951,993	120,375,374
2011	-	4,142,971	11,261,781	141,929,029	126,524,278
2012	-	4,142,972	13,089,914	149,906,066	132,673,181
2013	-	4,142,972	15,568,510	158,086,276	138,374,793
2014	-	4,142,973	17,521,552	166,474,115	144,809,590
2015	-	4,142,974	19,499,017	175,074,134	151,432,142
2016	-	4,142,975	21,501,149	183,890,977	158,246,854
2017	-	4,142,976	34,188,262	191,672,106	153,340,868
2018	-	4,142,977	45,405,264	199,699,579	150,151,338
2019	-	4,142,978	56,743,334	207,980,379	147,094,068
2020	-	4,142,979	68,204,936	216,521,677	144,173,763
2021	-	4,142,979	79,792,571	225,330,835	141,395,285
2022	-	4,142,980	91,508,782	234,415,413	138,763,650
2023	-	4,142,981	103,356,150	243,783,171	136,284,040
2024	-	4,142,982	115,337,297	253,442,079	133,961,799
2025	-	4,142,983	127,454,888	263,400,318	131,802,447
2026	-	4,142,984	139,711,628	273,666,288	129,811,677
Valor residual	90,019,596				90,019,596

1 Los costos de inversión y mantenimiento y el tiempo de viaje están expresados en su valor económico tras haberles aplicado su factor de conversión correspondiente.

Fuente: Elaboración propia.

1.9.11.7 Flujos descontados

Usando como base los flujos nominales del CTP se derivan los flujos descontados del mismo. Al igual que para la evaluación global del sistema se empleó un tasa de descuento social de 12% como factor de actualización de los flujos nominales. Los resultados de dicha operación se muestran a continuación en la Tabla 1.65.

Tabla 1.65 Flujos descontados anuales del CTP (pesos)

Año	Costos			Ahorros	Flujos Descontados ¹ (VAN)
	Inversión	Mantenimiento	Tiempo de Viaje	COP	
2008	450,097,980	-	-	-	-450,097,980
2009	-	3,699,079	6,811,159	112,659,043	102,148,805
2010	-	3,302,750	7,520,447	106,785,708	95,962,512
2011	-	2,948,885	8,015,913	101,022,280	90,057,482
2012	-	2,632,933	8,318,877	95,268,015	84,316,205
2013	-	2,350,834	8,833,991	89,702,399	78,517,574
2014	-	2,098,959	8,876,963	84,340,968	73,365,045
2015	-	1,874,071	8,820,365	79,194,647	68,500,211
2016	-	1,673,278	8,683,953	74,270,482	63,913,250
2017	-	1,493,999	12,328,630	69,118,883	55,296,254
2018	-	1,333,928	14,619,280	64,297,920	48,344,712
2019	-	1,191,007	16,312,353	59,789,389	42,286,029
2020	-	1,063,399	17,506,508	55,575,722	37,005,814
2021	-	949,464	18,286,398	51,640,012	32,404,150
2022	-	847,736	18,724,510	47,966,038	28,393,792
2023	-	756,907	18,882,782	44,538,274	24,898,585
2024	-	675,810	18,814,012	41,341,893	21,852,071
2025	-	603,402	18,563,083	38,362,766	19,196,281
2026	-	538,752	18,168,043	35,587,452	16,880,657
Valor residual	10,451,885				10,451,885

1 Flujos actualizados empleando una tasa social de descuento de 12%.

Fuente: Elaboración propia.

Como se menciona en su oportunidad en el análisis agregado de los proyectos contemplados en el PSMUS, el monto de los flujos descontados se va reduciendo al irse alejando éstos del año base ya que el factor de actualización⁶ va incrementando su valor a lo largo de tiempo. Al igual que en los flujos descontados del sistema presentados en la Tabla 1.55, la suma de la última columna de la Tabla anterior representa el Valor Actual Neto (VAN) del CTP el cual determinará la rentabilidad del proyecto evaluado.

⁶ $(1/(1 + .12)^t)$, $t = 0,1,2,\dots,T$

1.9.11.8 Resultados de la evaluación socioeconómica

Con base a los flujos descontados y nominales es posible obtener los indicadores de rentabilidad del CTP siguiendo los mismos parámetros metodológicos empleados para la evaluación del sistema y descritos en la sección 1.9.3. Como se puede apreciar, los resultados presentados en la Tabla 1.66 señalan que el proyecto del CTP es rentable socialmente.

Tabla 1.66 Indicadores de rentabilidad del CTP

Indicador	Valor
VAN	543,693,334
TIR	28.70%
Razón B/C	2.21
TRI (Año 1)	25.42%

Fuente: Elaboración propia.

Todos los indicadores calculados refuerzan la rentabilidad del CTP. El VAN es mayor a cero y de un monto considerable mientras la TIR y la TRI son más del doble que la tasa social de descuento utilizada. Por su parte el coeficiente obtenido por la razón beneficio – costo (i.e. el valor absoluto de la división de los flujos positivos entre los negativos de la última columna de la Tabla 1.65) es considerablemente mayor a la unidad. En resumen estos resultados indican un elevado retorno para la sociedad de los recursos comprometidos en el desarrollo del CTP propuesto en el PSMUS.

1.9.11.9 Análisis de sensibilidad

Al igual que con la evaluación socioeconómica conjunta de todos los proyectos considerados en el PSMUS también es necesario determinar la consistencia de los indicadores de rentabilidad obtenidos para el CTP. Con este fin a continuación se presente el análisis de sensibilidad de la evaluación realizada al CTP.

Las tablas presentadas en este apartado se pueden interpretar de la siguiente manera. El factor de sensibilidad de la primera columna determina en cuanto varía el componente considerado. Un factor de sensibilidad igual a uno señala que se esta partiendo del valor original del elemento a modificar. Factores mayores a la unidad indican que se esta aumentando la magnitud de éste mientras que factores menores a uno señalan una reducción en el monto del costo u ahorro considerado. En la Tabla 1.67 se presenta el análisis de sensibilidad correspondiente a los costos de inversión.

Tabla 1.67 Análisis de sensibilidad de los costos de inversión del CTP

Factor de sensibilidad	VAN ¹	B/C	TIR	TRI
1.6	279,906	1.4	18%	16%
1.5	323,870	1.5	19%	17%
1.4	367,835	1.6	20%	18%
1.3	411,800	1.7	22%	20%
1.2	455,764	1.8	24%	21%
1.1	499,729	2.0	26%	23%
1.0	543,693	2.2	29%	25%
0.9	587,658	2.5	32%	28%
0.8	631,623	2.8	36%	32%
0.7	675,587	3.1	40%	36%
0.6	719,552	3.7	47%	42%
0.5	763,516	4.4	55%	51%
0.4	807,481	5.5	68%	64%

1 Miles de pesos

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de sensibilidad de los costos de inversión muestran que estos podrían incrementarse hasta el máximo rango contemplado de 60% (i.e. factor de sensibilidad de 1.60) sin comprometer la rentabilidad social del CTP. Por su parte los resultados mostrados en la Tabla 1.68 demuestran que modificaciones en el costo anual de mantenimiento estimado no impactan significativamente los resultados presentados en la Tabla 1.67.

Tabla 1.68 Análisis de sensibilidad de los costos de mantenimiento del CTP

Factor de sensibilidad	VAN ¹	B/C	TIR	TRI
1.6	525,672	2.2	28%	25%
1.5	528,676	2.2	28%	25%
1.4	531,679	2.2	28%	25%
1.3	534,683	2.2	28%	25%
1.2	537,686	2.2	29%	25%
1.1	540,690	2.2	29%	25%
1.0	543,693	2.2	29%	25%
0.9	546,697	2.2	29%	26%
0.8	549,700	2.2	29%	26%
0.7	552,704	2.2	29%	26%
0.6	555,707	2.2	29%	26%
0.5	558,711	2.2	29%	26%

0.4	561,714	2.2	29%	26%
-----	---------	-----	-----	-----

¹ Miles de pesos

Fuente: Elaboración propia.

Dado que los ahorros en COP generados por el CTP son los únicos beneficios sociales de este proyecto era evidente desde el comienzo de esta evaluación que cualquier modificación en los mismos iba a ser el factor determinante de la rentabilidad social del CTP. Los resultados del análisis de sensibilidad de este componente se presentan a continuación.

Tabla 1.69 Análisis de sensibilidad de los ahorros en COP del CTP

Factor de sensibilidad	VAN ¹	B/C	TIR	TRI
1.6	1,294,570	3.9	47%	42%
1.5	1,169,424	3.6	44%	39%
1.4	1,044,278	3.3	41%	37%
1.3	919,132	3.0	38%	34%
1.2	793,986	2.8	35%	31%
1.1	668,840	2.5	32%	28%
1.0	543,693	2.2	29%	25%
0.9	418,547	1.9	25%	23%
0.8	293,401	1.7	22%	20%
0.7	168,255	1.4	18%	17%
0.6	43,109	1.1	14%	14%
0.5	-82,038	0.8	8%	11%
0.4	-207,184	0.6	0%	9%

¹ Miles de pesos

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1.69 se puede ver como una reducción mayor a 40% (i.e. factor de sensibilidad de 0.60) en los ahorros de COP anuales harían inviable el CTP evaluado al no alcanzarse el retorno social mínimo exigido al proyecto. Esto refuerza la noción de que la generación de beneficios para la sociedad del desarrollo del CTP depende de que se materialicen los ahorros de COP estimados.

Finalmente en la Tabla 1.70 se presenta el impacto de la variación en el monto de los ahorros de tiempo de viaje sobre la rentabilidad del CTP. Como se mencionó en su oportunidad, estos ahorros arrojan valores negativos y por lo tanto fueron considerados como un costo dentro de la evaluación socioeconómica. Debido a esto un aumento en los mismos disminuye la rentabilidad del proyecto mientras una reducción la incrementa. No obstante lo anterior, aún variaciones significativas en

estos ahorros son insuficientes para modificar de manera considerable los indicadores calculados.

Tabla 1.70 Análisis de sensibilidad de los ahorros en tiempo de viaje del CTP

Factor de sensibilidad	VAN ¹	B/C	TIR	TRI
1.6	400,841	1.9	26%	24%
1.5	424,650	1.9	27%	25%
1.4	448,458	2.0	27%	25%
1.3	472,267	2.0	27%	25%
1.2	496,076	2.1	28%	25%
1.1	519,885	2.2	28%	25%
1.0	543,693	2.2	29%	25%
0.9	567,502	2.3	29%	26%
0.8	591,311	2.3	29%	26%
0.7	615,120	2.4	30%	26%
0.6	638,928	2.4	30%	26%
0.5	662,737	2.5	31%	26%
0.4	686,546	2.5	31%	26%

1 Miles de pesos

Fuente: Elaboración propia.

1.10 EVALUACIÓN AMBIENTAL

1.10.1 Análisis de gases criterio

Los gases criterio se han definido como aquellos que son producto de las emisiones de combustión por el uso de combustibles fósiles (gasolina y diesel) en la ciudad de Chihuahua. El conjunto de elementos químicos son los siguientes:

- CO – Monóxido de carbono
- NO₂ – Dióxido de nitrógeno
- SO₂ – Dióxido de azufre
- O₃ – Ozono atmosférico
- PM₁₀ – Partículas sólidas

Aun cuando las partículas sólidas en sí, no son un gas, su origen y su dinámica (como aerosol) le confieren propiedades similares en la salud que los otros componentes aquí analizados

El principal objetivo de realizar una simulación es buscar la construcción de un modelo matemático, que con sus parámetros y estructura simule a manera de bosquejo u aproximación una situación real, tratando de evaluar las posibilidades de cambio en el tiempo. Cada posibilidad se ha denominado escenario en este trabajo.

La contaminación del aire, es un tema complejo porque para poder hacer una aproximación se requiere del proceso de conjunción con ciencias poco flexibles entre sí, como son las matemáticas avanzadas, fenómenos de transporte, termodinámica climática y el proceso de cambio tecnológico de tecnología móvil, lo mismo en los vehículos que en los distintos tipos de combustibles.

En el caso de la ciudad de Chihuahua y de este proyecto, se conjuntó la mejor información disponible de campo y de gabinete, además de las herramientas de cómputo que se consideraron idóneas para poder llegar a los alcances marcados por los términos de referencia, sin embargo por la misma naturaleza altamente difusa de los elementos participantes en el problema de la contaminación ambiental, se propuso que el horizonte de planeación marcara un máximo de 20 años, con intervalos de análisis de 5, 10 y 20 años respectivamente .

El proceso de cálculo utilizó como insumo en su algoritmo, las bases de datos de movilidad que se generaron como parte del pronóstico, adicionalmente como un elemento que sirviera para identificar los cambios y la variabilidad entre los elementos espaciales de los escenarios de movilidad, se utilizaron los datos del diagnóstico y se construyó un escenario tendencial ambiental que identificara de manera espacial los puntos de origen-destino, pero sin aplicar los cambios en infraestructura que se han propuesto, en otras palabras, es el escenario de no hacer nada.

Una vez estructurado el escenario de pronóstico el cual sirve de comparación, se modelaron los datos generados por el EMME/2 de las asignaciones de tráfico de los escenarios de alternativas, en los cuales se tuvieron en cuenta para los diferentes periodos de análisis los proyectos tanto de transporte público como de infraestructura vial.

Como herramientas de cálculo para las emisiones se utilizó el programa Mobil V.6 de la U.S. EPA, con factores de emisión que se habían obtenido en el diagnóstico y que se ajustaron para los cambios que ha propuesto el gobierno federal de disminución de azufre de 2006 y de las propuestas de ahorro de energía en automóviles que han presentado las empresas armadoras al gobierno federal y que son las mismas, que en Estados Unidos se han ordenado para el lapso de 2006-2010.

Para cada año del horizonte de planeación propuesto, se corrió un proceso de lotes, para los tres años de análisis (2011, 2016 y 2026), estas corridas fueron consolidadas en bases en Excel y los ahorros en las emisiones fueron puestos en formato ESRI ArcView.

De los valores que se obtuvieron, se observa que los cambios en flujos de vehículos son muy dinámicos, en algunas zonas se muestra un incremento en los ahorros, en especial los que se dirigen al centro histórico.

El modelo permite predecir que de manera concéntrica el centro histórico tendrá ahorros marginales, en cambio las principales áreas de emisión (norte de la ciudad) y receptora de contaminación (sur de la ciudad), tendrán ahorros netos que pueden reflejarse en las concentraciones del aire que flotan en la mancha urbana.

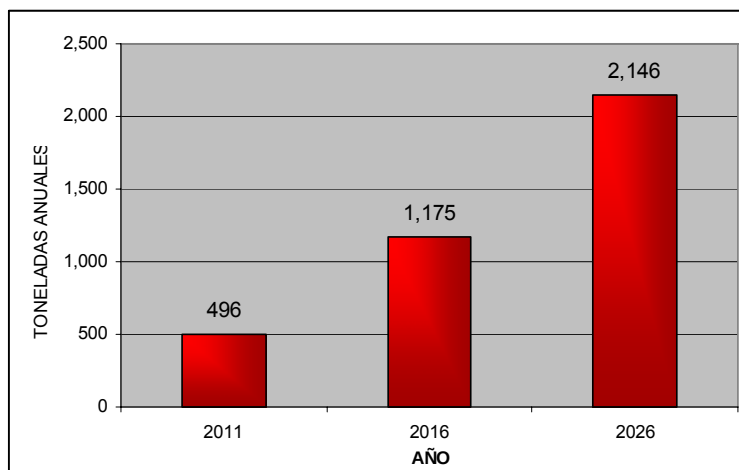
Tabla 1.71 Emisiones diarias de CO2 en miles de gramos al día

Escenario	Año de Análisis			
	2006	2011	2016	2026
Escenario de pronóstico	2,820	4,365.44	5,238.53	6,864.56
Escenario de alternativas	2,820	3,870	4,064	4,718
Ahorros	0	496	1,175	2,146

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Mobil V.6

Esto representa ahorros anuales para cada periodo de análisis como los que se muestran en la siguiente figura.

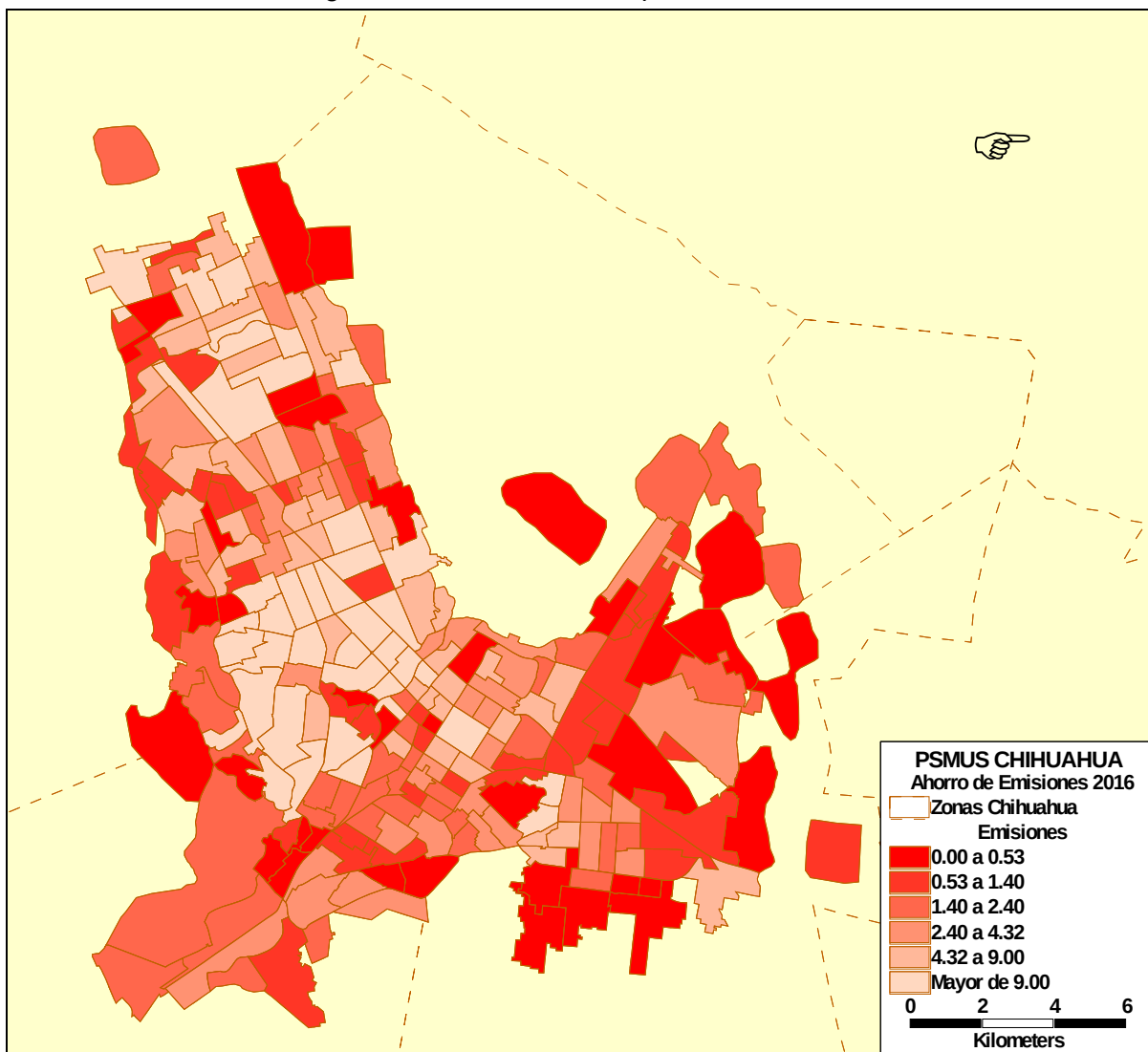
Figura 1.53 Toneladas anuales de ahorro de CO2



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Mobil V.6

Es importante destacar que los ahorros se concentran principalmente en las zonas ubicadas en las periferias, mientras que existen menos ahorros en las zonas centrales de la ciudad tal y como lo muestra la siguiente figura.

Figura 1.54 Ahorro de CO₂ por zonas



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Mobil V.6

Con base al análisis de información del pronóstico, el escenario línea-base tiene como principal componente de contaminación en volumen al CO₂, sin embargo el volumen y la potencial concentración del aire en la ciudad son bajos comparados con todos los centros metropolitanos y muchas ciudades grandes del país y adicionalmente cumplen plenamente con la legislación ambiental vigente en 2006.

El CO₂ tiene un límite para el país, de una concentración promedio de 11 ppm en una hora, en el modelo de simulación, se tiene que en los años 2011 y 2016 apenas al alcanza valores de 1.8 o 2.11 ppm en los horarios pico (11-16 hrs) es decir entre el 14% y hasta el 18% del valor legal que indica la NOM-021-SSA1-1993. Al final del periodo se observan valores de hasta el 2.4 ppm que tan solo contabilizan el 21% del límite legal.

A continuación se presentan los ahorros en emisión de los demás contaminantes:

Tabla 1.72 Ahorros diarios de contaminantes en miles de gramos al día

Contaminante	Año de Análisis		
	2011	2016	2026
Dióxido de azufre	218	232	300
Dióxido de nitrógeno	218	214	38
Partículas sólidas	140	158	81

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Mobil V.6

Más importante en lo legal es la combinación NO₂-ozono, los cuales en días con condiciones muy adversas pueden fácilmente cruzar el umbral legal de las regulaciones vigentes y orillar a potenciales contingencias ambientales, como en la ZMCM y en Guadalajara. Esta condición es favorecida por la condición fisiográfica de la ciudad y el cambio climático.

El NO₂, de manera consistente rebasa el límite legal de la NOM, que se impone como límite 21 ppb de concentración de una hora, en 2011 se llegan a picos de 250% o 48 ppb, estos se consideran peligrosos y valores límite en la ZMCM de México, sin embargo se debe recordar que la simulación muestra el “peor” día, es decir, un día caluroso, seco y sin viento, que ocurre en verano (muchas horas de insolación). En 2011 los valores, crecen un poco en las horas pico desde 230, llegando a 252 ppb. La escala tiene valores de 257 ppb en 2026, que implicaría riesgos de contingencias ambientales dada la condición del medio físico de una cuenca atmosférica cerrada como la que existe en la ciudad de Chihuahua.

El ozono (O₃), es una especie fotoquímica derivada de la reacción entre el NO₂ y la luz solar, es evidente que en la medida en que exista un gran valor de NO₂ libre en el ambiente, también el ozono crecerá de manera sustantiva. En el periodo 2011-2026 llega a alcanzar valores de 55 ppm o 500% del valor en las horas picos, lo que es el doble de lo que marca la ley en la ZMCM para iniciar una contingencia ambiental. No obstante son valores constantes a lo largo del periodo, se considera que la concentración queda con poca variación debido a que la cantidad de insolación no cambia y por lo mismo aun cuando exista mas NO₂, no es posible convertir mas ozono.

El SO_2 al igual que el CO_2 , se considera un elemento con poca incidencia de riesgo siendo que la NOM requiere concentraciones límite de hasta 13 ppb, en la ciudad de Chihuahua, aun en el horizonte de planeación 2026 apenas llega al 23% de este límite.

Otro elemento contaminante, que debe ser mantenido bajo escrutinio, es el de las partículas sólidas PM_{10} . En las corridas de simulación, para el horizonte de planeación, mostró valores cercanos al 75% del límite legal, pero al volverse muy seco el paisaje de Chihuahua, es posible que por efecto del medio natural pueda llegarse fácilmente al umbral legal.

Las partículas sólidas (PM_{10}), tienen un límite de 219 microgramos por metro cúbico en una hora, este valor nunca se alcanza, desde 2011 se tienen máximos de 140 y en 2026 se llega hasta 160, que como se mencionó anteriormente es apenas cerca del 75%. Sin embargo, cabe señalar que se contabiliza sólo las emisiones de los automotores y no los del medio físico que podrían ser al menos igual al de los autos, lo que ya implicaría un riesgo ambiental importante.

1.10.2 Análisis de gases invernadero

De acuerdo con los artículos 4 y 12 de la Convención y de las decisiones relevantes de las Conferencias de Kyoto, las partes firmantes deben formar inventarios de gases de invernadero (GHG por sus siglas en inglés) para ser entregadas al secretariado de cambio de clima.

El protocolo ha establecido como gases de invernadero a la siguiente lista de químicos:

CO_2 – dióxido de carbono

CH_4 – metano

N_2O – óxido nitroso

PFC – perfluorocarbonos

HFC – hidrofluorocarbonos

SF_6 – hexafluoruro de azufre

De este conjunto de gases, los únicos con interés en el conjunto urbano, son el CO_2 , CH_4 y N_2O .

El metano como ya se indicó en el diagnóstico es un gas que se produce de manera muy marginal como parte del proceso de transporte urbano en la ciudad de Chihuahua. El óxido nitroso en cambio es un gas que potencialmente puede formarse por la combinación del NO_2 y condiciones de humedad, pero dado que el clima de Chihuahua es estepario, la cantidad formada a lo largo del año, por este proceso, es muy pequeña, en cambio la agricultura en las inmediaciones de la ciudad, con su abundante uso de fertilizantes nitrogenados, puede ser un generador más importante y decisivo de manera regional.

De esta forma el único gas relevante en el proyecto es el CO_2 , sin embargo este gas no está definido de manera pura química, sino que es una asociación $\text{CO}-\text{CO}_2$ por el efecto de combustiones incompletas del combustible, por lo que es necesario expresarlo en términos de una definición menos confusa.

El equivalente de dióxido de carbono (CO_2e) es una medida aceptada de manera internacional que encapsula todos los GHG que contribuyen al calentamiento global. Debido a las diferencias que existen en la jerga técnica para “carbón” y “ CO_2 ”, es adecuado afirmar que CO_2e , es una medida más amplia/correcta de la contribución total de los GHG.

Para que las mediciones sean válidas, el CO_2e de una cantidad usada para comparar las emisiones de varios GHG se basan en la cantidad de dióxido de carbono que tienen el mismo potencial de calentamiento (GWP por sus siglas en inglés). Otro factor importante que se debe tener en cuenta es el horizonte de planeación, debido a que la vida media del CO_2 es de 300 a 400 años, sin embargo, estas recomendaciones se hacen cuando los inventarios están conformados por mezclas de gases. En el caso del proyecto solo se trata del equilibrio químico $\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CO}$.

De esta forma se considera que el valor de CO_2e , para el periodo que se ha determinado en el horizonte de planeación es el siguiente: de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, la fugacidad (f) que existe entre el equilibrio $\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CO}$ es aproximadamente igual, estando a temperatura y presión que les dan un comportamiento de gas ideal, entonces se puede aplicar la ecuación de Gibbs-Duhem, de acuerdo con Prausnitz (1969), obteniéndose una aproximación del CO_2e que se emite por día.

Tabla 1.73 Valores estimados a final de periodo de mg de $\text{CO}_2\text{e}/\text{día}$

Contaminante	Año de Análisis		
	2011	2016	2026
CO_2e	510.23	1208.72	2207.59

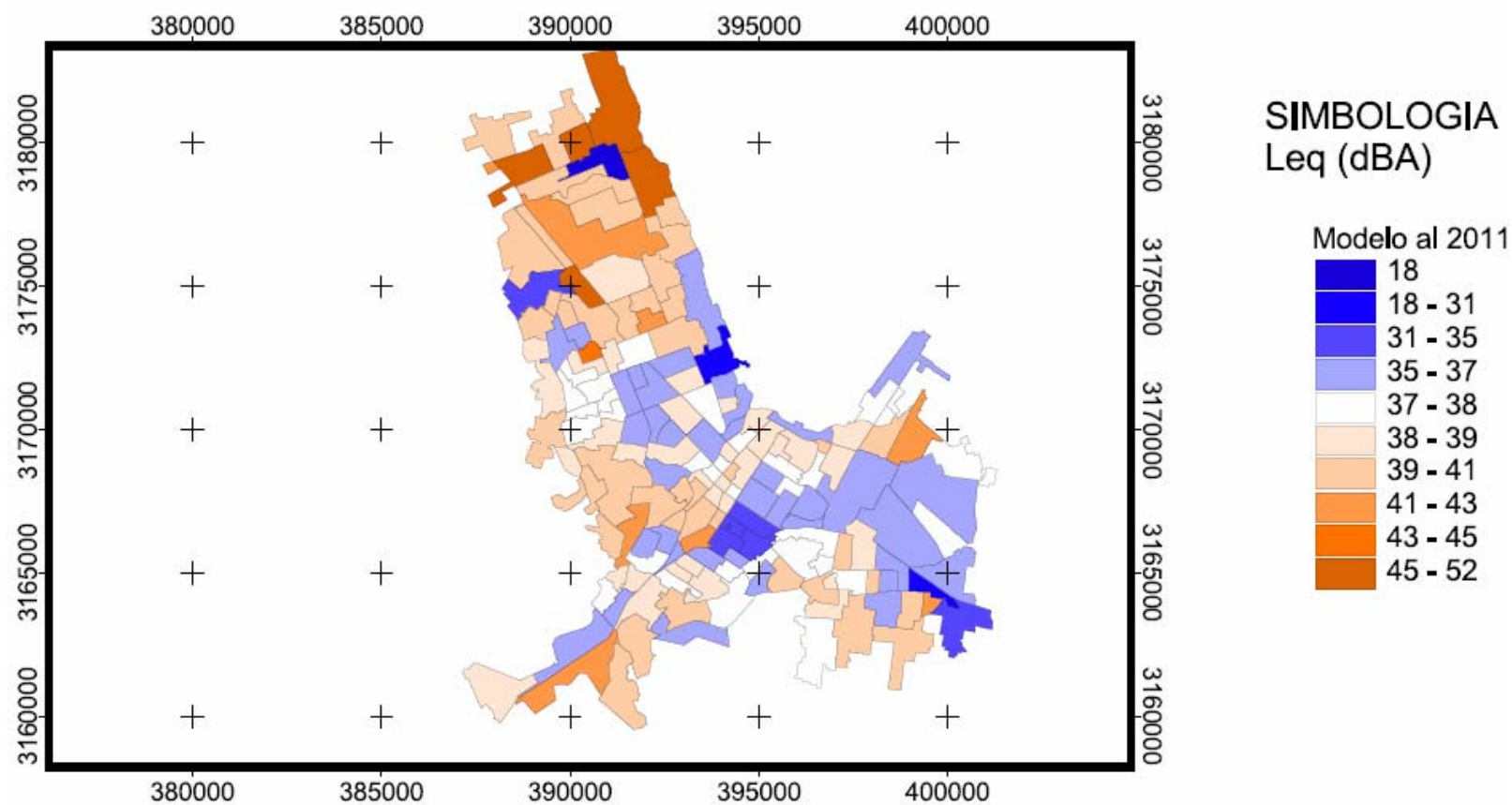
Fuente: Elaboración propia

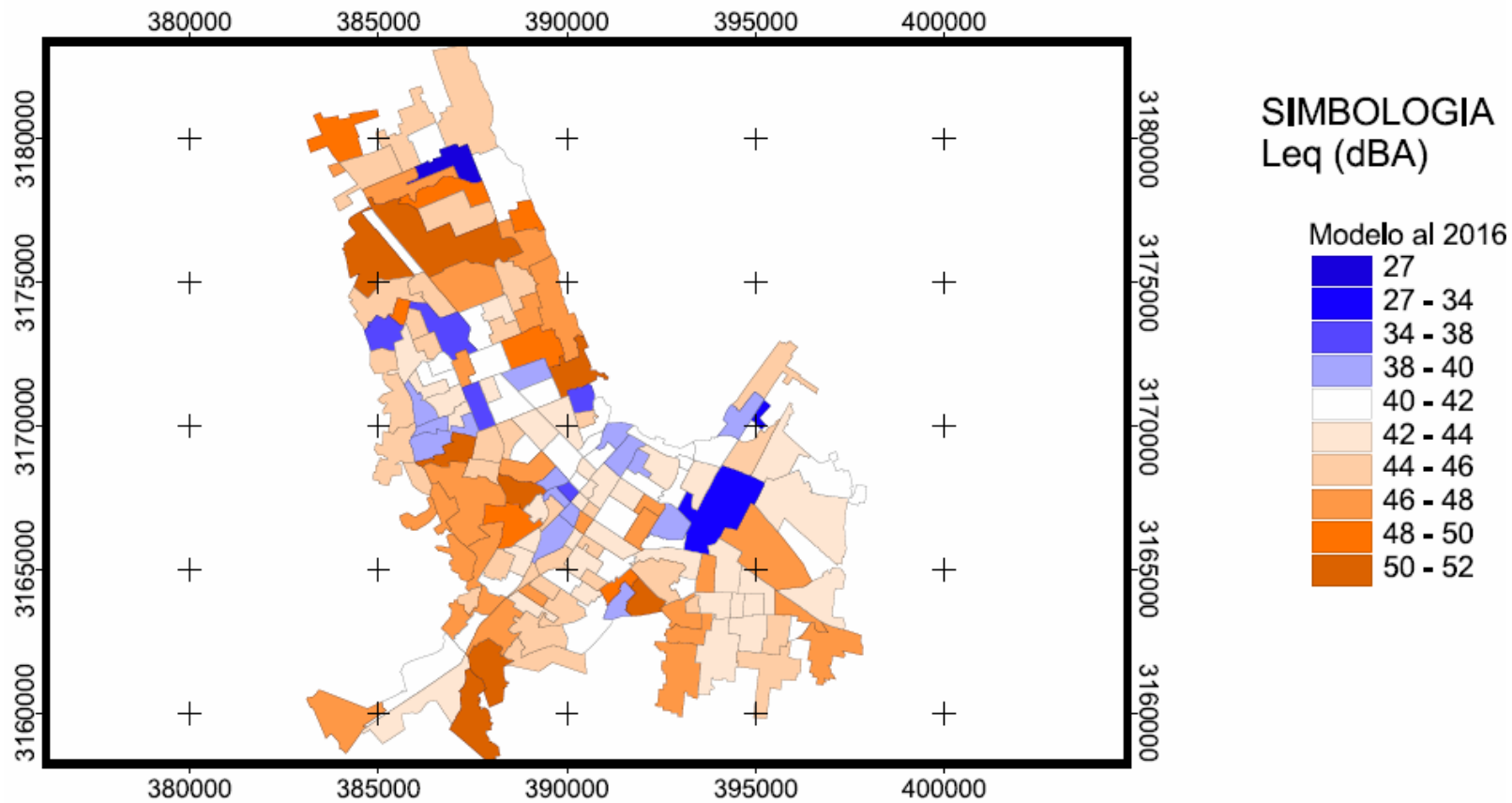
1.10.3 Análisis para la contaminación por ruido

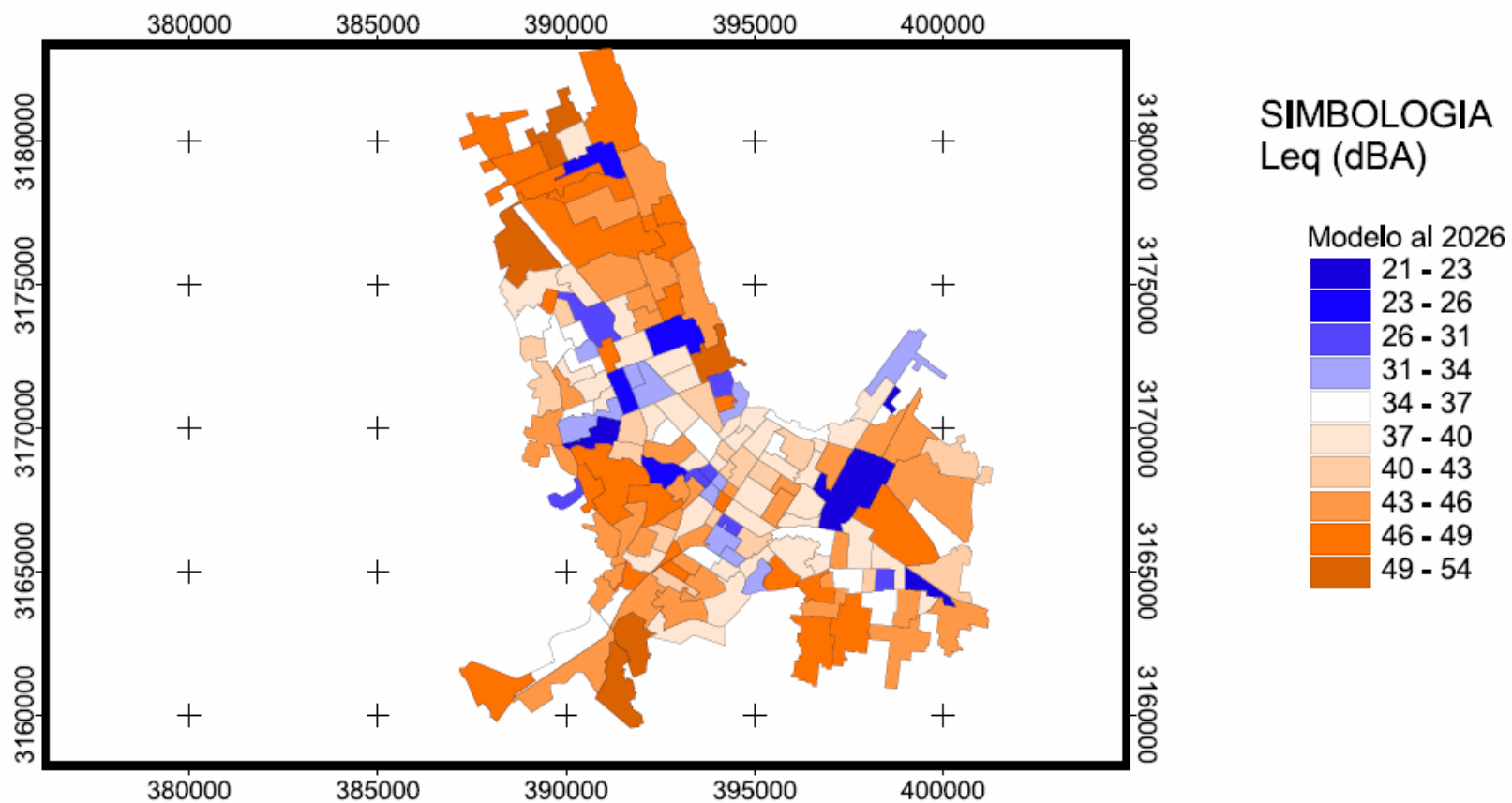
El ruido, de acuerdo a algunas autoridades como la U.S. EPA y el INE de la SEMARNAT, tiene como forma dominante, en el medio urbano, aquella energía sonora que proviene de los automotores, aunque también se incluyen a la que genera los aviones y los ferrocarriles. Otra fuente importante en la generación, pero menos conocida es una pobre planeación urbana.

Con base en el diagnóstico se ha podido determinar que es el centro de la ciudad de Chihuahua el área que será más afectada por el problema del ruido, y que en cambio las áreas urbanas periféricas tendrán bajos o muy bajos niveles de ruido. En el análisis que ha tomado el pronóstico se predice que el ruido tendrá dos fuerzas conductoras.

Figura 1.55 Evolución del ruido a lo largo del horizonte de plantación (Escenario Línea-Base)



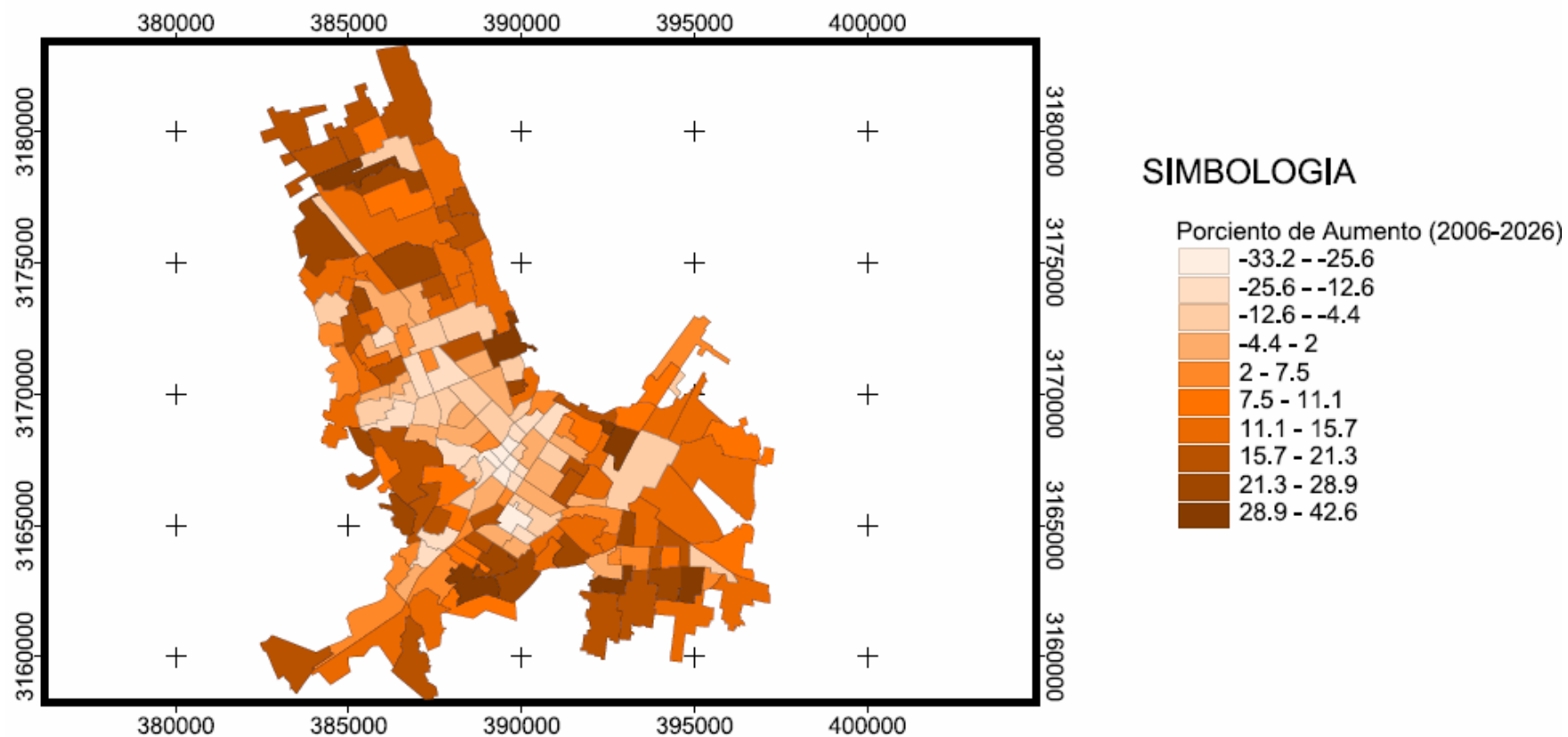




Fuente: Elaboración propia

Por un lado, la dinámica inicial marca que el ruido se mantendrá de manera consistente en el centro urbano, con incrementos marginales o decrementos netos en el periodo. Por otro lado, en las áreas periféricas se dará un proceso de incremento del ruido, desde valores muy bajos hacia niveles de tráfico intenso, con incrementos sustanciales en el periodo. Primero el sur y después el norte, pero los valores serán muy inferiores al del centro urbano.

Figura 1.56 Diferencia en el LAQ en el escenario línea base entre 2006 y 2026



Fuente: Elaboración propia

Se puede afirmar que la dinámica urbana del ruido, tiende a distribuirse en el espacio urbano y su *hinterland*, dejando al centro con niveles de ruido menores al 2006.

1.11 ASPECTOS LEGALES E INSTITUCIONALES

En el desarrollo de todas y cada una de las alternativas de solución que se han presentado en el presente informe, el grupo consultor en conjunto con el equipo de seguimiento del proyecto analizó y debatió el componente legal e institucional que debe acompañar la implementación de las propuestas planteadas.

Se hizo especial énfasis en los requerimientos de la propuesta de transporte público, teniendo en cuenta la complejidad de la misma y las diversas opciones para instrumentar y formalizar el proyecto en el ámbito jurídico e institucional.

En esta etapa del estudio, la evaluación de la mejor estrategia obedeció a la articulación de las diferentes propuestas presentadas, tomando los aspectos que se consideraron como los de una aplicación más eficiente en la ciudad de Chihuahua, de acuerdo con las particularidades propias del proyecto, de la estructura legal del municipio y el estado, de la estructura actual de organización de los operadores del sistema de transporte y de la estructura organizacional de las diferentes dependencias que tienen ingerencia directa en el proyecto.

En el informe IV del estudio, se presentará el detalle de la propuesta legal e institucional, teniendo en cuenta que en este rubro lo más importante es el resultado final al que se llegó después de la amplia y variada discusión tenida al respecto.

1.12 PROPUESTA DE MANTENIMIENTO VIALIDADES EXISTENTES

1.12.1 Introducción

Como parte primordial del estudio de Movilidad Urbana, se realizó la revisión del estado actual de los pavimentos existentes correspondientes a 300 km, de la red vial primaria. Del estudio y/o levantamiento efectuado en campo se obtuvo la información necesaria para analizar las necesidades de conservación y proponer las acciones de mantenimiento de la misma a nivel de anteproyecto.

Por una parte, y de acuerdo con la solicitud de las autoridades del Municipio, se implementaron los trabajos necesarios adicionales de campo para poder evaluar el estado funcional de los pavimentos de la red vial con la utilización de la metodología de la SEDESOL; cabe destacar que, para el caso, es la única establecida y reconocida para pavimentos urbanos en México.

El procedimiento está orientado fundamentalmente a establecer la condición del pavimento. Con base en esta condición, puede estimarse el tipo de acción de mantenimiento o rehabilitación requerido a corto o mediano plazo.

Con el propósito de proporcionar una herramienta más de decisión, a través de la utilización de los datos del IRI, se implementó la evaluación y/o estimación de los costos de operación de la red vial. En primera instancia obteniendo el escenario actual (IRI real) y posteriormente idealizando la red en una condición de IRI mínimo de 3 m/km. Lo anterior permitió sensibilizar el sistema y estimar los ahorros anuales de operación por cada vialidad. El análisis final arroja las prioridades con las que las autoridades municipales deberán atender las necesidades de mantenimiento y/o rehabilitación de la red vial analizada.

Para dejar claramente establecido el proceso de los trabajos, describimos a continuación las metodologías implementadas y las consideraciones realizadas en el desarrollo de cada una.

1.12.2 Metodología SEDESOL

1.12.2.1 Información básica

La Secretaría de Desarrollo Social, en su carácter de agente técnico, recomienda que los municipios instrumenten un procedimiento para la evaluación de la condición física actual de las vías pavimentadas de sus redes viales, primarias, secundarias y todas las vías locales transitadas por transporte público colectivo. Con el objeto de facilitar ésta instrumentación, SEDESOL está ofreciendo a los municipios que quieran aprovecharlo, una metodología estándar para la evaluación de sus pavimentos rígidos (de concreto hidráulico), flexibles (de concreto asfáltico), o mixto (carpeta asfáltica sobre de un pavimento rígido).

El Inventario General de Condición ayudará a los responsables de la conservación vial a evaluar y documentar la condición de los pavimentos que componen su red de vías más importantes.

Este procedimiento ha sido diseñado para llevar a cabo periódicamente la evaluación de la condición global de todas las calzadas, de una manera expedita y objetiva. Se refiere exclusivamente al estado de los pavimentos y sus propósitos, grado de precisión y alcance están relacionados con las necesidades de planeación de las actividades de mantenimiento/rehabilitación.

El procedimiento está orientado fundamentalmente a establecer la condición del pavimento. Con base en esta condición, puede estimarse el tipo de acción de mantenimiento o rehabilitación requerido a corto o mediano plazo, por lo tanto no debe confundirse con las necesidades de reparación a ejecutar a corto plazo. El proceso de inventario general de condición comprende las siguientes etapas:

- Recolección de datos en el campo
- Procesamiento de la información de campo
- Archivo y presentación de la información
- Utilización de la información

Objetivos

El Inventario General de Condición tiene por finalidad el cumplimiento de los objetivos que se enumeran a continuación, mismos que están orientados a satisfacer algunas necesidades de información de todo proceso de planeación del mantenimiento y rehabilitación vial. Estos objetivos son:

- Establecer la condición general de la red, clasificando el estado de los pavimentos según las manifestaciones de deterioro visibles en su superficie y el servicio que, en consecuencia, ofrecen al usuario.
- Indicar la rapidez con que evoluciona la condición de los pavimentos, a manera de apreciar el efecto de las estrategias o políticas de mantenimiento/rehabilitación, adoptadas durante un cierto período. Este objetivo se alcanza a través de la comparación de los resultados de los levantamientos de datos sobre el tiempo.
- Apreciar las necesidades globales de la red en materia de mantenimiento y rehabilitación, facilitando una estimación de cuánto se requiere y dónde, para llevar la red a cierto nivel o estándar deseable. Estas necesidades surgen de interpretar los datos de condición, efectuando la comparación entre:
 - El estándar funcional y los niveles máximos o mínimos establecidos previamente por la administración del municipio para cada categoría de vía;
 - El estado de la vía en relación con dichas pautas u objetivos.
- Obtener una relación de vías o secciones que probablemente requieran trabajos de mantenimiento intensivo y/o rehabilitación, cuya diferenciación y cuantificación requieren de una evaluación más pormenorizada, complementada eventualmente con evaluación estructural por la ejecución de ensayos no destructivos.
- Proporcionar la información básica para la formulación de políticas y programas de mediano plazo (3 a 5 años), posibilitando la definición de éstos en términos físicos (trabajos en la red) y financieros.

Ámbito de aplicación

El Inventario General de Condición se llevará a cabo sobre 300 km la red vial principal del municipio.

Periodicidad

El Inventario General de Condición se llevará a cabo anualmente, preferentemente con anticipación suficiente como para permitir la preparación de los programas anuales de mantenimiento.

Requerimientos de personal y equipo

El levantamiento o inventario de datos será realizado por equipos de evaluación (normalmente 2 a 3 equipos), previamente entrenados, a fin de asegurar la obtención de resultados reproducibles y congruentes, ya sea analizando la condición general de la red un año determinado, o bien estableciendo comparaciones y determinando tasas de evolución en relación a años anteriores.

a. Requerimientos de personal.

Cada equipo estará constituido por:

- Un chofer
- Dos calificadores

El chofer deberá conducir el vehículo de evaluación a través del itinerario seleccionado, informando las lecturas del odómetro toda vez que sea requerido. Ambos calificadores deberán estar adecuadamente familiarizados con el procedimiento de levantamiento de datos de campo y su posterior utilización; uno de ellos actuará como apuntador, registrando las características geométricas y otros aspectos propios de las secciones y tramos evaluados, mientras que el otro será responsable de colaborar en calificar el estado del pavimento. Los dos deben de concordar en las calificaciones asignadas a cada parámetro.

b. Requerimientos de equipo.

Para efectuar el levantamiento, cada equipo deberá contar con los elementos siguientes:

- Un vehículo de evaluación, provisto de un odómetro, mecánico o electrónico, que preferentemente facilite la determinación de progresivas y localizaciones con una precisión de 10 metros.
- Manual de Inventario General de Condición.
- Formatos de Inventario SEDESOL
- Tabla de agrimensur (Clipboard).
- Plano del itinerario previsto para hacer el levantamiento.

c. Requerimientos de seguridad.

Durante el levantamiento, la superficie de rodamiento debe ser examinada con suficiente detalle; el vehículo debe desplazarse a baja velocidad con detenciones y descenso de los evaluadores eventualmente. Por lo tanto es conveniente que por razones de seguridad se incluya también luces de prevención intermitentes montadas sobre el vehículo y una señal informativa que justifique el comportamiento anormal del vehículo en el flujo de tránsito.

Estructura de la recolección de datos

Con el objeto de facilitar las tareas de levantamiento, el procesamiento y almacenamiento de la información y su comparación posterior año a año, el Inventario General de Condición posee una estructura que debe ser observada cuidadosamente en cada actualización.

Dicha estructura responde básicamente a las siguientes premisas:

- Se establecen tres prioridades viales en base a la clasificación funcional de las vías: red primaria, red secundaria y rutas de transporte colectivo, instrumentadas cada uno de éstas en archivos independientes separados.
- El inventario de condición se organiza fundamentalmente por vía, para cada una de las que componen cada prioridad vial;
- A fin de dotar a los archivos de una mayor flexibilidad, la información puede ser fácilmente reorientada para su análisis a nivel, incorporando el concepto de tramos; estos son definidos en cada vía.
- Teniendo en cuenta que el propósito del Inventario es la planeación de actividades de mantenimiento, los tramos a los que se hace referencia son determinados también por cambios significativos en el tipo de pista, como por ejemplo, el paso de una calzada dividida (cuerpos izquierda y derecha) a una vía indivisa (cuerpo único).
- Por último, la continuidad en el espacio está asegurada al evaluar toda la longitud de la vía, diferenciando secciones homogéneas, que tengan características similares en relación con el uso que se hará de la información; esto comprende tipo de pavimento, número de carriles y condición del pavimento.

Se distinguen cuatro áreas de información:

- a.- Identificación de la vía y su localización en el sistema vial.

Esta información se prepara en gabinete previamente al inicio de las tareas de relevamiento. El coordinador del inventario, establece los itinerarios a seguir por cada uno de los equipos de evaluación diariamente, según convenga de acuerdo con la localización de la vía, suministrando los formatos preparados.

b.- Identificación de secciones homogéneas en el campo.

Durante el levantamiento en el campo, el equipo de evaluación subdivide los tramos de vía en secciones homogéneas, de longitud variable hasta un máximo de 500 m. delimitando las mismas en base a lecturas del odómetro y a la denominación de las vías que la intersectan, en correspondencia con el inicio y fin de cada una de ellas. El formato permite una representación gráfica de estas secciones, proporcionando una escala de referencia en la que cada trazo vertical representa 100 m.

c.- Levantamiento de los datos de condición del pavimento.

Para caracterizar el estado del pavimento se han definido cinco indicadores, que se entiende son los de mayor significación en el comportamiento de los pavimentos urbanos. Estos son: roturas o baches descubiertos (D1); fisuras en bloques o piel de cocodrilo (D2); otras fisuras (D3); defectos de superficie (D4); y comodidad de manejo (D5).

La condición del pavimento se establece calificando individualmente cada uno de estos parámetros, asignándoles una calificación promedio para toda la "sección homogénea", según la frecuencia o extensión de las áreas afectadas por los mismos.

d.- Levantamiento de información complementaria.

Los datos de condición del pavimento se complementan con información adicional relativa al estado de banquetas y guarniciones y a la intensidad de los trabajos anteriores de mantenimiento/rehabilitación visibles en la superficie del mismo.

1.12.2.2 Técnica operativa para el levantamiento

Instrucciones

A continuación se enlistan, en forma resumida, las instrucciones para llevar a cabo las tareas de levantamiento de campo.

Tareas previas:

a.- Constituir el equipo de levantamiento y repasar las funciones de sus integrantes. El equipo estará integrado por:

- Un jefe de equipo, evaluador.
- Un evaluador apuntador.
- Un chofer.

b.- Preparar los formatos de evaluación correspondientes a las vías a inventariar o levantar. Definir los tramos y establecer un itinerario para el levantamiento (tener en cuenta los sentidos de circulación de las vías).

c.- Preparar la documentación de apoyo a llevar el campo:

- Instrucciones para levantar el inventario vial.
- Copias de los dibujos/descripciones de fallas.
- Plano del itinerario previsto.

d.- Verificar el funcionamiento del odómetro del vehículo de evaluación y checar la presión de las llantas. Verificar que estén dispuestos los elementos de seguridad requeridos.

Tareas del levantamiento:

e.- Iniciar el recorrido siguiendo el itinerario propuesto. Llegado al punto de inicio, colocar el odómetro en cero y comenzar a recorrer la calzada a baja velocidad (20 km/h). Las luces de emergencia deben estar en operación durante todo el levantamiento de información. El apuntador debe seleccionar el formato de evaluación con la identificación de la vía y tramo correspondiente.

f.- El apuntador registra los datos de la sección iniciada: tipo de pavimento y número de carriles; registra el nombre de la intersección inicial.

g.- Durante el recorrido, los evaluadores inspeccionan la condición del pavimento. Toda vez que consideren oportuno pueden detener el vehículo para descender a constatar la condición del pavimento. De igual manera, regular la velocidad hasta tener la seguridad de poder calificar adecuadamente los parámetros o indicadores de estado del pavimento.

h.- A medida que se desplaza el vehículo, el jefe del equipo establece una calificación tentativa de la sección en curso, siguiendo el procedimiento que se describe en los pasos (i) a (m).

i.- Registrar el número de baches descubiertos, clasificados convenientemente según su severidad y área. A tal efecto, seguir las instrucciones de la Tabla 1⁷. Cada bache es registrado por el apuntador en el formato de evaluación.

j.- Establecer una calificación tentativa para el indicador D2, Fisuras de Bloques o Piel de Cocodrilo. A tal efecto, seguir las instrucciones de la Tabla 2 y comparar la superficie del pavimento con los estándares respectivos, proporcionados por las tablas:

Tabla 2A: pavimentos de concreto hidráulico. Tabla 2B: pavimentos flexibles (y mixtos).

k.- Establecer una calificación tentativa para el indicador D3, Otras fisuras. A tal efecto, seguir las instrucciones de la Tabla 3 y comparar la superficie del pavimento con los estándares respectivos proporcionados por las tablas:

Tabla 3A: pavimentos de concreto.

Tabla 3B: pavimentos flexibles (y mixtos)

Tratándose de pavimentos de concreto tener en cuenta que la calificación dependerá básicamente de las fisuras clasificadas en los grupos B y C de la Tabla 3A, y que se efectuará una corrección, cuando corresponda, por incidencia de las fisuras del grupo D.

Tratándose de pavimentos flexibles y/o mixtos, tener en cuenta que la calificación excluye las fisuras por reflexión de nivel de severidad bajo.

l.- Establecer una calificación tentativa para el indicador D4, Defectos de Superficie. A tal efecto, seguir las instrucciones de la Tabla 4 y comparar la superficie del pavimento con los estándares respectivos, proporcionados por las tablas:

Tabla 4A: pavimentos de concreto. Tabla 4B: pavimentos flexibles (y mixtos)

⁷ Las Tablas 1 a la 5 y Figuras 3.2.1 A, 3.2.1 B, 3.2.2.A tienen como fuente el “Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las ciudades medias Mexicanas”, Tomo VI: “Elaboración del Inventario del Estado Funcional de Pavimento”

Tabla 1, D1 baches descubiertos

Objetivo:

- Evaluar la integridad del pavimento en su condición actual, en relación con la programación de actividades de emergencia.

Procedimiento de calificación:

- Se registra el número de baches descubiertos obtenidos en una sección; clasificándolos según su severidad y extensión, en cuatro categorías:
 - Baches superficiales de áreas menor 1m2. (SA)
 - Baches superficiales de área mayor 1m2. (SB)
 - Baches profundos de área menor 1m2. (PA)
 - Baches profundos de área mayor 1m2. (PB)
- Se totaliza el número de baches según categoría, para determinar el valor de D1, posteriormente en gabinete, que representa el área ponderada porcentual de baches descubiertos en la sección.

$$D1 = \frac{0.7 * SA + 2 * SB + 2 * (0.7 * PA + 2 * PB) * 100}{L * NC * 3.30}$$

Donde:

L = longitud de sección en metros. NC = número de carriles.

Niveles de severidad:

- Para efectos del inventario de condición se consideran baches superficiales aquellos identificados como de nivel de severidad baja y moderada en las normas de mantenimiento, o sea, cuando el material de la base no sea afectado. Se clasifican como profundos los de nivel de severidad alta, evidenciando desplazamiento de material de la base.

Niveles de Extensión o Frecuencia:

- Directamente se registra el número de baches descubiertos observados, respetando las categorías así definidas.

Tabla 2, D2 fisuras en bloques (pav. Rígidos) fisuras piel de cocodrilo (pav. Flexibles y mixtos).

Objetivo:

Evaluar la integridad de la estructura del pavimento y su potencial evolución a muy corto plazo.

Procedimiento de calificación:

- Se califica el estado del pavimento en función de la apreciación visual de la frecuencia o extensión de la superficie afectada por "Fisuras en bloques" (pav. rígidos) o "Fisuras tipo piel de cocodrilo" (pav. flexibles y mixtos). A tal efecto se emplean los esquemas tipo que se adjuntan en las tablas 2A y 2B.

Niveles de Severidad:

- Para efectos del inventario de condición no se diferencian niveles de severidad. Todas las fisuras en bloques o piel de cocodrilo, visibles en la superficie son consideradas en el levantamiento.

Niveles de Extensión o frecuencia:

- Se califica la extensión afectada de acuerdo con los siguientes indicadores, recurriendo a los esquemas tipo (Tabla 2A y 2B) para facilitar su individualización:

Nivel	Porcentaje de la Superficie evaluada afectada por fisuras*	Descripción condición del pavimento
0		Ausencia de fisuras en la sección evaluada.
1	> 0 - 5%	Fisuración escasa, aislada
2	> 5 - 15%	Fisuración intermitente, se distribuye regularmente en la sección.
3	> 15 - 25%	Fisuración frecuente, afecta gran número de losas o gran parte de las huellas de canalización del tránsito.
4	> 25%	Fisuración extensa, generalizada en toda la sección.

Tabla 2A
Niveles de frecuencia o extensión
D 2 fisuras en bloques - pavimentos rígidos

CODIGO EXTENSION	1	2	3	4
ESQUEMA TIPO				
AREA AFECTADA (Porcentaje Superficie Pavimento Afectado)	Mayor de 0 a 5%	Mayor de 5 a 15%	Mayor de 15 a 25%	Mayor de 25%
DESCRIPCION PAVIMENTO	Fisuración escasa aislada, ocasional	Fisuración intermitente, se distribuye regularmente en la sección	Fisuración frecuentemente afecta gran número de losas	Fisuración extensiva generalizada en toda la sección evaluada

Tabla 2B
Niveles de frecuencia o extensión d2 fisuras
Piel de cocodrilo - pavimentos flexibles y mixtos

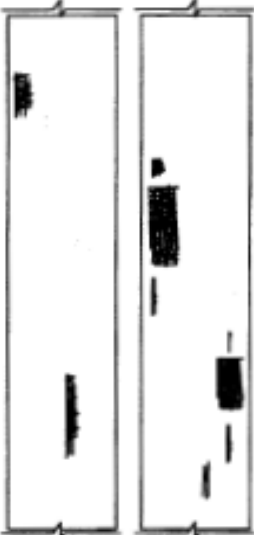
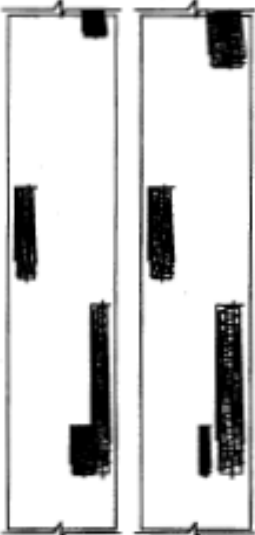
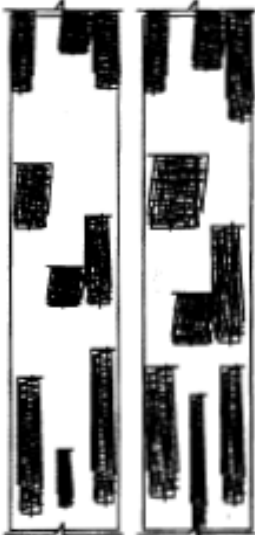
CÓDIGO EXTENSION	1	2	3	4
ESQUEMA TIPO				
AREA AFECTADA	Mayor de 0 a 5%	Mayor de 5 a 15%	Mayor de 15 a 25%	Mayor de 25%
DESCRIPCION PAVIMENTO	Fisuración escasa aislada, ocasional	Fisuración intermitente se distribuye regularmente en las huellas de canalización del tránsito	Fisuración frecuente, afecta un porcentaje significativo de las huellas de canalización del tránsito	Fisuración extensiva generalizada a toda la área de canalización del tránsito en la sección evaluada

Tabla 3A
Niveles de frecuencia o extensión
D3 otras fisura - pavimentos rígidos

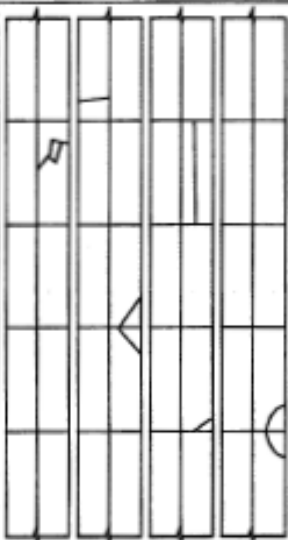
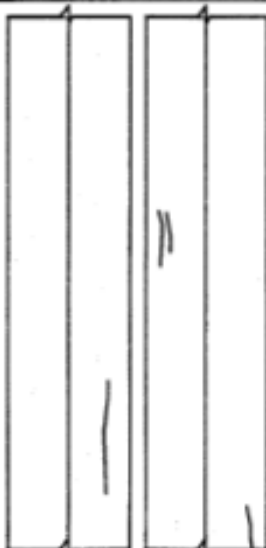
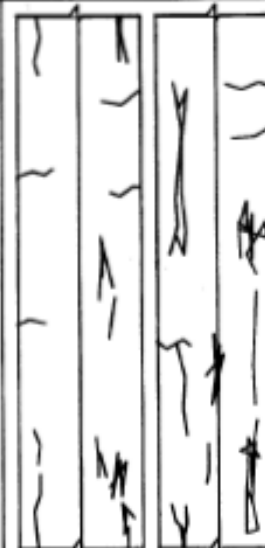
CODIGO EXTENSION	1	2	3	4
ESQUEMA TIPO				
AREA AFECTADA	Mayor de 0 a 5%	Mayor de 5 a 15%	Mayor de 15 a 25%	Mayor de 25%
DESCRIPCION PAVIMENTO				

Tabla 3B
Niveles de frecuencia o extensión
D3 otras fisuras pavimentos flexibles

CODIGO EXTENSION	1	2	3	4
ESQUEMA TIPO				
LONG. AFECTADA (Porcentaje de las longitudes de construcción evaluada)	Mayor de 0 a 5%	Mayor de 5 a 15%	Mayor de 15 a 25%	Mayor de 25%
DESCRIPCION PAVIMENTO	Fisuración escasa aislada, ocasional	Fisuración intermitente, se distribuyen regularmente en la sección	Fisuración frecuente afecta gran número de losas	Fisuración extensiva generalizada en toda la sección evaluada

En pavimentos rígidos los porcentajes se refieren al total del área de la sección, mientras que en pavimentos flexibles y mixtos el área es la correspondiente a huellas del tránsito.

m.- Comentar entre los ocupantes la sensación de confort o no y la comodidad de manejo que ofrece la vía, a fin de establecer una calificación promedio tentativa del indicador D5, Comodidad de Manejo. Para tal fin, comparar la apreciación subjetiva del confort con relación a las instrucciones de guía de la Tabla 5.

n.- Toda vez que se produce alguna de las situaciones que se indican a continuación, se da por concluida la sección y se registran las calificaciones asignadas a los indicadores anteriores citados, en el formato de evaluación.

- Cuando a juicio de los evaluadores se constata un cambio en la condición del pavimento, particularmente en relación con los indicadores D2 y D3.
- Se producen cambios en las características geométricas de la vía (número de carriles, tipo de superficie de rodamiento) o en el tipo de pavimento.
- En el recorrido se ha llegado a un cruce con una avenida de importancia.
- Se verifica, a través del odómetro, que la longitud de la sección alcanza ya los 500m.
- Se alcanza el límite de la red primaria, secundaria o vía en la que pasa una ruta de transporte colectivo que da término al tramo de evaluación.

En todos los casos, la sección debe concluir en correspondencia con una intersección (se prolongará la sección evaluada hasta la intersección más próxima cuando sea necesario).

o.- El apuntador registra en el formato de evaluación las calificaciones definiendo en primer término los límites de la sección.

- Lectura final del odómetro
- Nombre de la intersección respectiva

Traza una vertical en el cuadriculado del formato de manera de delimitar la sección con una escala gráfica aproximada. Totaliza los baches descubiertos en cada categoría y registra las calificaciones asignadas a los indicadores D2 a D5

Si la situación que llevó a concluir la sección es alguna de las indicadas como a), b), c), o d) en el paso anterior, continuar con el mismo formato. Por el contrario, para la situación e), cambiar de formato.

p.- Durante el recorrido, los evaluadores deben examinar la condición de guarniciones, camellones y banquetas y evaluar la intensidad de los trabajos de mantenimiento/rehabilitación.

Al concluir la sección de evaluación, registrar en el formato los valores y códigos apropiados.

q.- Registrar las observaciones que resulten convenientes y oportunas, para la selección evaluada, en base a los comentarios que se susciten durante el recorrido.

Para facilitar esta tarea examinar la relación siguiente y adoptar los códigos indicados para las diferentes observaciones:

Código	Observaciones
(0) ☐	Las intersecciones presentan un avanzado estado de deterioro en relación al resto de la vía.
(1) ☐	La condición del pavimento es muy variable dentro de la sección, pero de forma aleatoria.
(2)	La condición del pavimento varía significativamente de carril a carril.
(3) ☐	Se observan vestigios de fugas de agua o acumulaciones en distintos sectores de la sección; los elementos de drenaje son deficientes.
(4) ☐	Los bordes del pavimento son muy irregulares por falta de protección.
(5) ☐	Se evidencian deformaciones importantes (hundimientos y ahuellamientos)
(6)	Otras observaciones (registrar leyenda de referencia).

r.- Repetir el proceso para nuevas acciones. Al iniciar cada vía o calzada nueva, colocar el odómetro en cero.

Para levantamientos posteriores:

s.- Verificar que los formatos de evaluación hayan sido llenados correctamente. En particular, revisar la delimitación de secciones y la identificación de vías y tramos de evaluación. Establecer, si no fueron hechas con anterioridad las medidas progresivas de inicio y fin de cada tramo.

t.- Coordinar con el responsable del Inventario General de Condición los itinerarios a levantar del día siguiente, previo control de avance del Inventario. Esta operación se repetirá hasta concluir el levantamiento de toda la red al ser calificada.

Tabla 4, D4 defectos de superficie

Objetivos:

Evaluar la condición de la superficie del pavimento en relación a la existencia de diversos tipos de daño que, si bien no comprometen la integridad estructural, pueden generar actividades de mantenimiento (rutinario o periódico) en el corto o mediano plazos.

Procedimientos de calificación.

Se califica el estado del pavimento en función de la apreciación visual de la frecuencia o extensión de la superficie afectada por los siguientes tipos de daño:

- Pavimentos de concreto: Descascaramientos, peladuras, despostillamientos de juntas
- Pavimentos flexibles y mixtos: Peladuras, desintegraciones de bordes, exudación del asfalto, deformaciones en mezclas asfálticas asociadas a estabilidad deficiente (ondulaciones y corrimiento).

Niveles de Severidad:

- Los niveles de severidad se establecen para cada falla de las antes mencionadas
- Para efectos del inventario de condición se consideran los datos mencionados con niveles de severidad moderados a altos, exclusivamente.

Niveles de Extensión o Frecuencia:

- Se califica la extensión afectada de acuerdo con los siguientes indicadores, recurriendo a los esquemas tipo (tablas 4A) para facilitar su individualización.

Nivel	% de la superficie o de la longitud de juntas afectadas en la sección.	Descripción Condición del Pavimento
0		Ausencia de defectos de superficie con severidad moderada a alta.
1	>0 - 5%	Defectos escasos, aislados y ocasionalmente, zonas más críticas (esquinas).
2	>5 - 15%	Defectos intermitentes, se distribuye con regularidad en la sección.
3	>15 - 25%	Defectos frecuentes, afectan un gran número de losas o gran parte de la superficie del pavimento.
4	>25 %	Defectos extensivos generalizados en toda la sección evaluada.

Tabla 4A
Niveles de frecuencia o extension
D4 defectos de superficie – pavimentos rigidos

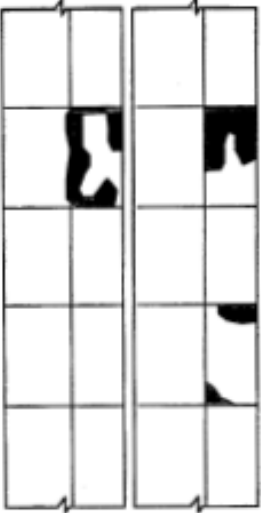
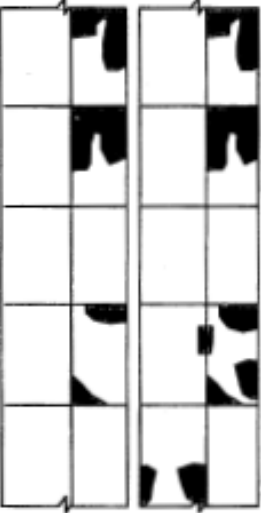
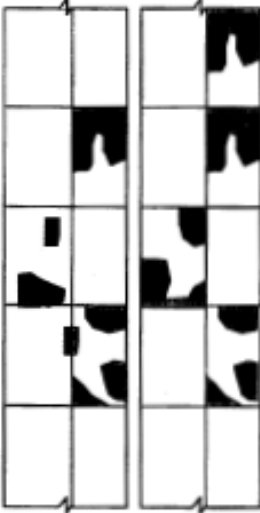
CODIGO EXTENSION	1	2	3	4
ESQUEMA TIPO				
AREA AFECTADA	Mayor de 0 a 5%	Mayor de 5 a 15%	Mayor de 15 a 25%	Mayor de 25%
DESCRIPCION PAVIMENTO	Defectos escasos, aislados ocasionalmente, en zonas más críticas y/o son muy escasas las juntas que presentan despostillamiento	Defectos intermitentes; se observan con cierta regularidad aislamiento descascamientos localizados y/o juntos con despostillamiento o distanciamiento	Defectos frecuentes afectan un gran número de losas; el descaramiento tiende a extenderse en las losas afectadas y/o el número de juntas con despostillamientos o distanciamientos es significativo	Defectos extensivos generalizados en toda la sección evaluada; descascamientos cubren gran superficie en gran parte de las losas y/o predominan juntas que afectan desarrollo o distanciamiento

Tabla 4B
Niveles de frecuencia o extension
D4 defectos de superficie - pavimentos flexibles y mixtos

CODIGO EXTENSION	1	2	3	4
ESQUEMA TIPO				
AREA AFECTADA (Porcentaje Transversal Horizontal - Vertical)	Mayor de 0 a 5%	Mayor de 5 a 15%	Mayor de 15 a 25%	Mayor de 25%
DESCRIPCION PAVIMENTO	Defectos escasos, aislados, ocasionalmente en zonas más críticas. (esquinas y zonas de frenado)	Defectos intermitentes, se distribuyen con regularidad en la sección	Defectos frecuentes afectan una porción significativa del pavimento	Defectos extensivos, generalizados en toda la sección evaluada

Tabla 5, D5 comodidad de manejo

Objetivo

Caracterizar la calidad funcional o servicio del pavimento en relación a su aceptación por parte del usuario.

Procedimiento de Calificación:

Reconocer el tramo o sección conduciendo el vehículo a una velocidad uniforme compatible con el tipo y función de la vía, evaluando globalmente la irregularidad del perfil longitudinal, en forma subjetiva, según su efecto en la calidad de manejo, de acuerdo con la siguiente guía:

Nivel D5	Condición Pavimento	Guía Calificación
1	Bueno a muy bueno	Circulación confortable y segura brinda un nivel de servicio muy satisfactorio ocasionalmente se detectan pequeñas irregularidades que no afectan la calidad del manejo.
2	Regular	Circulación medianamente confortable; existen irregularidades en el perfil y acabado del pavimento originadas en juntas defectuosas, reparaciones mal terminadas, deformaciones localizadas, que sin imponer restricciones a la velocidad de operación afectan la comodidad de manejo.
3	Pobre	Circulación no confortable,; la velocidad debe adecuarse a la condición del perfil longitudinal; frecuentes irregularidades por diferencias varias provocan continuo golpeteo, vibración y cabeceo en la marcha del vehículo.
4	Pésimo	Severo discomfort; desplazamiento y saltos provocados por continuas y severas irregularidades del pavimento, obligando no solo regular la marcha sino también a frecuentes maniobras para anticiparse o esquivar dichos daños. Circulación peligrosa.

Nota: Se procuró circular por el carril más crítico desde el punto de vista del desempeño del pavimento (generalmente el externo).

1.12.2.3 Procesamiento del inventario general de condición

Procesamiento de los formatos de evaluación

El inventario General de Condición contempla dos formas de procesamiento de la información obtenida en el campo:

- El cálculo de un indicador global, el "Índice de Estado" que combina en un valor único, variable de 0 a 100, los aspectos de servicio e integridad del pavimento.
- Un análisis pormenorizado de los distintos indicadores inventariados, que permita una clasificación del pavimento en función de los requerimientos de mantenimiento/rehabilitación que se estimen necesarios de acuerdo con el estado actual.

Estos parámetros se calculan para cada segmento o sección homogénea de una vía, incorporando los resultados al propio formato de evaluación y a los archivos correspondientes de la base de datos proveniente del inventario.

Determinación del índice de estado

Con el desarrollo de los sistemas de planeación para gerencia o administración de pavimentos, se ha generalizado el uso de índices que representan, a través de un valor numérico, la condición del pavimento. Así, se han estudiado las diversas técnicas para desarrollarlos, de manera que respondan razonablemente a las condiciones locales y a los usos requeridos de las ciudades medias de la República Mexicana.

A continuación se describen los procedimientos utilizados por SEDESOL para calcular el índice de estado de un pavimento:

Procedimientos de Cálculo

El procedimiento de SEDESOL se basa en el criterio de valores deducibles en el que se asignan puntos a deducir de un valor ideal o perfecto, según el tipo y magnitud de los daños.

La fórmula para el cálculo del índice de Estado es la siguiente:

$$IE = 100 - fa * \sum_{i=1}^r d(i,e)$$

Donde:

IE = Índice de Estado, variable de 0 a 100

fa = Factor de ajuste, función del número de daños considerados en la sección (r) y la sumatoria de los puntos a deducir ($\sum d_i$), este factor tiene en cuenta el efecto no totalmente aditivo de la combinación de daños, variando entre 0.5 y 1 según la intensidad con que se presentan las zonas deterioradas en la superficie de rodamiento: generalizadas (>30% long), seis zonas aisladas amplias, tres zonas aisladas pequeñas, etc. (Nota: El Instituto de Asfalto en las Series de Manuales, MS-4, Edic. 1989, considera fa=1).

r = Números de daños observados en la sección, variable de 0 a 5

d = Puntos a deducir, función del tipo de daño (D_i) y el nivel de extensión asignado al mismo (valor asignado a D_i)

La secuencia de cálculo del Índice de Estado se resume en los pasos siguientes:

a.- Determinar los puntos a deducir por concepto de D1, "Baches descubiertos".

Se calculará en primer lugar el indicador D1 en función del número de baches inventariados, empleando la fórmula indicada en capítulos anteriores.

Los puntos a deducir por este concepto ,d1, se determinan aplicando la siguiente relación:

$$d1 = 0 \quad \text{para } D1 < 0.10$$

$$d1 = 45.802 + 38.81 \log_{10} D1 \quad \text{para } D1 > 0.10$$

b.- Determinar los puntos a deducir por conceptos de D2, "Fisuras en Bloques o piel de cocodrilo".

Los puntos a deducir por este concepto, d2, se determinan con base en la siguiente tabla:

Clasificación D2 (% área afectada)	0 (-)	1 (2.5%)	2 (10%)	3 (20%)	4 (40%)
Puntos a deducir d2	0	20	40	55	65

c.- Determinar los puntos a deducir por concepto de D3, "Otras Fisuras" Los puntos a deducir por este concepto, d3, se determinan con base en la siguiente tabla:

Calificación D3 (% área afectada)	0 (-)	1 (2.5%)	2 (10%)	3 (20%)	4 (40%)
Puntos a deducir d3	0	14	29	36	44

d.- Determinar los puntos a deducir por concepto de D4, "Defectos de Superficie".

Los puntos a deducir este concepto, d4, se determinan con base en la siguiente tabla:

Calificación D4 (% área afectada)	0 (-)	1 (2.5%)	2 (10%)	3 (20%)	4 (40%)
Puntos a deducir d4	0	8	15	20	30

e.- Determinar los puntos a deducir por concepto de D5, "Comodidad de Manejo".

Los puntos a deducir por este concepto, d5, se determinan con base en la siguiente tabla:

Calificación D5	1	2	3	4
Puntos a deducir d5	0	10	20	30

f.- Calcular la sumatoria de puntos a deducir (SDP)

$$SDP = \sum_{i=1}^r d(i,e) = d1 + d2 + d3 + d4 + d5$$

- g.- Determinar el "número de daños" que generan puntos a deducir (r)

El valor de r es la suma de los indicadores que generan puntos a deducir, di mayores de 5. Cuando todos proveen puntos a deducir mayores de 5, es decir, $r = 5$.

- h.- Determinar los "factores de corrección fa"

Los factores de corrección "fa" se determinan en función del número de datos que generan puntos a deducir mayores de 5, "n", y de la sumatoria de puntos a deducir, SDP en base a los cuadros No. 3.2.1 .A y 3.2.1 .B.

- i.- Verificar que fa (SDP) no resulte inferior a cada uno de los puntos deducibles considerados individualmente, es decir:

$$d_i < fa (SDP) \text{ (para } i = 1 \text{ hasta } 5 \text{)}$$

De presentarse esta situación, se reemplaza " fa (SDP)" por el valor de di correspondiente.

- j.- Determinar el Índice de Estado en base a lo parámetros calculados.

Habiendo calculado los parámetros previos, se determina el Índice de Estado aplicando la fórmula:

$$IE = 100 - fa (SDP)$$

- k.- Registrar el valor calculado en el formato de evaluación, en correspondencia con la sección respectiva.

Interpretación de los Resultados

El Índice de Estado es un indicador global, apropiado para descubrir la condición del pavimento, el nivel de servicio que ofrece y, para estimar indirectamente un rango de costos de operación vehicular de los usuarios.

En el Cuadro No. 3.2.2. A, se establece una guía para interpretar los resultados obtenidos. Un Índice de Estado de 100 indica un pavimento excelente, sin fallas visibles en su superficie. El valor de 0, en el otro extremo, es la calificación más baja posible. Una condición deficiente, en la cual el pavimento requiere rehabilitación o reconstrucción, está determinada por un Índice de Estado inferior a 40.

A su vez, el Índice de Estado está asociado estadísticamente a la determinación de necesidades de mantenimiento y rehabilitación, según se describe más adelante.

Clasificación según el tipo de acción

A través de la metodología que se describe a continuación, las vías pueden clasificarse de acuerdo con su estado, en cinco categorías o clases, asociadas a diferentes programas de acción.

La clasificación del pavimento se efectúa en base a un algoritmo de decisión que analiza separadamente las calificaciones asignadas a los indicadores D1 a D5, es decir, efectuando un análisis paramétrico. Como resultado, se asigna a cada sección de pavimento una estrategia o programa de acción conveniente o recomendable en función del estado del pavimento. Obviamente, otras consideraciones deben tenerse en cuenta también al formular los programas de trabajo tales como la disponibilidad de recursos financieros, disponibilidad de proyectos, etc.

Las cinco categorías de acción son las siguientes:

A - Mantenimiento preventivo.

B - Mantenimiento correctivo.

C - Mantenimiento mayor.

- (1) Condición dudosa, mantenimiento correctivo mayor.
- (2) Sellado de superficie.
- (3) Recapado delgado.

D - Rehabilitación - refuerzo estructural.

E - Rehabilitación – reconstrucción

Algoritmo para Seleccionar la Categoría de Acción

El algoritmo desarrollado para la selección de la estrategia o programa de acción, se ha preparado combinando los indicadores de deterioro D1 a D5 y el Índice de Estado. La repetición del cálculo para cada una de las secciones homogéneas en que se ha subdividido la red vial principal, hace necesario su procesamiento por computadora; por ello, el algoritmo se presenta en una secuencia lógica apropiada para determinarse por computadora.

Cuadro no. 3.2.1 A

INDICE ESTADO	NIVEL DE SERVICIO	COSTOS DE LOS USUARIOS	DESCRIPCION DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO
100-90-	Muy bueno	Costos de operación de referencia (100%).	Pavimento en condición muy buena; circulación muy confortable, superficie uniforme. No se observa daños o eventualmente estos son ocasionales y poco significativos.
80-70-60-	Bueno a Regular	Ligero incremento, costos de operación 105 a 120%.	Pavimento en condición buena a regular, circulación confortable. Se observa fallas incipientes aunque de tipo localizado. □
□50-40-	Regular a Malo	Significativo incremento de costos de operación 120 a 150%	Pavimento en condición regular, circulación poco confortable. Daños manifiestos y frecuentes. El pavimento se aproxima al fin de su vida útil, requiere una inspección detallada.
30-	Malo a Muy mala	Altos costos de operación 130 a 150%.	Pavimento en condición deficiente, circulación no confortable. Daños en proceso de generalización. El pavimento está alcanzando su vida útil.
20-10-	Muy mala a Pésimo	Muy altos costos de operación 145 a 170%.	Condición deficiente; circulación pésima. Daños completamente generalizados e irreversibles.

La selección se realiza en base al siguiente análisis:

a.- Rehabilitación - reconstrucción

Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- $D2 = 4 \text{ \& } IE \leq 30$
- $D2 \geq 2 \text{ \& } (D2 + D3) \geq 6 \text{ \& } IE \leq 25$
- $D2 \geq 2 \text{ \& } (D1 + D2) \geq 6 \text{ \& } IE \leq 25$
- $IE \leq 20$

b.- Rehabilitación - refuerzo estructural.

Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- $D2 = 4$
- $D2 \geq 2 \text{ \& } (D2 + D3) \geq 5$
- $D3 \geq 3 \text{ \& } (D1 + D2) \geq 3$
- $D3 = 3 \text{ \& } IE \leq 40$
- $IE \leq 30$

c.- Mantenimiento mayor, refuerzo delgado. Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- $(D2 + D3) \geq 4 \text{ \& } IE \leq 55$
- $D2 \geq 3 \text{ \& } IE \leq 40$
- $(D1 + D2) \geq 4 \text{ \& } IE \leq 55$
- $D5 \geq 3 \text{ \& } (D1 + 0.5 * D2) \leq 2$

d.- Mantenimiento mayor; sellado asfáltico de superficie. Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- $D4 \geq 4 \text{ \& } IE \leq 65$
- $(D1 + D2) \geq 3$
- $(D2 + D3) \geq 4$

e.- Mantenimiento mayor - mantenimiento correctivo mayor.

Esta categoría de acción se asigna a pavimentos en condición dudosa, que requiere al menos una inspección adicional, cuando se presenta la condición:

- $IE \leq 60$

f.- Mantenimiento correctivo.

Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- $(D1 + D2) \geq 0$
- $(D3 + D1) \geq 2$

g.- Mantenimiento preventivo.

Esta categoría de acción se asigna cuando la sección no fue clasificada en alguna de las categorías precedentes.

Interpretación de Resultados

Las categorías y programas de acción definidos se detallan en el cuadro No. 3.2.2.A "Inventario General de Condición - Categorías de Acción", complementándolos con una descripción del estado del pavimento y los alcances de los mismos. Asimismo, se incluye una relación aproximada entre estas categorías y el Índice de Estado.

Cuadro no. 3.2.2.A

Inventario general de condición - categorías de acción

RANGO DE INDICE ESTADO	CATEGORIA DE ACCION	DESCRIPCION*
100 a 85	A Mantenimiento mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo.
85 a 60	B Mantenimiento Correctivo	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
60 a 40	C Mantenimiento Intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo. Comprende tres tipos de acción: (1) Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor (2) Sellado de superficie. (3) Recapado delgado.
40 a 25	D Rehabilitación Refuerzo Estructural	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.
□ < 25	Rehabilitación Reconstrucción	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas, que requieren una rehabilitación mayor probable- mente con alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo.

En todos los casos no se descarta la necesidad de llevar a cabo acciones de emergencia tales como reparaciones por servicios públicos y otras causas que pudieran dar origen a fallas localizadas inesperadas.

Esta clasificación es la base para establecer necesidades de mantenimiento y rehabilitación. Las Normas de Cantidad están asociadas a dichas categorías.

Presentación de resultados

Los procesamientos descritos en los incisos precedentes pueden efectuarse tanto en forma manual como por computadora. Obviamente las posibilidades de actualización y presentación de resultados, en términos prácticos de tiempo y esfuerzo requeridos, son mayores si se instrumenta un sistema computarizado y se mantiene una base de datos.

A modo de ejemplo, las categorías de acción señaladas se pueden representar por los colores de identificación siguientes:

A - Mantenimiento preventivo.	Azul
B - Mantenimiento correctivo.	Verde
C - Mantenimiento intensivo.	Amarillo
D - Rehabilitación refuerzo estructural.	Anaranjado
E - Rehabilitación reconstrucción.	Rojo

Las acciones homogéneas se representan en un plano, identificándolas con el color respectivo según la categoría asignada a la misma. El plano permite visualizar rápidamente el estado de la red al momento de la evaluación, así como seleccionar tramos o proyectos en condición crítica. Es una valiosa ayuda para apreciar la evolución a través de evaluaciones sucesivas de la condición de cada uno de los sistemas viales que componen la red.

1.12.3 Metodología HDM-VOC

Para el cálculo de los costos de operación (combustible, lubricantes, llantas, depreciación y mantenimiento de los vehículos), se empleó el modelo computacional HDM-VOC (Highway Design and Standard Model - Vehicle Operating Costs)

La estimación de los costos de operación se realizó para los tipos de vehículos A y B en la situación con y sin proyecto; es decir, suponiendo la mejora de las condiciones de la superficie de rodamiento (o rehabilitación total de la red vial primaria) y los costos de operación con las características del IRI obtenido en campo (actual); tomando en cuenta la velocidad de circulación, las características geométricas de la vialidad, las especificaciones técnicas y los rendimientos de cada vehículo tipo.

Para la determinación de costos de operación, el modelo computacional toma en cuenta las características de la vialidad (superficie, altitud del terreno, índice de rugosidad, pendiente, curvatura, etc.), características del vehículo (peso, carga útil, potencia, velocidad calibrada del motor, rendimiento por litro de combustible consumido, etc.), características de los neumáticos (llantas por vehículo, costo de renovación, desgaste, etc.), datos sobre utilización del vehículo, costos unitarios y coeficientes adicionales (refacciones, mantenimiento, velocidad deseada, etc.).

El modelo entrega los costos de operación por tipo de vehículo por cada 1000 kilómetros recorridos, desglosados para cada uno de sus componentes, así como la suma de los costos de operación en conjunto. Para este caso se tomará el costo unitario (costo de operación / 1000 vehículos) para la situación actual y de proyecto.

Posteriormente, se cuantificaron los ahorros por costos de operación, considerando para ello, el volumen de vehículos diarios y la longitud del tramo en kilómetros, ambos se multiplican por la diferencia de los costos de operación en cada situación (IRI condición actual e IRI mejorado). Lo anterior da como resultado el beneficio por ahorro en costos por día o por año (al multiplicar por 365) para ambos casos (sumados A y B).

Estos ahorros, enlistados en forma descendente, darán pauta a la prioridad que tenga que darse para la asignación dentro del programa de mantenimiento. Es decir, una vía con el ahorro mayor debido a la diferencia de los costos de operación, tendrá mayor prioridad para su mantenimiento a una en que el ahorro sea igual a cero, interpretándose que la vía se encuentra en buenas condiciones $IRI \leq 3$ y/o que dentro de la red vial no fuera relevante su operación TPDA, según sea el caso.

Todos y cada uno de los procesos descritos anteriormente, se presentan en los siguientes numerales.

1.12.3.1 Insumos

La primera parte de los trabajos consiste en la recopilación de información que servirá de insumo al programa HDM – VOC.

Los datos investigados se relacionan con:

- Costo de los vehículos
- Características físicas y operativas de los vehículos (vehículo pequeño, vehículo mediano, vehículo utilitario y autobús)
- Velocidades de las vías a analizar
- IRI de las vía a analizar

➤ Costo de combustible, lubricantes, llantas

Los datos sobre costos e insumos son datos promedios, pues el mercado es diverso y no existe un precio único para ellos. Algunos ejemplos son:

COSTO LLANTAS SEDAN / VAN

Marca	Modelo	Medida	Costo	Para
Cooper	Sport master	175/70r13	\$568.69	VW pointer
Multimille	Centred 70	175/70r13	\$478.71	VW pointer
Yokohama	Avd /Tornel	175/70r13	\$617.61	VW pointer
Michelin	Radial	125/65r15	\$1,572.53	Ford Fiesta
Michelin	Radial	125/65r15	\$1,572.53	Chevy

Costo promedio

\$962.01

COSTO LLANTAS AUTOBUS URBANO

Marca	Modelo	Medida	Costo	Para
Yokohama		11r22.5	\$5,022.73	Mercedez L260 Urbano
Yokohama		11r22.5	\$4,533.96	
Power King		11R24.5	\$4,161.72	
Triangle		11r24.5	\$3,890.97	

Costo promedio

\$4,402.35

Fuente: Llantas.com.mx

COSTO COMBUSTIBLES

Gasolina Magna	\$6.71	por litro
Gasolina Premium	\$8.25	por litro
Diesel	\$5.78	por litro

Fuente: La crónica / La jornada 16 nov. 2006

Estos datos fueron investigados a través de Internet, guía autométrica (libro azul) e investigación de mercado. Dichos datos se encuentran en el anexo 1.25 denominado "Insumos para VOC".

1.12.3.2 Actualización de datos

Una vez investigado los principales insumos y costos, la siguiente actividad consistió en actualizar las principales variables que intervienen en el programa. Para este

caso en específico se actualizo la Potencia máxima de operación y la potencia del frenado. Aunado a ello se definió el tipo de vehículo a considerar y las características de la vía.

1.12.3.3 Actualización de la potencia máxima

Con base en el estudio desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte en el año 2002 sobre el estado superficial y costos de operación en carreteras, se retomaron las expresiones matemáticas para los datos referentes a la Potencia Máxima en Operación y la Potencia Máxima del Freno de los vehículos⁸.

Dichas expresiones matemáticas fueron calculadas para cada tipo de vehículo, ejemplo de ello se presenta a continuación, para ver el desarrollo de cada uno de ellos ver el anexo 1.25 denominado Insumos.

9 Potencia máxima de operación VEHÍCULO LIGERO

Marca VW

Modelo Pointer

Potencia 98 HP

De acuerdo a la fórmula de Watanatada 1987 (Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras, IMT Publicació Técnica No. 22, 2002, página 17)

$$HPDRIVE = 2.0 HPRATED^{0.7}$$

en donde

HPRATED = Potencia nominal del vehículo dividido entre 0.98632 HP para convertirlo a HP métricos

$$HPDRIVE = 0.75 \quad 24.76613597 \quad 0.98632$$

$$HPDRIVE = 18.8322268$$

Potencia Máxima del freno

$$HPBRAKE = 9.3 GVW + 13$$

en donde:

GVW = Peso neto del vehículo en toneladas

$$GVW = 0.946$$

$$HPBRAKE = 9.3 \quad 0.946 \quad 13 \quad 0.736$$

$$HPBRAKE = 29.6165761$$

⁸ Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 22, Sanfandila, Qro., 2002

1.12.3.4 Selección del tipo de vehículo

Con base en la información suministrada de los aforos realizados en las estaciones maestras y en los direccionales se determinó el tipo de vehículo a utilizar de los diez casos que se registran dentro del programa:

Para el caso del tipo A se tomaron los casos de:

Vehículo pequeño (caso 1)

Vehículo mediano (caso 2)

Vehículo utilitario (caso 3)

El vehículo utilitario corresponderá a los vehículos tipo Van.

En el caso del transporte de pasajeros se tomó el tipo de vehículo No. 5 que registra el programa y que corresponde al tipo autobús.

1.12.3.5 Tipo de terreno y altitud

La altitud de Chihuahua es de 1440 metros sobre el nivel del mar, y fue la misma para todos los casos.

Para el tipo de terreno se retomó la consideración de que la Ciudad de Chihuahua se asienta sobre un lomerío y para representar el congestionamiento, las paradas o enfrenadas en intersecciones, zonas conflictivas y los rebases en una zona urbana se infirieron los siguientes datos.

Gradiente medio positivo: 3%

Curvatura horizontal 300°/km

Proporción de viaje ascendente 50 %

Al igual que la altitud, estos datos fueron constantes para cada uno de los casos considerados.

1.12.3.6 Otras variables

Los datos del IRI, tipo de superficie, velocidad y número de carriles serán particulares para cada caso y vía, los cuales fueron tomados de los estudios de campo realizados dentro de este estudio.

1.12.3.7 Resultados

Una vez determinadas las variables y constantes que requiere el programa, se analizó cada uno de los casos, tanto para la situación actual como con proyecto. Esta última considera que todas las vías se rehabilitan y que el IRI será igual a 3. Para ejemplificar algunos casos se presenta en la siguiente tabla los principales resultados:

Situación Actual

Situación de proyecto

3	Av. Vallarta	IRI = 4.90	COV/1000	COV/unitario	Promedio A	IRI = 3	COV/1000	COV/unitario	Promedio A
	Vehículo Ligero		\$3,382.62	\$3.38	\$7.18		\$3,255.03	\$3.26	\$6.99
	Vehículo Mediano		\$11,791.69	\$11.79			\$11,588.72	\$11.59	
	Vehículo Utilitario		\$6,376.43	\$6.38			\$6,117.02	\$6.12	
	Autobús		\$10,319.48	\$10.32			\$10,089.46	\$10.07	

En general, para la red analizada en la condición actual, los costos de operación vehicular en promedio para el tipo A = \$7.02 por vehículo y para B = \$12.16 por vehículo.

Para la condición de proyecto, el costo promedio fue A = \$ 6.83 y para B = 11.74, tomando la consideración que toda la red es rehabilitada para un IRI = 3.

1.12.3.8 Ahorro por Costos de Operación

Para la cuantificación de los ahorros por costos de operación se consideró el volumen de vehículos diarios y la longitud del tramo en kilómetros, multiplicándolos por la diferencia de los costos de operación en cada situación (con y sin proyecto) dando como resultado el beneficio por ahorro en costos por día. En este caso se presenta el ahorro anual, al multiplicar por 365 el resultado por día. La expresión matemática utilizada es la siguiente:

$$ACO = [(COV \text{ s/p} * TPDA * \text{km de la vía}) - (COV \text{ c/p} * TPDA * \text{km de la vía})] * 365$$

En donde:

ACO = Ahorro por costos de operación

COV s/p = Costos de operación vehicular sin proyecto

TPDA = Transito promedio diario anual

Km vía = Longitud de la vía en estudio

COV c/p = Costos de operación vehicular con proyecto

En el anexo 1.40 del presente documento, el cual se entrega en medio magnético debido al gran volumen de información, se muestran las curvas calibradas en el HDMVOC para cada una de las vialidades estudiadas.

1.12.4 Propuesta de mantenimiento de acuerdo con la metodología de SEDESOL

Para el caso de la elaboración del inventario del estado funcional del pavimento en la ciudad de Chihuahua, una vez realizada la recolección de datos en campo, haber procesado dicha información y realizado el análisis correspondiente, se estableció la condición general de la red. Lo anterior de acuerdo con lo señalado y propuesto en el manual normativo (tomo VI).

A efecto de agilizar el proceso de cálculo y/o análisis de resultados, dada la cantidad de variables y datos levantados, la metodología referida se automatizó a través del cálculo en una base de Excel, disminuyendo el margen de error y efectuando los cálculos en forma directa al momento de capturar los datos obtenidos en campo. Cabe destacar que dicha base está integrada y vinculada al documento de consulta en ArcView, pudiéndose acceder a la base de datos, visualizar los datos y cálculos, por cada vialidad analizada.

Tabla 1.74 Visualización de hoja de cálculo metodología SEDESOL (base Excel).

VIALIDAD :AV. CIRCUITO UNIVERSITARIO NÚMERO: 0
SENTIDO: OTE-PTE

DATOS DE CADA SECCIÓN HOMOGÉNEA			PARAMETROS OBTENIDOS DE CAMPO											PUNTOS DEDUCIDOS					INDICE DE ESTADO Y ESTADO FISICO				ACCIONES RECOMENDADAS		
SECCION	DEL km	AL km	CRUCE DE CALLE	SA	SB	PA	PB	L	NC	D1	D2	D3	D4	D5	d1	d2	d3	d4	d5	SDP	fa	fa(SDP)c	IE	ESTADO FISICO	ACCIÓN RECOMENDADA
1	0+000	0+500	AV. COLON	0	0	0	0	500	3	0	1	3	2	1	0	20	36	15	0	71	0.5	36.00	64	BUENO A REGULAR	MANTENIMIENTO MAYOR; SELLADO
2	0+500	0+800		0	0	0	0	300	3	0	0	1	0	1	0	0	14	0	0	14	0.5	14	86	MUY BUENO	ASFALTICO DE LA SUPERFICIE
3	0+800	1+000		0	0	0	0	200	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
4	1+000	1+500		0	0	0	0	500	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
			PERIF. DE LA																						
5	1+500	2+000	JUV.	0	0	0	0	500	2	0	1	1	0	1	0	20	14	0	0	34	0.5	20	80	BUENO A REGULAR	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
6	2+000	2+500		0	0	0	0	500	2	0	1	1	0	1	0	20	14	0	0	34	0.5	20	80	BUENO A REGULAR	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
																									MANTENIMIENTO MAYOR-
7	2+500	3+000		0	0	0	0	500	2	0	2	1	1	1	0	40	14	8	0	62	0.5	40	60	REGULAR A MALO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
8	3+000	3+500		0	0	0	0	500	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
9	3+500	4+000		0	0	0	0	500	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
10	4+000	4+500		0	0	0	0	500	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
11	4+500	4+773	AV. COLON	0	0	0	0	273	2	0	0	0	1	1	0	0	0	8	0	8	0.5	8	92	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO

VIALIDAD :AV. CIRCUITO UNIVERSITARIO NÚMERO: 0
SENTIDO: PTE-OTE

DATOS DE CADA SECCIÓN HOMOGÉNEA			PARÁMETROS OBTENIDOS DE CAMPO											PUNTOS DEDUCIDOS					ÍNDICE DE ESTADO Y ESTADO FÍSICO				ACCIONES RECOMENDADAS			
SECCION	DEL km	AL km	CRUCE DE CALLE	SA	SB	PA	PB	L	NC	D1	D2	D3	D4	D5	d1	d2	d3	d4	d5	SDP	fa	fa(SDP)c	IE	ESTADO FÍSICO	ACCIÓN RECOMENDADA	
																									MANTENIMIENTO MAYOR- MANTENIMIENTO CORRECTIVO MAYOR	
1	0+000	0+500	AV. COLON	0	0	0	0	500	2	0	2	1	3	1	0	40	14	20	0	74	0.5	40	60	REGULAR A MALO	MANTENIMIENTO MAYOR- MANTENIMIENTO CORRECTIVO MAYOR	
2	0+500	0+600		0	0	0	0	100	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
3	0+600	1+000		0	0	0	0	400	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
4	1+000	1+500		0	0	0	0	500	2	0	2	1	0	1	0	40	14	0	0	54	0.5	40	60	REGULAR A MALO	MANTENIMIENTO MAYOR- MANTENIMIENTO CORRECTIVO MAYOR	
5	1+500	2+000	JUV.	0	0	0	0	500	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
6	2+000	2+500		0	0	0	0	500	2	0	0	0	3	1	0	0	0	0	20	0	20	0.5	20	80	BUENO A REGULAR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
7	2+500	3+000		0	0	0	0	500	2	0	1	1	0	1	0	20	14	0	0	34	0.5	20	80	BUENO A REGULAR	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
8	3+000	3+500		0	0	0	0	500	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
9	3+500	4+000		0	0	0	0	500	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
10	4+000	4+500		0	0	0	0	500	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
11	4+500	4+773	AV. COLON	0	0	0	0	273	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	100	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	

Tabla 1.75 Variables que intervienen en la metodología de SEDESOL

S I M B O L O G I A	D1= ROTURAS O BACHES DESCUBIERTOS		
	D1	SA	Número de baches superficiales de área menor de 1 m ² (área supuesta = a 0.70 m ²)
		SB	Número de baches superficiales de área mayor de 1 m ² (área supuesta = a 2.00 m ²)
		PA	Número de baches profundos de área menor de 1 m ² (área supuesta = a 0.70 m ²)
		PB	Número de baches profundos de área mayor de 1 m ² (área supuesta = a 2.00 m ²)
		L	Longitud de la sección en metros
		NC	Número de carriles en la sección (se supone de 3.3 m promedio)
	D2= FISURAS EN BLOQUES O PIEL DE COCODRILO		
	D3= OTRAS FISURAS		
	D4= DEFECTOS DE SUPERFICIE		
	D5= COMODIDAD DE MNANEJO (EN ESTE CASO IRI)		
SDP= SUMATORIA DE PUNTOS A DEDUCIR			
fa= FACTOR DE CORRECCION			
IE= INDICE DE ESTADO			

A continuación se presenta en resumen la descripción de la condición del pavimento y, de la misma forma, las acciones de mantenimiento/rehabilitación que se proponen aplicando la metodología de SEDESOL.

Tabla 1.76 Descripción de la condición del pavimento de acuerdo con su índice de estado y/o nivel de serviciabilidad.

INDICE ESTADO	NIVEL DE SERVICIO	COSTOS DE LOS USUARIOS	DESCRIPCION DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO
100-90-	Muy bueno	Costos de operación de referencia (100%).	Pavimento en condición muy buena; circulación muy confortable, superficie uniforme. No se observa daños o eventualmente estos son ocasionales y poco significativos.
80-70-60-	Bueno a Regular	Ligero incremento, costos de operación 105 a 120%.	Pavimento en condición buena a regular, circulación confortable. Se observa fallas incipientes aunque de tipo localizado. □
□50-40-	Regular a Malo	Significativo incremento de costos de operación 120 a 150%	Pavimento en condición regular, circulación poco confortable. Daños manifiestos y frecuentes. El pavimento se aproxima al fin de su vida útil, requiere una inspección detallada.
30-	Malo a Muy mala	Altos costos de operación 130 a 150%.	Pavimento en condición deficiente, circulación no confortable. Daños en proceso de generalización. El pavimento está alcanzando su vida útil.
20-10-	Muy mala a Pésimo	Muy altos costos de operación 145 a 170%.	Condición deficiente; circulación pésima. Daños completamente generalizados e irreversibles.

Tabla 1.77 Descripción de las categorías de acción de acuerdo con el rango de índice estado.

RANGO DE INDICE ESTADO	CATEGORIA DE ACCION	DESCRIPCION*
100 a 85	A Mantenimiento mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo.
85 a 60	B Mantenimiento Correctivo	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
60 a 40	C Mantenimiento Intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo. Comprende tres tipos de acción: (1) Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor (2) Sellado de superficie. (3) Recapado delgado.
40 a 25	D Rehabilitación Refuerzo Estructural	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.
□ < 25	Rehabilitación Reconstrucción	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas, que requieren una rehabilitación mayor probable- mente con alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo.

1.12.4.1 Condición del pavimento

De acuerdo con los porcentajes arrojados del índice de estado se obtuvieron los niveles de serviciabilidad de la red, en la que se observa que los mayores porcentajes se ubican de Bueno a Regular con 46.36% y de Regular a Malo con 30.95%, encontrándose en un estado muy bueno el 21.43%.

Tabla 1.78 Niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIABILIDAD	LONGITUD (km)	%
MUY BUENO	115.90	21.43%
BUENO A REGULAR	250.74	46.36%
REGULAR A MALO	167.37	30.95%
MALO A MUY MALO	6.80	1.26%
PESIMO	0.00	0.00%
TOTAL		100.00%

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se puede concluir lo siguiente:

- El 21.43% de la longitud de la red vial no observa daños o eventualmente estos son ocasionales y poco significativos.
- El 46.36% de la longitud de la red vial observa fallas insipientes aunque de tipo localizado.
- El 30.95% de la longitud de la red vial tiene un pavimento que se aproxima al fin de su vida útil, requiriendo de una inspección detallada (estudio).
- El 1.26% de la longitud de la red vial tiene daños en proceso de generalización y el pavimento está alcanzando su vida útil.

1.12.4.2 Categorías de acción

Las categorías y programas de acción se presentan en la tabla 6, donde se puede apreciar que el 21.59% del total de la longitud estudiada requiere de un mantenimiento preventivo, el 32.64% un mantenimiento correctivo, 41.09% de mantenimiento intensivo y solo el 4.69% requiere de rehabilitación de refuerzo estructural.

Tabla 1.79 Categorías de acción

CATEGORIA DE ACCIÓN	LONGITUD (km)	%
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	116.74	21.59%
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	176.51	32.64%
MANTENIMIENTO INTENSIVO	222.22	41.09%
REHABILITACIÓN REFUERZO ESTRUCTURAL	25.34	4.69%
REHABILITACIÓN, RECONSTRUCCIÓN	0.00	0.00%
TOTAL		100.00%

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se puede concluir lo siguiente:

- El 21.59% de la longitud de la red vial tiene un pavimento en condición muy buena, no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas, ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo.
- El 32.64% de la longitud de la red vial tiene un pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.

- El 41.09% de la longitud de la red vial presenta un pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una **rehabilitación a mediano plazo**⁹.
- El 4.69% de la longitud de la red vial presenta un pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una **rehabilitación en el corto plazo** para evitar la generalización de daños irreversibles.

Es importante destacar que para mayor facilidad de consulta se puede acceder al archivo electrónico de ArcView, así mismo consultar el listado correspondiente de niveles de servicialidad o categoría de acción, dentro del mismo. En dicho listado podrá obtenerse la información correspondiente por cada vialidad (tramos homogéneos) o en su defecto visualizar la totalidad de la red vial analizada.

Para cada vialidad se generó un reporte, con el propósito de poder consultar en este documento los tramos homogéneos detectados (anexo 1.26), índice de estado, nivel de servicialidad y la categoría de acción recomendada, ver tabla 7.

⁹ Este concepto comprende tres tipos de acción, 1) mantenimiento correctivo mayor, 2) Sellado de superficie y 3) Re-encarpado delgado.

Tabla 1.80 Desplegado o consulta de resultados metodología SEDESOL por
vialidad.

[illegible]

Fuente: Elaboración propia.

1.12.4.3 Antepresupuesto trabajos de mantenimiento (SEDESOL)

Una vez apreciadas las necesidades globales de la red y de acuerdo con los resultados obtenidos con esta metodología (tramos homogéneos), se procedió a determinar el antepresupuesto de mantenimiento/rehabilitación de cada avenida y, por consecuencia, el costo global de toda la red vial, es decir cuanto se requiere aplicar y en donde.

Cabe hacer mención que este antepresupuesto no incluye tramos que están en categoría de acción catalogado dentro del mantenimiento preventivo (mínimo), por considerarse que son los trabajos que desarrolla cotidianamente el Municipio, así como también se hace la aclaración que para la estimación del costo se utilizaron precios unitarios paramétricos o índice (aproximados a la región) y los volúmenes de obra se obtuvieron geoméricamente en gabinete con los datos obtenidos en el estudio, es decir, no se realizaron levantamientos topográficos de detalle.

En las tablas siguientes se presenta el antepresupuesto de mantenimiento /rehabilitación de la red vial, de acuerdo con las categorías de acción propuestas por la SEDESOL, así como también los volúmenes de obra correspondientes, de acuerdo con los tramos homogéneos obtenidos.

Tabla 1.81 Antepresupuesto de mantenimiento/rehabilitación de la red vial-
SEDESOL

PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Bacheo superficial en zonas aisladas (PUOT)	m ³	22,696.30	\$900.00	\$20,426,670.00
Sellado asfáltico (con sello premezclado) de la superficie (PUOT)	m ²	149,082.00	\$27.87	\$4,154,915.34
Sobrecarpeta delgada de 5 cm de espesor (PUOT)	m ³	29,217.25	\$1,500.00	\$43,825,875.00
Bacheo profundo en 10 % de área total (PUOT)	m ³	5,702.10	\$1,160.00	\$6,614,436.00
Fresado de la carpeta existente en 5 cm de espesor (PUOT)	m ³	9,503.50	\$123.00	\$1,168,930.50
Carpeta de concreto asfáltico de 10 cm. de espesor (PUOT)	m ³	19,007.00	\$1,500.00	\$28,510,500.00
TOTAL				\$104,701,326.84

Fuente: Elaboración propia.

PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Sellado de grietas y juntas de losas, (PUOT)	m	9,671.05	\$98.40	\$951,631.32
Reparación de juntas con despostillamientos (PUOT)	m	4,835.53	\$259.25	\$1,253,609.86
Demolición de losas de concreto hidráulico incluye carga y acarreo, (PUOT)	m ³	15,235.02	\$236.09	\$3,596,835.87
Sustitución de losas de 25 cm. de espesor, incluye reposición de base hidráulica (PUOT)	m ³	15,235.02	\$3,009.55	\$45,850,554.44
TOTAL				\$51,652,631.49

GRAN TOTAL **\$156,353,958.33**

Fuente: Elaboración propia.

Las acciones homogéneas se representan en el plano del anexo 1.26 y en forma digital en arc-view, identificándolas con el color respectivo según la categoría asignada a la misma. El plano permite visualizar rápidamente el estado de la red al momento de la evaluación y seleccionar tramos o proyectos en condición crítica, es una valiosa ayuda para apreciar la evolución a través de evaluaciones sucesivas de la condición de cada una de las viales que componen la red.

1.12.5 Especificaciones de Mantenimiento

En el anexo 1.41 se encuentran las especificaciones de los principales conceptos de mantenimiento de pavimentos de concreto asfáltico e hidráulico.

1.12.6 Revisión de alumbrado público

Se realizaron recorridos nocturnos en las principales vialidades, con el fin de revisar el funcionamiento del alumbrado público, en el anexo 1.42 se encuentra el Plano (Rehabilitación de zonas de oscuridad) donde se presentan las zonas de vialidades que no cuentan con alumbrado público y se recomienda colocarlo, zonas que cuentan con luminarias pero no funcionan y se recomienda su reparación y zonas que tienen luminarias pero la iluminación es deficiente por lo que se recomienda mejorarlo. Por otro lado en el anexo 1.43 se presenta el presupuesto de alumbrado público, en el cual se encuentran las vialidades que tienen deficiencias o no cuentan con luminarias.

1.12.7 Estimación de costos de operación HDM - VOC

Para calcular los costos de operación (combustible, lubricantes, llantas, depreciación y mantenimiento de los vehículos), se empleó el modelo computacional HDM-VOC (Highway Design and Standard Model - Vehicle Operating Costs).

Se estimaron los costos de operación por tipo de vehículo en la situación actual y suponiendo la rehabilitación total de la red, a través de la rehabilitación para la mejora del IRI en la totalidad de las vialidades, a un valor de 3 m/km como mínimo ; es decir; con el fin de posteriormente calcular los ahorros obtenidos entre la situación con y sin proyecto, tomando en cuenta la velocidad de circulación, el estado superficial actual de la superficie de rodamiento (IRI), las características geométricas de la vialidad, las especificaciones técnicas y los rendimientos de cada vehículo tipo.

Para la determinación de costos de operación, el modelo computacional toma como datos las características de la vialidad (superficie, altitud del terreno, índice de rugosidad, pendiente, curvatura, etc.), características del vehículo (peso, carga útil, potencia, velocidad calibrada del motor, rendimiento por litro de combustible consumido, etc.), características de los neumáticos (llantas por vehículo, costo de renovación, desgaste, etc.), datos sobre utilización del vehículo, costos unitarios y coeficientes adicionales (refacciones, mantenimiento, velocidad deseada, etc.).

El modelo entrega los costos de operación por tipo de vehículo por cada 1000 kilómetros recorridos, desglosados para cada uno de sus componentes, así como la suma de los costos de operación en conjunto.

Con dicha implementación en primera instancia se obtuvo la información relativa a la estimación de los costos en el escenario actual, es decir con las condiciones de IRI

originalmente encontradas en campo al momento del estudio. A través de la implementación del escenario en que el Municipio de Chihuahua mejore la totalidad de la red vial primaria, escenario futuro, adicionalmente se obtuvo una estimación de los costos de operación, pudiendo efectuar el comparativo o análisis para visualizar el beneficio o impacto por la mejora por inversión en dichos trabajos “obtención de vialidades prioritarias”.

1.12.7.1 Análisis de costos de operación situación actual

Para dicho análisis se realizaron las siguientes consideraciones:

- TPDA actual, obtenido a través de los aforos realizados en campo y la modelación de la red vial por medio del EMME/2.
- IRI actual, de acuerdo con los datos obtenidos en campo se ponderaron los resultados para cada vialidad analizada.
- Características físicas de la vialidad (superficie, pendiente, curvatura, altitud, etc.), características de los vehículos (autos y camiones de transporte), costos unitarios, rendimientos y coeficientes adicionales.

De acuerdo con los resultados obtenidos se hace notar que los costos de operación por vialidad son más altos (sensibles) para el vehículo tipo A en el Periférico de la Juventud y para el vehículo tipo B en la Av. Vallarta, lo anterior derivado de el alto volumen de tránsito en dichas vías.

Tabla 1.82 Análisis de los costos de operación situación actual de la red vial

No.	VIA	Longitud Km	SITUACION ACTUAL COV		TPDA		SITUACION ACTUAL COV * TPDA	
			AUTOS	BUS	A	B	A	B
0	Circuito Universitario	4.60	\$5.17	\$9.98	12,242	223	\$291,332.77	\$10,234.82
1	Periférico de la Juventud	15.08	\$4.89	\$7.61	40,888	291	\$3,013,654.48	\$33,402.01
2	Av. J. María Iglesias	2.52	\$6.30	\$10.28	11,444	228	\$181,718.78	\$5,908.63
3	Av. Vallarta	8.54	\$7.18	\$10.32	20,073	1,371	\$1,231,433.85	\$120,823.98
4	Av. Cristóbal Colón/Av. Tecnológico	17.24	\$6.42	\$9.58	22,562	703	\$2,496,028.86	\$116,057.95
5	Av. De las Industrias	10.00	\$6.51	\$11.67	11,189	367	\$727,927.62	\$42,812.50
5-1	Av. Demetrio Vallejo	2.36	\$6.63	\$12.21	8,250	43	\$129,007.38	\$1,238.75
5-2	Av. Carlos Pacheco	5.30	\$6.48	\$12.53	17,188	551	\$590,754.99	\$36,587.56
6	Av. H. Colegio Militar	7.32	\$6.72	\$11.36	13,982	366	\$687,359.86	\$30,421.46
7	Perif. V. Lombardo Toledano	14.92	\$4.86	\$7.75	8,732	192	\$632,947.62	\$22,209.10
8	Av. G. Prieto Luján	3.49	\$9.38	\$12.17	1,567	132	\$51,291.35	\$5,605.62
9	Vialidad Arroyo los Nogales	4.00	\$6.81	\$22.28	6,982	103	\$190,254.66	\$9,180.84
10	Av. Homero	3.15	\$6.04	\$9.75	15,907	318	\$302,699.03	\$9,768.76
11	C. Ma. Elena Hernández	1.70	\$7.39	\$10.76	2,053	29	\$25,794.08	\$530.64
12	Av. Juan Escutia	5.52	\$7.39	\$14.67	11,000	316	\$448,872.20	\$25,587.85
13	Av. De las Américas	3.48	\$8.84	\$14.40	14,029	478	\$431,631.29	\$23,961.32
13-1	Av. Agustín Melgar	2.00	\$7.25	\$14.50	10,893	0	\$157,908.12	\$0.00
14	Av. División del Norte	2.06	\$7.12	\$9.12	8,571	762	\$125,715.40	\$14,316.98
15	Av. Francisco Villa	5.10	\$6.99	\$12.10	11,254	0	\$401,319.16	\$0.00
16	Av. Antonio Deza y Ulloa	3.52	\$7.07	\$22.42	9,527	97	\$236,932.99	\$7,656.04
16-1	C. J. de la Luz Corral	0.82	\$7.78	\$12.29	3	0	\$19.13	\$0.00
17	Av. La Cantera	4.72	\$6.93	\$26.03	11,645	244	\$381,149.35	\$29,972.68
18	Av. Mirador	5.02	\$7.04	\$14.07	9,510	111	\$335,911.03	\$7,841.97
19	Blv. A. Ortiz Mena	5.50	\$6.06	\$11.92	19,398	259	\$646,186.47	\$16,981.18
20	Av. Politécnico Nacional	5.10	\$6.51	\$9.25	12,292	188	\$408,155.90	\$8,870.08
21	Av. Teófilo Borunda	8.72	\$5.47	\$9.89	5,916	446	\$282,210.22	\$38,458.77
22	Av. Benito Juárez	3.82	\$7.52	\$10.81	7,487	891	\$214,986.66	\$36,805.11
23	Av. Juan Aldama	2.30	\$8.40	\$10.89	2,450	760	\$47,316.70	\$19,030.88
24	Av. Cuauhtémoc	0.78	\$7.47	\$11.19	5,517	1,119	\$32,149.23	\$9,768.45
25	Av. Francisco Zarco	1.86	\$7.46	\$10.45	4,315	1,244	\$59,844.45	\$24,169.70
26	Av. Silvestre Terrazas	7.12	\$5.79	\$8.92	7,875	523	\$324,621.00	\$33,199.18
27	Av. R. Flores Magon	1.80	\$5.86	\$12.60	6,772	907	\$71,395.54	\$20,575.67
28	Av. 20 de Noviembre	6.60	\$7.45	\$14.31	8,862	602	\$435,568.49	\$56,847.23
29	Vialidad CH-P	9.66	\$6.36	\$19.66	7,738	156	\$475,350.58	\$29,628.94
30	Blv. Juan Pablo II	11.04	\$5.58	\$8.69	7,874	369	\$485,395.09	\$35,404.23
31	Perif. Foo. R. Almada	13.36	\$5.19	\$9.37	3,458	190	\$239,899.23	\$23,794.35
32	Calle 46a.	1.38	\$8.73	\$11.45	1,108	362	\$13,347.29	\$5,717.80
33	Av. Melchor Guaspe	1.16	\$7.19	\$10.07	2,742	150	\$22,871.60	\$1,752.05
34	Blv. J. Fuentes Mares	10.32	\$5.72	\$9.91	10,191	744	\$602,103.26	\$76,090.92
35	Calle 16a., 20a, Chichimeca	3.30	\$7.60	\$11.67	6,141	338	\$153,960.15	\$13,019.68
36	Av. Nueva España	2.52	\$7.89	\$22.55	4,668	411	\$92,842.87	\$23,355.34
37	C. 16 de Septiembre	1.90	\$7.34	\$19.35	1,090	108	\$15,194.71	\$3,971.57
38	Av. Palestina	4.54	\$6.82	\$9.16	4,659.00	334.00	\$144,356.02	\$13,885.02
39	Autopista Chihuahua-Aldama	6.48	\$4.85	\$7.11	5,978	132	\$187,973.81	\$6,081.70
40	Av. M. de Cervantes y Saavedra	0.76	\$6.95	\$9.06	14,229	521	\$75,153.61	\$3,587.06
41	Av. León Tolstoy	0.40	\$6.58	\$9.00	7,927	356	\$20,857.40	\$1,281.64
42	Av. Fedor Dostoyevsky	2.50	\$6.63	\$9.82	6,049	319	\$100,210.51	\$7,833.28
43	Av. W. Shakespeare	0.42	\$7.56	\$10.30	4,393	166	\$13,954.98	\$718.41
44	C. Lord Byron	0.76	\$6.47	\$12.07	3,265	145	\$16,060.16	\$1,330.38
45	Av. Venceremos	2.06	\$8.82	\$19.03	1,441	62	\$26,191.53	\$2,430.19
46	C. Miguel Barragán	1.74	\$7.54	\$11.61	5,937	172	\$77,922.09	\$3,475.24
46-1	C. Pascual Orozco	3.16	\$7.36	\$10.70	3,881	348	\$90,253.51	\$11,766.75
46-2	Av. Nicolás Gogol	1.42	\$7.66	\$10.09	2,128	276	\$23,149.03	\$3,953.07
47	C. 16 de Septiembre	4.48	\$6.67	\$12.30	2,006	133	\$59,959.41	\$7,326.26
47-1	C. Vietnam, C. Egipto	0.64	\$9.15	\$12.44	4,423	188	\$25,904.56	\$1,497.21
48	C. Río Aros	1.06	\$7.29	\$10.47	9,658	142	\$74,588.98	\$1,576.19
49	Av. Zaragoza	2.50	\$7.72	\$9.57	2,080	41	\$40,164.96	\$981.13
50	Calle Pino	2.50	\$7.75	\$10.59	3,156	62	\$61,138.01	\$1,641.34
51	C. Río Sacramento	0.68	\$8.21	\$11.59	2,071	101	\$11,554.92	\$793.43
52	C. Río Panuco	0.52	\$6.43	\$12.38	5,775	86	\$19,319.23	\$553.70
53	Av. la Junta	1.64	\$8.28	\$11.87	1,487	351	\$20,200.14	\$6,831.71
54	C. M. Gómez Morín	2.62	\$8.46	\$11.37	3,889	178	\$86,212.69	\$5,303.77
55	Av. Niños héroes	2.00	\$7.92	\$16.09	7,203	1,872	\$114,139.84	\$60,232.20
56	Av. Independencia	3.98	\$7.38	\$15.23	14,401	717	\$422,710.32	\$43,468.12
57	Melchor Ocampo	3.88	\$7.52	\$12.82	12,756	1,106	\$372,137.66	\$55,015.84
58	Calle California	1.62	\$6.81	\$12.01	1,701	0	\$18,756.37	\$0.00
59	Calle 1° de Mayo, Paseo	2.04	\$7.51	\$10.25	5,140	658	\$78,754.09	\$13,758.27
60	Calle Francisco Saucedo, 15a.	4.10	\$6.33	\$8.93	2,713	128	\$70,357.39	\$4,685.68

Fuente: Elaboración propia.

1.12.7.2 Análisis de costos de operación situación idealizada (IRI mejorado)

Para dicho análisis se realizaron las siguientes consideraciones:

- TPDA actual, obtenido a través de los aforos realizados en campo y la modelación de la red vial por medio del EMME/2.
- IRI mejorado, a efecto de estimar el ahorro en los costos de operación se supuso un IRI mejorado en el caso de elevarse a un nivel de 3 m/km (situación con proyecto).
- Características físicas de la vialidad (superficie, pendiente, curvatura, altitud, etc.), características de los vehículos (autos y camiones de transporte), costos unitarios, rendimientos y coeficientes adicionales.

Tabla 1.83 Análisis costos de operación situación ideal (IRI mejorado).

No.	VÍA	Longitud Km	CON PROYECTO COV		TPDA		CON PROYECTO COV * TPDA	
			AUTOS	BUS	A	B	A	B
0	Circuito Universitario	4.60	\$5.17	\$9.98	12,242	223	\$291,332.77	\$10,234.82
1	Periférico de la Juventud	15.08	\$4.89	\$7.61	40,888	291	\$3,013,654.48	\$33,402.01
2	Av. J. María Iglesias	2.52	\$6.13	\$7.61	11,444	228	\$176,865.29	\$4,373.34
3	Av. Vallarta	8.54	\$6.99	\$10.07	20,073	1,371	\$1,197,722.29	\$117,896.66
4	Av. Cristóbal Colón/Av. Tecnológico	17.24	\$6.37	\$9.47	22,562	703	\$2,478,645.84	\$114,768.05
5	Av. De las Industrias	10.00	\$6.23	\$11.33	11,189	367	\$697,266.03	\$41,590.20
5-1	Av. Demetrio Vallejo	2.36	\$6.34	\$11.90	8,250	43	\$123,384.51	\$1,207.44
5-2	Av. Carlos Pacheco	5.30	\$6.23	\$12.22	17,188	551	\$567,686.35	\$35,682.82
6	Av. H. Colegio Militar	7.32	\$6.70	\$11.33	13,982	366	\$685,674.87	\$30,361.07
7	Perif. V. Lombardo Toledano	14.92	\$4.78	\$7.65	8,732	192	\$622,897.71	\$21,920.88
8	Av. G. Prieto Lujan	3.49	\$9.13	\$11.86	1,567	132	\$49,954.48	\$5,464.75
9	Vialidad Arroyo los Nogales	4.00	\$6.81	\$22.28	6,982	103	\$190,254.66	\$9,180.84
10	Av. Homero	3.15	\$6.04	\$9.75	15,907	318	\$302,699.03	\$9,768.76
11	C. Ma. Elena Hernández	1.70	\$7.12	\$10.43	2,053	29	\$24,858.27	\$514.32
12	Av. Juan Escutia	5.52	\$7.15	\$14.37	11,000	316	\$433,986.89	\$25,058.71
13	Av. De las Américas	3.48	\$8.81	\$14.37	14,029	478	\$430,249.17	\$23,896.80
13-1	Av. Agustín Melgar	2.00	\$7.15	\$14.37	10,893	0	\$155,712.09	\$0.00
14	Av., División del Norte	2.06	\$7.01	\$8.97	8,571	762	\$123,691.75	\$14,078.54
15	Av. Francisco Villa	5.10	\$6.84	\$11.90	11,254	0	\$392,468.60	\$0.00
16	Av. Antonio Deza y Ulloa	3.52	\$6.99	\$22.32	9,527	97	\$234,306.75	\$7,620.67
16-1	C. J. de la Luz Corral	0.82	\$7.45	\$11.90	3	0	\$18.33	\$0.00
17	Av. La Cantera	4.72	\$6.70	\$25.74	11,645	244	\$368,230.15	\$29,639.23
18	Av. Mirador	5.02	\$6.77	\$13.75	9,510	111	\$323,130.98	\$7,660.28
19	Blv. A. Ortiz Mena	5.50	\$6.04	\$11.90	19,398	259	\$644,415.79	\$16,949.10
20	Av. Politécnico Nacional	5.10	\$6.24	\$8.93	12,292	188	\$391,174.34	\$8,565.65
21	Av. Teófilo Borunda	8.72	\$5.36	\$9.75	5,916	446	\$276,688.80	\$37,922.54
22	Av. Benito Juárez	3.82	\$7.38	\$10.63	7,487	891	\$211,019.31	\$36,192.29
23	Av. Juan Aldama	2.30	\$8.00	\$10.42	2,450	760	\$45,078.16	\$18,208.86
24	Av. Cuauhtemoc	0.78	\$7.43	\$11.14	5,517	1,119	\$31,986.10	\$9,723.35
25	Av. Francisco Zarco	1.86	\$7.15	\$10.07	4,315	1,244	\$57,363.89	\$23,299.12
26	Av. Silvestre Terrazas	7.12	\$5.76	\$8.88	7,875	523	\$323,209.16	\$33,071.68
27	Av. R. Flores Magon	1.80	\$5.83	\$12.57	6,772	907	\$71,089.02	\$20,520.46
28	Av. 20 de Noviembre	6.60	\$7.15	\$13.94	8,862	602	\$418,042.59	\$55,404.88
29	Vialidad CH-P	9.66	\$6.09	\$8.62	7,738	156	\$454,905.96	\$12,982.70
30	Blv. Juan Pablo II	11.04	\$5.53	\$8.62	7,874	369	\$480,472.30	\$35,096.09
31	Perif. Fco. R. Almada	13.36	\$5.07	\$9.22	3,458	190	\$234,286.38	\$23,402.68
32	Calle 46a.	1.38	\$8.57	\$11.23	1,108	362	\$13,098.68	\$5,612.50
33	Av. Melchor Gaspé	1.16	\$7.02	\$9.85	2,742	150	\$22,342.45	\$1,714.72
34	Blv. J. Fuentes Mares	10.32	\$5.72	\$9.91	10,191	744	\$602,103.26	\$76,090.92
35	Calles 16a., 20a. Chichimeca	3.30	\$7.32	\$11.33	6,141	338	\$148,352.20	\$12,640.25
36	Av. Nueva España	2.52	\$7.71	\$22.32	4,668	411	\$90,707.31	\$23,116.44
37	C. 16 de Septiembre	1.90	\$7.32	\$19.33	1,090	108	\$15,160.76	\$3,966.97
38	Av. Palestina	4.54	\$6.51	\$9.10	4659.00	334.00	\$137,612.80	\$13,806.00
39	Autopista Chihuahua-Aldama	6.48	\$4.85	\$7.11	5,978	132	\$187,973.81	\$6,081.70
40	Av. M. de Cervantes y Saavedra	0.76	\$6.61	\$8.65	14,229	521	\$71,474.17	\$3,424.28
41	Av. León Tolstoy	0.40	\$6.29	\$8.65	7,927	356	\$19,947.42	\$1,231.48
42	Av. Fedor Dostoyevsky	2.50	\$6.34	\$9.47	6,049	319	\$95,833.70	\$7,551.95
43	Av. W. Shakespeare	0.42	\$7.35	\$10.03	4,393	166	\$13,553.52	\$699.23
44	C. Lord Byron	0.76	\$6.34	\$12.07	3,265	145	\$15,725.03	\$1,330.38
45	Av. Venceremos	2.06	\$8.59	\$18.76	1,441	62	\$25,498.40	\$2,395.80
46	C. Miguel Barragán	1.74	\$7.32	\$11.33	5,937	172	\$75,623.58	\$3,391.58
46-1	C. Pascual Orozco	3.16	\$7.15	\$10.43	3,881	348	\$87,654.77	\$11,472.36
46-2	Av. Nicolás Gogol	1.42	\$7.33	\$9.69	2,128	276	\$22,158.99	\$3,797.30
47	C. 16 de Septiembre Norte	4.48	\$6.34	\$11.90	2,006	133	\$56,951.30	\$7,089.47
47-1	C. Vietnam, C. Egipto	0.64	\$8.56	\$11.79	4,423	188	\$24,233.33	\$1,418.50
48	C. Río Aros	1.06	\$7.22	\$10.38	9,658	142	\$73,881.09	\$1,562.19
49	Av. Zaragoza	2.50	\$7.64	\$9.45	2,080	41	\$39,706.78	\$969.00
50	Calle Pino	2.50	\$7.66	\$10.47	3,156	62	\$60,442.92	\$1,623.09
51	C. Río Sacramento	0.68	\$7.61	\$10.94	2,071	101	\$10,720.35	\$748.67
52	C. Río Panuco	0.52	\$6.01	\$11.90	5,775	86	\$18,047.74	\$532.09
53	Av. la Junta	1.64	\$7.99	\$11.50	1,487	351	\$19,474.14	\$6,621.94
54	C. M. Gómez Morin	2.62	\$8.14	\$10.98	3,889	178	\$82,893.46	\$5,119.39
55	Av. Niños héroes	2.00	\$7.51	\$15.61	7,203	1,872	\$108,157.90	\$58,425.46
56	Av. Independencia	3.98	\$7.15	\$14.95	14,401	717	\$409,657.18	\$42,658.65
57	Melchor Ocampo	3.88	\$7.32	\$12.57	12,756	1,106	\$362,315.72	\$53,937.91
58	Calle California	1.62	\$6.72	\$11.90	1,701	0	\$18,520.36	\$0.00
59	Calles 1° de Mayo, Paseo	2.04	\$7.34	\$10.03	5,140	658	\$76,930.40	\$13,457.71
60	Calles Francisco Saucedo, 15a.	4.10	\$6.00	\$8.57	2,713	128	\$66,771.84	\$4,498.14

Fuente: Elaboración propia.

1.12.7.3 Análisis de los ahorros en los costos de operación de la red vial

Como se describió en secciones anteriores, una vez analizados los dos escenarios, actual y suponiendo una situación ideal (IRI mejorado), se pueden estimar los ahorros siguientes:

Tabla 1.84 Ahorro anual en costos de operación

No.	Vía	A	B	Ahorro Anual Costos de Operación
0	Circuito Universitario	\$0.00	\$0.00	\$0.00
1	Periférico de la Juventud	\$0.00	\$0.00	\$0.00
2	Av. J. Maria Iglesias	\$1,771,522.89	\$560,379.95	\$2,331,902.84
3	Av. Vallarta	\$12,304,718.80	\$1,068,471.50	\$13,373,190.30
4	Av. Cristóbal Colon/Av. Tecnológico	\$6,344,802.03	\$470,814.16	\$6,815,616.18
5	Av. De las Industrias	\$11,191,480.23	\$446,137.13	\$11,637,617.36
5-1	Av. Demetrio Vallejo	\$2,052,347.95	\$11,430.24	\$2,063,778.19
5-2	Av. Carlos Pacheco	\$8,420,055.43	\$330,229.42	\$8,750,284.86
6	Av. H. Colegio Militar	\$615,022.51	\$22,041.39	\$637,063.90
7	Perif. V. Lombardo Toledano	\$3,668,217.25	\$105,197.17	\$3,773,414.42
8	Av. G. Prieto Lujan	\$487,958.91	\$51,418.04	\$539,376.95
9	Vialidad Arroyo los Nogales	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	Av. Homero	\$0.00	\$0.00	\$0.00
11	C. Ma. Elena Hernández	\$341,571.43	\$5,958.16	\$347,529.59
12	Av. Juan Escutia	\$5,433,136.54	\$193,135.91	\$5,626,272.45
13	Av. De las Americas	\$504,473.89	\$23,551.57	\$528,025.46
13-1	Av. Agustín Melgar	\$801,550.51	\$0.00	\$801,550.51
14	Av. División del Norte	\$738,629.63	\$87,030.77	\$825,660.40
15	Av. Francisco Villa	\$3,230,455.13	\$0.00	\$3,230,455.13
16	Av. Antonio Deza y Ulloa	\$958,577.88	\$12,911.21	\$971,489.09
16-1	C. J. de la Luz Corral	\$291.41	\$0.00	\$291.41
17	Av. La Cantera	\$4,715,507.64	\$121,707.76	\$4,837,215.39
18	Av. Mirador	\$4,664,718.81	\$66,317.84	\$4,731,036.66
19	Blv. A. Ortiz Mena	\$646,298.85	\$11,709.11	\$658,007.95
20	Av. Politécnico Nacional	\$6,198,270.84	\$111,116.43	\$6,309,387.27
21	Av. Teófilo Borunda	\$2,015,315.48	\$195,724.63	\$2,211,040.11
22	Av. Benito Juárez	\$1,448,080.50	\$223,679.95	\$1,671,760.45
23	Av. Juan Aldama	\$817,067.58	\$300,035.29	\$1,117,102.87
24	Av. Cuauhtemoc	\$59,539.62	\$16,464.18	\$76,003.80
25	Av. Francisco Zarco	\$905,406.19	\$317,762.54	\$1,223,168.73
26	Av. Silvestre Terrazas	\$515,322.55	\$46,538.06	\$561,860.61
27	Av. R. Flores Magon	\$111,882.65	\$20,153.30	\$132,035.95
28	Av. 20 de Noviembre	\$6,396,953.08	\$526,458.14	\$6,923,411.22
29	Vialidad CH-P	\$7,462,286.62	\$6,075,878.27	\$13,538,164.89
30	Blv. Juan Pablo II	\$1,796,817.26	\$112,470.81	\$1,909,288.07
31	Perif. Fco. R. Almada	\$2,048,692.41	\$142,961.42	\$2,191,653.83
32	Calle 46a.	\$90,741.41	\$38,433.50	\$129,174.91
33	Av. Melchor Guaspe	\$193,141.64	\$13,622.90	\$206,764.54
34	Blv. J. Fuentes Mares	\$0.00	\$0.00	\$0.00
35	Calles 16a., 20a, Chichimeca	\$2,046,901.36	\$138,494.42	\$2,185,395.78
36	Av. Nueva España	\$779,479.25	\$87,198.20	\$866,677.45
37	C. 16 de Septiembre	\$12,391.97	\$1,676.97	\$14,068.93
38	Av. Palestina	\$2,461,272.73	\$28,841.39	\$2,490,114.13
39	Autopista Chihuahua-Aldama	\$0.00	\$0.00	\$0.00
40	Av. M. de Cervantes y Saavedra	\$1,342,995.99	\$59,414.39	\$1,402,410.38
41	Av. León Tolstoy	\$332,141.72	\$18,306.99	\$350,448.71
42	Av. Fedor Dostoyevsky	\$1,597,533.59	\$102,684.03	\$1,700,217.62
43	Av. W- Shakespeare	\$146,533.07	\$7,000.94	\$153,534.01
44	C. Lord Byron	\$122,322.31	\$0.00	\$122,322.31
45	Av. Venceremos	\$252,994.42	\$12,551.38	\$265,545.80
46	C. Miguel Barragán	\$838,955.99	\$30,533.98	\$869,489.97
46-1	C. Pascual Orozco	\$948,537.59	\$107,454.30	\$1,055,991.89
46-2	Av. Nicolás Gogol	\$361,364.37	\$56,854.11	\$418,218.48
47	C. 16 de Septiembre	\$1,097,963.23	\$86,427.19	\$1,184,390.41
47-1	C. Vietnam, C. Egipto	\$609,998.50	\$28,728.17	\$638,726.68
48	C. Río Aros	\$258,378.98	\$5,109.40	\$263,488.38
49	Av. Zaragoza	\$167,232.78	\$4,424.78	\$171,657.56
50	Calle Pino	\$253,705.19	\$6,661.71	\$260,366.89
51	C. Río Sacramento	\$304,617.07	\$16,338.37	\$320,955.45
52	C. Río Panuco	\$464,093.93	\$7,888.32	\$471,982.25
53	Av. la Junta	\$264,991.16	\$76,565.67	\$341,556.83
54	C. M. Gómez Morin	\$1,211,517.96	\$67,300.43	\$1,278,818.39
55	Av. Niños héroes	\$2,183,410.82	\$659,460.86	\$2,842,871.67
56	Av. Independencia	\$4,764,396.57	\$295,456.26	\$5,059,852.83
57	Melchor Ocampo	\$3,585,008.62	\$393,443.22	\$3,978,451.83
58	Calle California	\$86,143.53	\$0.00	\$86,143.53
59	Calles 1° de Mayo, Paseo	\$665,647.03	\$109,703.99	\$775,351.02
60	Calles Francisco Saucedo, 15a.	\$1,308,728.92	\$68,452.06	\$1,377,180.98
TOTAL				\$141,626,826.44

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el ahorro por día se realiza la diferencia aritmética entre los costos de operación sin proyecto y los costos de operación con proyecto (idealizada), para el caso de la estimación de los ahorros anuales se afectan los resultados obtenidos por los 365 días del año.

Anualmente se determinaron ahorros, en toda la red vial, por un importe de \$141'626,826 pesos, lo que representa un costo muy relevante para la operación vehicular del Municipio.

Como ya se mencionó, de las 68 vías analizadas y conforme al ahorro anual en los costos de operación, la prioridad para el programa de mantenimiento sería la siguiente:

Tabla 1.85 Resumen de ahorros de costos de operación por orden descendente

ID	Prioridad	VÍA	A	B	Ahorro Anual Costos de Operación
29	1	Vialidad CH-P	\$7,462,286.62	\$6,075,878.27	\$13,538,164.89
3	2	Av. Vallarta	\$12,304,718.80	\$1,068,471.50	\$13,373,190.30
5	3	Av. De las Industrias	\$11,191,480.23	\$446,137.13	\$11,637,617.36
5-2	4	Av. Carlos Pacheco	\$8,420,055.43	\$330,229.42	\$8,750,284.86
28	5	Av. 20 de Noviembre	\$6,396,953.08	\$526,458.14	\$6,923,411.22
4	6	Av. Cristóbal Colón/Av. Tecnológico	\$6,344,802.03	\$470,814.16	\$6,815,616.18
20	7	Av. Politécnico Nacional	\$6,198,270.84	\$111,116.43	\$6,309,387.27
12	8	Av. Juan Escutia	\$5,433,136.54	\$193,135.91	\$5,626,272.45
56	9	Av. Independencia	\$4,764,396.57	\$295,456.26	\$5,059,852.83
17	10	Av. La Cantera	\$4,715,507.64	\$121,707.76	\$4,837,215.39
18	11	Av. Mirador	\$4,664,718.81	\$66,317.84	\$4,731,036.66
57	12	Melchor Ocampo	\$3,585,008.62	\$393,443.22	\$3,978,451.83
7	13	Perif. V. Lombardo Toledano	\$3,668,217.25	\$105,197.17	\$3,773,414.42
15	14	Av. Francisco Villa	\$3,230,455.13	\$0.00	\$3,230,455.13
55	15	Av. Niños héroes	\$2,183,410.82	\$659,460.86	\$2,842,871.67
38	16	Av. Palestina	\$2,461,272.73	\$28,841.39	\$2,490,114.13
2	17	Av. J. María Iglesias	\$1,771,522.89	\$560,379.95	\$2,331,902.84
21	18	Av. Teófilo Borunda	\$2,015,315.48	\$195,724.63	\$2,211,040.11
31	19	Perif. Fco. R. Almada	\$2,048,692.41	\$142,961.42	\$2,191,653.83
35	20	Calles 16a., 20a. Chichimeca	\$2,046,901.36	\$138,494.42	\$2,185,395.78
5-1	21	Av. Demetrio Vallejo	\$2,052,347.95	\$11,430.24	\$2,063,778.19
30	22	Blv. Juan Pablo II	\$1,796,817.26	\$112,470.81	\$1,909,288.07
42	23	Av. Fedor Dostoyevsky	\$1,597,533.59	\$102,684.03	\$1,700,217.62
22	24	Av. Benito Juárez	\$1,448,080.50	\$223,679.95	\$1,671,760.45
40	25	Av. M. de Cervantes y Saavedra	\$1,342,995.99	\$59,414.39	\$1,402,410.38
60	26	Calles Francisco Saucedo, 15a.	\$1,308,728.92	\$68,452.06	\$1,377,180.98
54	27	C. M. Gómez Morín	\$1,211,517.96	\$67,300.43	\$1,278,818.39
25	28	Av. Francisco Zarco	\$905,406.19	\$317,762.54	\$1,223,168.73
47	29	C. 16 de Septiembre	\$1,097,963.23	\$86,427.19	\$1,184,390.41
23	30	Av. Juan Aldama	\$817,067.58	\$300,035.29	\$1,117,102.87
46-1	31	C. Pascual Orozco	\$948,537.59	\$107,454.30	\$1,055,991.89
16	32	Av. Antonio Deza y Ulloa	\$958,577.88	\$12,911.21	\$971,489.09
46	33	C. Miguel Barragán	\$838,955.99	\$30,533.98	\$869,489.97
36	34	Av. Nueva España	\$779,479.25	\$87,198.20	\$866,677.45
14	35	Av. División del Norte	\$738,629.63	\$87,030.77	\$825,660.40
13-1	36	Av. Agustín Melgar	\$801,550.51	\$0.00	\$801,550.51
59	37	Calles 1° de Mayo, Paseo	\$665,647.03	\$109,703.99	\$775,351.02
19	38	Blv. A. Ortiz Mena	\$646,298.85	\$11,709.11	\$658,007.95
47-1	39	C. Vietnam, C. Egipto	\$609,998.50	\$28,728.17	\$638,726.68
6	40	Av. H. Colegio Militar	\$615,022.51	\$22,041.39	\$637,063.90
26	41	Av. Silvestre Terrazas	\$515,322.55	\$46,538.06	\$561,860.61
8	42	Av. G. Prieto Luján	\$487,958.91	\$51,418.04	\$539,376.95
13	43	Av. De las Américas	\$504,473.89	\$23,551.57	\$528,025.46
52	44	C. Río Panuco	\$464,093.93	\$7,888.32	\$471,982.25
46-2	45	Av. Nicolás Gogol	\$361,364.37	\$56,854.11	\$418,218.48
41	46	Av. León Tolstoy	\$332,141.72	\$18,306.99	\$350,448.71
11	47	C. Ma. Elena Hernández	\$341,571.43	\$5,958.16	\$347,529.59
53	48	Av. la Junta	\$264,991.16	\$76,565.67	\$341,556.83
51	49	C. Río Sacramento	\$304,617.07	\$16,338.37	\$320,955.45
45	50	Av. Venceremos	\$252,994.42	\$12,551.38	\$265,545.80
48	51	C. Río Aros	\$258,378.98	\$5,109.40	\$263,488.38
50	52	Calle Pino	\$253,705.19	\$6,661.71	\$260,366.89
33	53	Av. Melchor Guaspe	\$193,141.64	\$13,622.90	\$206,764.54
49	54	Av. Zaragoza	\$167,232.78	\$4,424.78	\$171,657.56
43	55	Av. W- Shakespeare	\$146,533.07	\$7,000.94	\$153,534.01
27	56	Av. R. Flores Magon	\$111,882.65	\$20,153.30	\$132,035.95
32	57	Calle 46a.	\$90,741.41	\$38,433.50	\$129,174.91
44	58	C. Lord Byron	\$122,322.31	\$0.00	\$122,322.31
58	59	Calle California	\$86,143.53	\$0.00	\$86,143.53
24	60	Av. Cuauhtemoc	\$59,539.62	\$16,464.18	\$76,003.80
37	61	C. 16 de Septiembre	\$12,391.97	\$1,676.97	\$14,068.93
16-1	62	C. J. de la Luz Corral	\$291.41	\$0.00	\$291.41
0	63	Circuito Universitario	\$0.00	\$0.00	\$0.00
1	64	Periférico de la Juventud	\$0.00	\$0.00	\$0.00
9	65	Vialidad Arroyo los Nogales	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	66	Av. Homero	\$0.00	\$0.00	\$0.00
34	67	Blv. J. Fuentes Mares	\$0.00	\$0.00	\$0.00
39	68	Autopista Chihuahua-Aldama	\$0.00	\$0.00	\$0.00
				TOTAL	\$141,626,826.44

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, la vialidad Chihuahua - Pacífico tendría prioridad dentro del programa de mantenimiento, debido a que el ahorro anual que se tienen en los costos de operación con respecto a la situación de proyecto y la situación actual, son los más representativos.

Caso contrario es el de la vía denominada Circuito Universitario, Periférico de la Juventud, Arroyo los Nogales, Av. Homero, Blvd. Fuentes Mares y Chihuahua - Aldama, las cuales se encuentra actualmente en buenas condiciones de rugosidad (IRI), por lo que el ahorro en los costos de operación son nulos (la inferencia del IRI no varió o no es representativa). Cabe destacar que el estado superficial de Periférico de la Juventud debe seguirse muy de cerca, ya que el costo de operación y el TPDA es muy representativo respecto al resto de la red.

Tabla 1.86 Vialidades con ahorros nulos en costos de operación.

VÍA	Longitud Km	TPDA		COV	IRI ACTUAL
		A	B		
Circuito Universitario	4.60	12,242	223	\$301,567.59	2.25
Periférico de la Juventud	15.08	40,888	291	\$3,047,056.49	2.68
Vialidad Arroyo los Nogales	4.00	6,982	103	\$199,435.50	2.71
Av. Homero	3.15	15,907	318	\$312,467.79	3.01
Blv. J. Fuentes Mares	10.32	10,191	744	\$678,194.18	3.04
Autopista Chihuahua-Aldama	6.48	5,978	132	\$194,055.52	2.35

Fuente: Elaboración propia.

1.12.8 Propuesta de mantenimiento

Efectuando un análisis de los resultados obtenidos en ambas metodologías se puede obtener la siguiente propuesta de mantenimiento:

- El **mantenimiento rutinario** se deberá efectuar en el total de los tramos homogéneos catalogados en una categoría de acción **A**, indicados en el plano correspondiente en color azul, anexo 1.26. Programa anual Municipal.
- El **mantenimiento correctivo** se deberá efectuar en el total de los tramos homogéneos catalogados en una categoría de acción **B**, **acciones inmediatas y/o en el corto plazo**, indicados en el plano en color verde.
- El **mantenimiento intensivo** se deberá ejecutar en el total de los tramos homogéneos catalogados en la categoría de acción **C**, **rehabilitación probable a mediano plazo**, indicados en el plano en color amarillo.

- La **rehabilitación refuerzo estructural** se deberá efectuar en el total de los tramos homogéneos catalogados en la categoría de acción **D, rehabilitación en el corto plazo**, indicados en el plano en color anaranjado.

Es importante destacar que en condiciones idóneas, en las que el Municipio de Chihuahua tuviera la oportunidad de rehabilitar la totalidad de la red vial primaria, se estimaría un total de \$156'353,958.00 pesos, contra un ahorro en costos de operación anual de \$141'626,826 pesos, no dejando de ver que algunas de las vialidades intervenidas tendrán un mejoramiento no solo para el primer año, dependiendo de los trabajos a realizar en cada una, pudiendo oscilar en el corto y largo plazo, es decir hasta diez años en el caso de las rehabilitaciones o refuerzos estructurales, lo cual justificaría aún mas la inversión inicial realizada.

Cabe destacar que dentro del importe total estimado para la rehabilitación de la red vial primaria, se incluye el antepresupuesto de la pavimentación de vialidades a nivel de terracería, por un importe total de \$ 15'852,338.00 pesos.

En el caso de que las autoridades Municipales consideren implementar un programa secuencial o por etapas, de acuerdo con la disponibilidad presupuestal del Ayuntamiento, deberá regirse por las prioridades obtenidas en el análisis de los costos de operación, es decir, deberá atenderse las vialidades en las que los ahorros en los costos de operación son de mayor impacto.

El análisis efectuado a través del HDM-VOC y la obtención de resultados a través de la metodología de SEDESOL permite a las autoridades tener elementos de alerta, respecto al IRI y/o de la condición superficial del pavimento, desde el punto de vista operacional, proporcionando una herramienta de juicio y de toma de decisiones objetiva para determinar las acciones a realizar, optimizando y eficientizando las inversiones futuras.

A continuación se presenta una tabla de resumen conteniendo el antepresupuesto correspondiente para cada vialidad, ordenado por prioridad, de acuerdo con los ahorros en los costos de operación obtenidos.

Tabla 1.87 Ahorro anual en costos de operación y antepresupuesto de rehabilitación.

Prioridad	VÍA	Ahorro Anual Costos de Operación	Costo de Rehabilitación propuesta SEDESOL
1	29.-AV. VIALIDAD CH-P	\$13,538,164.89	\$0.00
2	3.-AV. VALLARTA	\$13,373,190.30	\$5,887,540.50
3	5.-AV. DE LAS INDUSTRIAS	\$11,637,617.36	\$18,756,449.91
4	5.2.-AV. CARLOS PACHECO	\$8,750,284.86	\$5,453,725.25
5	28.-AV. 20 DE NOVIEMBRE	\$6,923,411.22	\$5,649,945.41
6	4.-AV. CRISTOBAL COLON	\$6,815,616.18	\$6,965,079.00
7	20.-AV. POLITECNICO NACIONAL	\$6,309,387.27	\$2,683,600.81
8	12.-AV. JUAN ESCUTIA	\$5,626,272.45	\$1,065,467.81
9	56.-AV. INDEPENDENCIA	\$5,059,852.83	\$1,564,184.28
10	17.-AV. LA CANTERA	\$4,837,215.39	\$4,816,230.10
11	18.-AV. MIRADOR	\$4,731,036.66	\$5,079,062.53
12	57.-AV. OCAMPO	\$3,978,451.83	\$1,936,156.71
13	7.-PERIF. LOMBARDO TOLEDANO	\$3,773,414.42	\$3,835,802.40
14	15.-AV. FCO. VILLA	\$3,230,455.13	\$2,060,517.00
15	55.-AV NIÑOS HEROES	\$2,842,871.67	\$1,478,220.00
16	38.-AV. PALESTINA	\$2,490,114.13	\$87,363.00
17	2.-JOSE MARIA IGLESIAS	\$2,331,902.84	\$993,099.15
18	21.-AV. TEOFILO BORUNDA	\$2,211,040.11	\$4,616,726.06
19	31.-PERIFERICO R. ALMADA	\$2,191,653.83	\$15,279,459.00
20	35.-CALLE 16 CHICHIMECA	\$2,185,395.78	\$5,533,266.00
21	5.1.-AV. DEMETRIO VALLEJO	\$2,063,778.19	\$2,565,482.42
22	30.-BLVD. JUAN PABLO II	\$1,909,288.07	\$3,923,335.50
23	42.-AV. FEDOR DOSTOYEVSKY	\$1,700,217.62	\$3,534,805.96
24	22.-AV. JUAREZ	\$1,671,760.45	\$2,234,922.00
25	40.-AV. M DE CERVANTES SAAVEDRA	\$1,402,410.38	\$1,093,296.00
26	60.-CALLE FCO. SAUCEDO ARNULFO GONZALEZ	\$1,377,180.98	\$3,515,034.07
27	54.-CALLE GOMEZ MORIN	\$1,278,818.39	\$1,823,655.00
28	25.-AV. FRANCISCO ZARCO	\$1,223,168.73	\$2,096,530.52
29	47.-C. 16 DE SEPTIEMBRE	\$1,184,390.41	\$5,500,331.74
30	23.-AV. JUAN ALDAMA	\$1,117,102.87	\$2,884,079.12
31	46.1.-C. PASCUAL OROZCO	\$1,055,991.89	\$332,316.00
32	16.-AV. DEZA Y ULLOA	\$971,489.09	\$847,791.00
33	46.-C. MIGUEL BARRAGAN	\$869,489.97	\$392,134.50
34	36.-AV. NUEVA ESPAÑA	\$866,677.45	\$5,654,137.30
35	14.-AV. DIVISIÓN DEL NORTE	\$825,660.40	\$288,900.00
36	13.1.-AV. AGUSTIN MELGAR	\$801,550.51	\$1,743,936.02
37	59.-CALLE NERI SANTOS	\$775,351.02	\$790,185.00
38	19.-BLVD.ORTIZ MENA	\$658,007.95	\$529,956.00
39	47.1.-C. VIETNAM, EGIPTO	\$638,726.68	\$1,046,589.07
40	6.-HEROICO COLEGIO MILITAR	\$637,063.90	\$921,690.00
41	26.-AV. SILVESTRE TERRAZAS	\$561,860.61	\$502,956.00
42	8.-AV. G. PRIETO LUJAN	\$539,376.95	\$62,328.35
43	13.-AV. AMERICAS	\$528,025.46	\$35,541.00
44	52.-CALLE RIO PANUCO	\$471,982.25	\$1,195,453.80
45	46.2.-AV. NICOLAS GOGOL	\$418,218.48	\$1,071,165.00
46	41.-AV. LEON TOLSTOY	\$350,448.71	\$665,370.00
47	11.-C.MA. ELENA HDEZ.	\$347,529.59	\$24,701.95
48	53.-AV DE LA JUNTA	\$341,556.83	\$648,237.00
49	51.-RIO SACRAMENTO	\$320,955.45	\$409,853.73
50	45.-AV. VENCEREMOS	\$265,545.80	\$803,040.00
51	48.-C. RIO AROS	\$263,488.38	\$0.00
52	50.-CALLE PINO	\$260,366.89	\$146,955.00
53	33.-AV. MELCHOR GUASPE	\$206,764.54	\$500,046.75
54	49.-AV. ZARAGOZA	\$171,657.56	\$234,000.00
55	43.-AV. WILLIAM SHAKESPEARE	\$153,534.01	\$20,889.00
56	27.-AV. R. FLORES MAGON	\$132,035.95	\$601,023.00
57	32.-CALLE 46a	\$129,174.91	\$138,771.00
58	44.-AV. LORD BYRON	\$122,322.31	\$328,257.00
59	58.-CALLE CALIFORNIA	\$86,143.53	\$636,933.00
60	24.-AV. CUAUHTEMOC	\$76,003.80	\$49,149.00
61	37.-CALLE 16 DE SEPTIEMBRE	\$14,068.93	\$12,591.00
62	16.1.-C. C.J. DE LA LUZ CORRAL	\$291.41	\$436,563.00
63	0.-AV. CIRCUITO UNIVERSITARIO	\$0.00	\$310,932.00
64	1.-PERIFERICO DE LA JUVENTUD	\$0.00	\$1,937,959.87
65	9.-AV. VIALIDAD LOS NOGALES	\$0.00	\$244,413.00
66	10.-AV. HOMERO	\$0.00	\$657,594.00
67	34.-BLVD. FUENTES MARES	\$0.00	\$8,600,307.69
68	39.-AUT.CHIHUAHUA-ALDAMA	\$0.00	\$617,925.00
TOTALES		\$141,626,826.44	\$156,353,958.33

Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que para el caso de la Avenida Chihuahua – Pacífico y de la calle Río Aros, no resultan prioritarias respecto al análisis efectuado por el método de la SEDESOL, por resultar en un nivel de serviciabilidad muy bueno y en categoría de acción de mantenimiento mínimo; sin embargo de acuerdo con los resultados del HDM-VOC, la magnitud del tránsito en dichas vialidades y condiciones actuales del IRI, resultan ser muy sensibles a la mejora de dicha condición y por ende a los costos de operación.

Tabla 1.88 Vialidades no prioritarias en metodología de SEDESOL

VÍA	Longitud Km	TPDA		COV	IRI ACTUAL
		A	B		
Vialidad CH-P	9.66	7,738	156	\$504,979.52	5.49
Río Aros	1.06	9,658	142	\$76,165.17	3.73

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la vialidad Chihuahua – Pacífico, se trata de un pavimento de concreto hidráulico el cual superficialmente esta en buenas condiciones de conservación, sin embargo es importante destacar que el IRI promedio levantado fue de 5.49 m/km para ambos sentidos de circulación. De dichos resultados se puede inferir que el efecto de tener un IRI relativamente alto sea el resultado del acabado superficial al momento de la construcción, principalmente en las juntas y/o acabado superficial (textura).

Uno efecto no menos importante resulta ser, para las vialidades en general, la presencia de brocales, cajas de operación de válvulas, registros (luz, teléfono y/o PEMEX), etc., los cuales no están niveladas correctamente respecto al pavimento existente.

1.12.9 Conclusiones

A manera de conclusión se puede decir que la aproximación a la realidad de los resultados de este trabajo es buena, ya que se tomó como referencia información real que puede validar los mismos, utilizando metodologías vigentes, aprobadas por instituciones establecidas y acreditadas nacional e internacionalmente.

En el caso de no implementar las acciones de mantenimiento y/o conservación, quedan demostrados los altos costos que repercuten de manera directa a los usuarios y por ende al Municipio. En otras palabras, en el supuesto ahorro aplicando acciones de conservación paliativas, que no atacan los problemas de fondo, pero que de alguna forma alcanzan para “hacer algo” en el mayor número de vialidades, costaría varios millones de pesos al Municipio, por el costo adicional de operación que significa para los usuarios recorrer vialidades que rápidamente alcanzarían índices de serviciabilidad bajos (rugosidades altas). Es conveniente, en términos generales, aplicar diseños con periodos útiles prolongados cada vez que sea posible pues, por alto que sea su costo inicial, rápidamente será recuperado por el Municipio, al reducirse los costos de operación de los usuarios.

En términos de diseño y construcción iniciales, resulta también conveniente gastar más en la construcción de vialidades para tener estructuras estables y pavimentos resistentes y con ello más durables; con menos irrupciones al tránsito para su conservación y, por tanto, más seguras y acumulativamente más económicas para los usuarios y el Municipio en general, que gastar menos en la inversión inicial, buscando un ahorro fugaz y repercutiendo en altos costos de conservación a la dependencia responsable y de operación a los usuarios, y por ende, al Municipio en su conjunto durante toda la vida útil de la vía.

Habrán casos, sin duda, en los que la conclusión no será favorable al realizar una mayor inversión inicial en construcción o en conservación. La recuperación o justificación de ésta, gracias a la reducción de los costos de operación, puede variar en forma importante e incluso no darse en el periodo de vida útil de una vía. Ello dependerá, por supuesto, de las magnitudes del tránsito, de su composición, de su crecimiento anual, de la apertura de nuevas vialidades, de los ritmos del deterioro de las calles y avenidas, y del tamaño de los montos de inversión implicados.