



Análisis Costo Beneficio de la Línea 3 del Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey *BERTRO Monterrey-Apodaca*



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

Monterrey, Nuevo León
Febrero de 2012

Tabla de Contenido

1	RESUMEN EJECUTIVO	7
1.1	Antecedentes	7
1.2	Objetivo del Proyecto (problemática por solucionar)	13
1.3	Situación Actual Optimizada	16
1.4	Principales características del proyecto	18
1.5	Selección del Corredor	20
1.6	Alternativas tecnológicas evaluadas	22
1.7	Migración Tecnológica y Evaluación Socio Económica de ciclo completo	26
1.8	Inversión	27
1.9	Objetivo de la Evaluación Socio-Económica	27
1.10	Indicadores de Rentabilidad Socio-Económica	28
1.11	Riesgos Identificados en la ejecución del Proyecto	29
1.12	Conclusiones y recomendaciones	30
2	SITUACIÓN SIN PROYECTO Y POSIBLES SOLUCIONES	33
2.1	Diagnóstico de la situación actual	33
2.2	Detalle de la problemática a solucionar	35
2.2.1	Aspectos socioeconómicos	39
2.2.2	Entorno del corredor (usos de suelo)	45
2.2.3	Aspectos viales	52
2.3	Balance de Oferta y Demanda de Transporte en la Situación Actual	54
2.3.1	Características Principales de Oferta	54
2.3.2	Estimación de la demanda la Línea 3 del STC Metrorrey y sus servicios complementarios	59
2.3.3	Proyección de la demanda	75
2.4	Descripción de la Situación Actual Optimizada	77
3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	81
3.1	Objetivo	81
3.2	Localización y componentes	82
3.3	Tamaño del proyecto y proceso de operación	83
3.4	Componentes	85
3.4.1	Ubicación, aforos, tamaño y tipología de las estaciones de la Línea 3 del STC Metrorrey	86
3.4.2	Número y tipología de material rodante	95
3.5	Cronograma	96
3.6	Tipo de proyecto y sector económico	97
3.6.1	Tipo de proyecto	97
3.6.2	Sector Económico	98
3.7	Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación	98
3.8	Capacidad instalada y evolución	98
3.9	Resumen de aspectos relevantes	98
3.9.1	Alternativas de trazo evaluadas para la Línea 3 del STC Metrorrey	98
3.9.2	Alternativas de tecnologías evaluadas para la Línea 3 del STC Metrorrey	102
3.10	Aspectos relevantes del impacto ambiental	109
3.11	Aspectos sociales	115
3.12	Costo total del proyecto	116
3.12.1	Costos en la etapa de ejecución	116
3.12.2	Costos en la etapa de operación	116
3.13	Calendario de Inversiones y Programa de Producción	119
3.14	Fuentes de Recursos y Financiamiento	119
4	SITUACIÓN CON PROYECTO	120
4.1	Descripción de Beneficios Atribuibles al Proyecto	120
5	EVALUACIÓN DEL PROYECTO	124
5.1	Aspectos Metodológicos	124
5.2	Beneficios sociales	127
5.2.1	Beneficios por ahorro de tiempo de los usuarios	127
5.2.2	Beneficios por ahorro en costos de operación vehicular	132
5.2.3	Beneficios por ahorros por reducción en la emisión de contaminantes	137
5.2.4	Beneficios por reducción de accidentes mortales	141
5.3	Costos Sociales	145
5.3.1	Costo de la inversión total	145
5.3.2	Costos de operación y mantenimiento	146

5.4	Externalidades del proyecto	148
5.5	Flujos Anuales del Proyecto	149
5.6	Cálculo de Indicadores de Rentabilidad estándar	151
5.6.1	Cálculo de VANS, TIRS y TRIS	152
6.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGOS	153
6.1	Sensibilidad de la Demanda	153
6.2	Sensibilidad a un aumento de costos de operación y mantenimiento	153
6.3	Sensibilidad a la tasa de descuento social	153
6.4	Sensibilidad a los costos de inversión	154
6.5	Otros factores de riesgo	155
7.	CONCLUSIONES	157
8.	ANEXOS	159
8.1	Migración Tecnológica	160
8.1.1.	Migración Tecnológica	164
8.1.2.	Demanda como factor determinante de la tecnología seleccionada en condiciones de eficiencia y sustentabilidad	165
8.1.3.	Capacidad de Operación de cada tecnología y Migración en atención del umbral de operación factible (intervalo crítico de servicio)	166
8.1.4.	Costos de la migración	166
8.1.5.	Operación de los servicios durante los trabajos de migración tecnológica	168
8.1.6.	Evaluación Socio Económica de ciclo completo	169
8.1.7.	Comparación de las Alternativas Tecnológicas por Valores Anuales Equivalentes	173
8.1.9	Síntesis de la migración de tecnologías	177
8.2	Funcionalidad, dimensionamiento y costo de predios	178
8.2.1.	Funcionalidad	178
8.2.2.	Dimensionamiento	180
8.2.3.	Costo de la tierra	189
8.3	El Sistema Integrado y el crecimiento de la demanda	193
8.4	Elasticidad precio de la demanda	205
8.6	Cálculo de los ahorros en horas – hombre al inicio de operaciones	209

Lista de Figuras

Figura 1.	Plan Maestro Red del STC Metrorrey (1988).....	8
Figura 2.	Red Actual	9
Figura 3.	Evolución de la demanda según intervenciones.....	9
Figura 4.	Historial de inversiones y retos del Plan Maestro	10
Figura 5.	Localización del Proyecto.....	12
Figura 6.	Trazo de la Línea L-3. Ubicación de Estaciones y Predios.	12
Figura 7.	Evolución de la mancha urbana del Área Metropolitana de Monterrey	13
Figura 8.	Partición modal y crecimiento del parque vehicular	14
Figura 9.	Estimaciones de la saturación vial 2000-2010 AMM.....	14
Figura 10.	Servicios directamente asociados al corredor por intervenir	16
Figura 11.	Imagen de la evolución de los servicios BERTRO	18
Figura 12.	Demanda en Corredores (CETV 2009)	20
Figura 13.	Corredores Analizados	21
Figura 14.	Esquema Metodológico de la Evaluación Socioeconómica.....	28
Figura 15.	Contexto Geográfico Área Metropolitana de Monterrey	39
Figura 16.	Evolución de la población por municipio de la Zona Conurbada de Monterrey (<i>Habitantes</i>).....	40
Figura 17.	Distribución de la Población por Grupo de Edad y Municipio de la AMM 2005.....	41
Figura 18.	Distribución de la Población por Estratos Socioeconómicos	42
Figura 19.	Densidad de población por AGEB (<i>1,306 AGEBS año 2005</i>).....	43
Figura 20.	Rangos de población por AGEB (<i>año 2005</i>)	43
Figura 21.	Tendencia de Crecimiento Poblacional por Municipio	44
Figura 22.	Tendencia de Crecimiento por Municipio huésped de Línea 3	44
Figura 23.	Usos actuales de la Zona Conurbada de Monterrey (<i>Año 2005</i>)	46
Figura 24.	Zonificación por Usos del Suelo del Corredor Extensión Av. López Mateos.....	47
Figura 25.	Acercamiento a la Zonificación del Corredor López Mateos.....	48
Figura 26.	Zonificación a lo largo del Corredor Proyecto Línea 3 Extensión Av. Miguel Alemán	49
Figura 27.	Acercamiento a la zonificación del corredor.....	50
Figura 28.	Sección Representativa Av. Félix U. Gómez.....	52
Figura 29.	Sección Representativa Av. Los Ángeles.....	52
Figura 30.	Situación Actual de la Av. Rómulo Garza Puente vehicular	53
Figura 31.	Situación Actual de la Av. Rómulo Garza Puente vehicular	53
Figura 32.	Perfil del corredor y gradiente.....	54
Figura 33.	Red vial de la zona de estudio.....	55
Figura 34.	Base de datos de la capa de Red Vial	55
Figura 35.	Paradas incluidas en la modelaje	56
Figura 36.	Red de transporte público utilizada en el modelaje	56
Figura 37.	Rutas directamente involucradas con la demanda por servir	57
Figura 38.	Rutas TRANSMETRO incluidas en la actualización de la oferta.	60
Figura 39.	Perfil de demanda en un día laborable en transporte público.....	61
Figura 40.	Demanda en hora pico para calibrar el modelo de asignación.	61
Figura 41.	Distribución horario de aplicación encuestas origen-destino	62
Figura 42.	Sembrado encuestas origen-destino.....	62
Figura 43.	Perfil de demanda en un día laborable entre semana para el Metro	64
Figura 44.	Demanda horaria en la red Metro para el ajuste del modelo de asignación.	64
Figura 45.	Calibración por ascenso-descenso en estaciones Metro (8-9 AM).....	66
Figura 46.	Calibración por demanda el Sistema Tradicional (8-9 AM).....	66
Figura 47.	Districtos utilizados para la agregación de la matriz de viajes.....	67
Figura 48.	Macrozonas y corredores delimitados en el marco de las variantes de trazo	68
Figura 49.	Variantes de trazo para la línea 3 de Metrorrey	71
Figura 50.	Estimaciones de demanda realizadas para seleccionar el trazo más conveniente en términos de demanda para la L3.....	73
Figura 51.	Servicios directamente asociados al corredor por intervenir	77

Figura 52.	Localización del Proyecto	82
Figura 53.	Trazo de la Línea L-3. Ubicación de Estaciones y Predios.....	83
Figura 54.	Recorrido del Corredor Metropolitano Santa Lucía - Apodaca	86
Figura 55.	Ubicación de estaciones maestras de aforo vehicular.....	87
Figura 56.	Estaciones a lo largo del corredor Santa Lucía – Apodaca, variante Av. Miguel Alemán	89
Figura 57.	Vistas para Estación Tipo Elevada	90
Figura 58.	Propuesta de diseño de Estación Tipo.....	91
Figura 59.	Esquema de Problemática de Cruce de Viaductos Elevados.....	92
Figura 60.	Vista Estación a Nivel.....	93
Figura 61.	Ubicación Estación Terminal Santa Lucía.....	93
Figura 62.	Ubicación Estación Terminal La Fe.	94
Figura 63.	Unidad tipo para servicio troncal.....	95
Figura 64.	Programa de Trabajo para la realización de Línea 3.....	97
Figura 65.	Corredores con alta demanda potencial	99
Figura 66.	Condiciones de Diseño solución a nivel Sección Félix U. Gómez	104
Figura 67.	Ilustrativo corte carril de rodamiento	105
Figura 68.	Sistema Ambiental Regional.....	110
Figura 69.	Interacciones del proyecto con el sistema ambiental regional	111
Figura 70.	Síntesis de la Metodología de Evaluación.....	125
Figura 71.	Proceso metodológico utilizado para comparar la situación con proyecto versus la situación actual optimizada ...	126
Figura 72.	Desglose de la Inversión por Principales Rubros (Proyecto Integral). Porcentajes.....	145
Figura 73.	Sensibilidad del VPNS a Variación en los Ahorros de Operación de Autobuses	153
Figura 74.	Sensibilidad del VPNS a la Tasa de Descuento.....	154
Figura 75.	Sensibilidad del VPNS a Variaciones en Costos de Inversión Inicial.....	154
Figura 76.	Plan Maestro Red del STC Metrorrey (1988)	160
Figura 77.	Red Actual.....	161
Figura 78.	Evolución de la partición modal	162
Figura 79.	Localización del Proyecto	163
Figura 80.	Migración Tecnológica.....	164
Figura 81.	Intervalo crítico para migración tecnológica	166
Figura 82.	Esquema de operación en etapa de migración	169
Figura 83.	Plan Maestro del STC Metrorrey 2045.....	171
Figura 84.	Conceptual de flujos de efectivo con y sin migración tecnológica	172
Figura 85.	Demanda Atendida por Alternativa Tecnológica y su Valor Anual Equivalente (Millones de Pasajeros anuales)..	175
Figura 86.	Trazo de la Línea L3, Ubicación de Estaciones y Predios.....	178
Figura 87.	Servicios por atender en la terminal de integración y los patios y talleres	181
Figura 88.	Predio Terminal, Patios y Talleres Apodaca	183
Figura 89.	Predio La Primavera.....	184
Figura 90.	Propuesta de arreglo general para el Patio Primavera en Primera Etapa.....	185
Figura 91.	Detalle del área de estacionamiento de los autobuses bi articulados.....	186
Figura 92.	Pre diseño máximo requerido en el predio Primavera (2ª Etapa)	187
Figura 93.	Ejemplo de referencia comercial.....	190
Figura 94.	Corredor Metro en Corredor Miguel Alemán según Plan de Desarrollo Urbano Apodaca 2020.	191
Figura 95.	Efecto de la elasticidad precio de la demanda sobre los ingresos y la captación	207

Lista de Tablas

Tabla 1.	Situación actual optimizada.....	17
Tabla 2.	Evaluación preliminar de alternativas de trazo, tecnología, tarifa y condiciones de mercado (nivel perfil, solo tramo tronca)	22
Tabla 3.	Diferenciales en variables de operación resultantes y demanda captada por tecnología	24
Tabla 4.	Resumen de Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica por Alternativa Tecnológica (Servicio Troncal, sin externalidades)	25
Tabla 5.	Síntesis de indicadores socioeconómicos de la evaluación de ciclo - completo	27
Tabla 6.	Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto (<i>Cifras a precios de mercado de diciembre de 2011</i>)	29
Tabla 7.	Estimación de Reducción de Emisiones Contaminantes, Servicio Troncal BERTRO (Ton/Año)	29
Tabla 8.	Distribución de Área Urbanizable por Municipio 2007.....	42
Tabla 9.	Porcentajes de Zonificación por Tramos Corredor López Mateos.....	48
Tabla 10.	Porcentajes de zonificación por Tramos Corredor	51
Tabla 11.	Principales características de la oferta asociada al Corredor.....	58
Tabla 12.	Estructura tarifaria empleada para caracterizar el trasbordo entre modos de transporte a una tarifa de 7.50 pesos ..	65
Tabla 13.	Matriz de viajes ajustada agregada por distritos	68
Tabla 14.	Matriz de viajes ajustada agregada por macrozonas y corredores	70
Tabla 15.	Captación de las alternativas de trazo Líneas del Metro.....	74
Tabla 16.	Captación de las alternativas de trazo Líneas del Metro por componente	75
Tabla 17.	Evolución de la demanda por tipo de servicio.....	76
Tabla 18.	Rutas asociadas al sistema por intervenir	77
Tabla 19.	Situación actual optimizada.....	79
Tabla 20.	Resumen de las volúmenes en hora de máxima demanda en ambos sentidos de 14 horas en un día hábil de la semana en estaciones maestras.	88
Tabla 21.	Evaluación preliminar de alternativas de trazo, tecnología, tarifa y condiciones de mercado (nivel perfil, solo tramo tronca)	101
Tabla 22.	Variables de operación y demanda según tecnología.....	108
Tabla 23.	Resumen de Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica por Alternativa Tecnológica (Servicio Troncal, sin externalidades)	108
Tabla 24.	Parámetros utilizados en la Situación Sin Proyecto.....	116
Tabla 25.	Estimación de los Costos Económicos de la Situación Sin Proyecto (Servicio Troncal, millones de pesos por año ...	118
Tabla 26.	Parámetros utilizados en la Situación Con Proyecto (Servicio BERTRO)	120
Tabla 27.	Ahorros en Costos de Operación Vehicular (Millones de Pesos)	122
Tabla 28.	Ahorros en Tiempos de Traslado (Millones de Pesos).....	123
Tabla 29.	Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios (Millones de pesos).....	127
Tabla 30.	Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios, BERTRO (Millones \$).....	128
Tabla 31.	Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios, Servicio Complementarios (Millones \$)	129
Tabla 32.	Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios, Servicio de Alimentación (Millones \$).....	130
Tabla 33.	Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios, todos los servicios (Millones \$).....	131
Tabla 34.	Ahorros en los Costos de Operación Vehicular en todos los servicios (millones de pesos)	132
Tabla 35.	Ahorros en los Costos de Operación Vehicular, Servicio BERTRO (millones de pesos).....	133
Tabla 36.	Ahorros en los Costos de Operación Vehicular, Servicio Complementario (Millones \$)	134
Tabla 37.	Ahorros en los Costos de Operación Vehicular, Servicio de Alimentación (Millones \$).....	135
Tabla 38.	Ahorros en los Costos de Operación Vehicular, todos los servicios (Millones \$).....	136
Tabla 39.	Beneficios por Reducción en Emisiones de Contaminantes por quinquenio y tipo de servicio (Millones \$)	137
Tabla 40.	Beneficios por Reducción en Emisiones de Contaminantes, Servicio BERTRO (Millones \$)	138
Tabla 41.	Beneficios por Reducción en Emisiones de Contaminantes, Servicio Complementarios (Millones \$)	139
Tabla 42.	Beneficios por Reducción en Emisiones de Contaminantes, Servicio de Alimentación (Millones \$).....	140
Tabla 43.	Beneficios por Reducción de Accidentes Mortales por tipo de servicio y quinquenio (Millones \$).....	141
Tabla 44.	Beneficios por Reducción de Accidentes Mortales, servicio BERTRO por año (Millones \$).....	142
Tabla 45.	Beneficios por Reducción de Accidentes Mortales, Servicio Complementario (Millones \$)	143
Tabla 46.	Beneficios por Reducción de Accidentes Mortales, Servicio Alimentación (Millones \$).....	144
Tabla 47.	Costos de Mantenimiento por Servicio (Millones \$)	146
Tabla 48.	Costos de Mantenimiento Anuales por Servicio (Millones \$)	147
Tabla 49.	Estimación Reducción de Emisiones, Servicio BERTRO (Ton/año)	148
Tabla 50.	Estimación de Reducción de Emisiones, Servicio Complementarios (Ton/año).....	148
Tabla 51.	Estimación de Reducción de Emisiones Contaminantes, Servicios de Alimentación (Ton por año).....	149
Tabla 52.	Flujo Económico del Proyecto (Todos los servicios en millones de \$, a precios de mercado).....	150
Tabla 53.	Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto, (cifras en millones de pesos de diciembre de 2011, a precios de mercado).....	152
Tabla 54.	Parámetros utilizados Valor del tiempo de los usuarios.....	155
Tabla 55.	Síntesis de indicadores socioeconómicos de la evaluación de ciclo - completo.....	173
Tabla 56.	Comparación de los Valores Anuales Equivalentes de los Costos y los Beneficios de las Alternativas Tecnológicas	176

Tabla 57.	Funcionalidades esperadas en cada predio	179
Tabla 58.	Factores multiplicadores para el dimensionamiento de patios y talleres	180
Tabla 59.	Área necesaria por tipo de vehículo	180
Tabla 60.	Servicios y flota asociada al predio Apodaca.....	181
Tabla 61.	Dimensiones mínimas para el área de integración en el predio Apodaca	182
Tabla 62.	Dimensionamiento de patios y talleres en predio Apodaca.....	182
Tabla 63.	Dimensionamiento del predio Primavera en primera etapa.....	185
Tabla 64.	Extracto de la Matriz de Compatibilidades del Plan de Desarrollo Urbano de Apodaca	192
Tabla 65.	Síntesis de estudios relacionados con la elasticidad precio de la demanda en servicios de transporte público. ..	206
Tabla 66.	Variación de la demanda del sistema a distintas tarifas.....	207
Tabla 67.	Resumen de los ahorros por reducción de tiempos de viaje pro servicio en el año de inicio de operaciones (millones de hora por año)	209
Tabla 68.	Ahorros por reducción de tiempos de viaje en servicio BERTRO en el año de puesta en servicio (millones de horas – hombre)	210

1 RESUMEN EJECUTIVO

El Gobierno del Estado de Nuevo León a través del Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey se proponen ampliar la cobertura de los servicios del Sistema Integrado de Transporte del Área Metropolitana de Monterrey (SITME), a tal efecto se propone la implantación de la Línea 3 en la modalidad de servicios BERTRO en un corredor de 31 km. de longitud que va desde Santa Lucia en el Municipio de Monterrey hasta el Casco Antiguo de Apodaca.

El proyecto se ha planteado de tal forma que recoge la experiencia reciente, demanda creciente con servicios alimentadores y tarifa integrada, y responde a las restricciones presupuestales de los gobiernos federal y estatal alineando las políticas o principios exigidos en los lineamientos de PROTRAM: rentabilidad social, rentabilidad financiera y permite la participación de privados.

El proyecto implica una inversión inicial de \$ 4,772 millones de pesos¹ y alcanza una TIR del 21.5 % y una relación B/C de 1.87. Dichos indicadores se alcanzan debido a que se logra capturar una demanda del orden de los 482,000 pasajeros por día con un diseño de servicios a la medida pues propone instalaciones físicas y servicios acordes a la demanda y las condiciones del entorno: un tramo de viaducto elevado de 12.8 km. en donde la demanda es mayor y existen problemas de tráfico o limitaciones de espacio, dos servicios complementarios a nivel (18 km.) y una red de rutas de alimentación de corta longitud en donde la demanda es más baja (58 km.).

El documento se ha organizado para explicar la manera en que se ha integrado el proyecto y sigue las recomendaciones de los lineamientos para la preparación de este tipo de estudios con la siguiente estructura: el resumen ejecutivo, la situación sin proyecto, la descripción del proyecto, la situación con proyecto, evaluación socio económica, el análisis de sensibilidad y riesgos, las conclusiones y los anexos.

1.1 Antecedentes

El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) tiene una población de 3.9 millones de habitantes y concentra el 86% de la población de todo el Estado, es la tercera zona metropolitana más poblada de México y todos los días se mueven 8.2 millones viajes. Los viajes son atendidos con una red Metro de 32 km, unas 5,000 unidades de transporte público y 1.6 millones de vehículos registrados; los usuarios, en lo general son usuarios con características socioeconómicas un poco más altos que en el resto del país (PIB per cápita del orden de los \$ 14,000 usd por año) y que se mueven en un entorno de desarrollo urbano de baja densidad y usos del suelo desagregados. El resultado es que la participación modal ha caído constantemente desde mediados de los años 90 del siglo pasado en favor del automóvil particular hasta llegar a una participación del orden del 50%. Este dato, el de la participación modal tiene otras expresiones afines o paralelas: en el periodo de 2000 – 2005 se registró una tasa de crecimiento en el número de vehículos del 8.5% anual, muy superior al crecimiento poblacional del mismo periodo (2.1%) y al crecimiento del parque vehicular nacional, 7.2%;

¹ Precios de diciembre de 2011 y a un tipo de cambio de \$ 13.98 que corresponde a la tasa para solventar obligaciones en USD contraídas en México y refiere a 31 de diciembre de 2011.

mientras que la media nacional es de 214 vehículos por cada mil habitantes, en el área es de 403 (año 2005) ².

Uno de los principales esfuerzos para revertir tal tendencia fue la creación del Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey (STC Metrorrey) en 1987, a tal efecto se planteó un Plan Maestro con 4 líneas y dos extensiones para llegar a una longitud de 84 Km. Esta red debería estar completa en el año 2000 y atender una demanda del 15% de todos los viajes del AMM (Figura 1).

Figura 1. Plan Maestro Red del STC Metrorrey (1988)



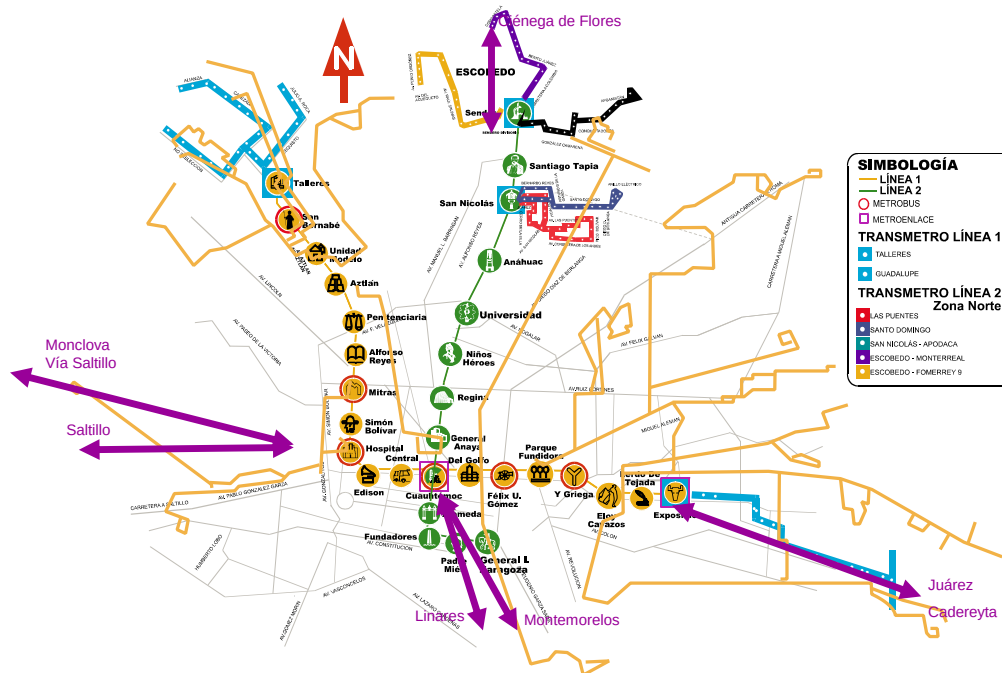
Fuente: Plan Maestro del Metro, 1987.

En 1991 inicia la operación de la Línea 1 conectando el Municipio de Guadalupe (oriente del Área Metropolitana) con el Municipio de Monterrey (norponiente del Área Metropolitana). Tres años después, en 1994, entra en el sistema Línea 2 pero con una extensión de 4.9 Km. Hasta el año 2008 entra en operación la totalidad de la Línea 2, conectando desde el primer cuadro central hasta el norte de la zona en el municipio de Escobedo, uniendo importantes puntos al sistema como la Universidad Autónoma de Nuevo León y desarrollos habitacionales. Los primeros años de operación del sistema registran una baja cobertura y bajas tasas de crecimiento (ambas iguales o menores al 2%, la primera del total de los viajes y la segunda como crecimiento anual) que solo empiezan a cambiar con la introducción de servicios de superficie (2001, con la primer generación de TRANSMETROS) y que se confirma con el modelo seleccionado para la ampliación de la Línea 2, básicamente un tramo de Metro y 5 servicios de alimentación en superficie, de ahí la actual integración del Sistema ((Figura 2). Al mismo tiempo los recursos se hacen escasos tanto que las

² En el 2009 se tuvo un registro de parque vehicular de 1.6 millones dentro de los 9 municipios que conforman el Área.

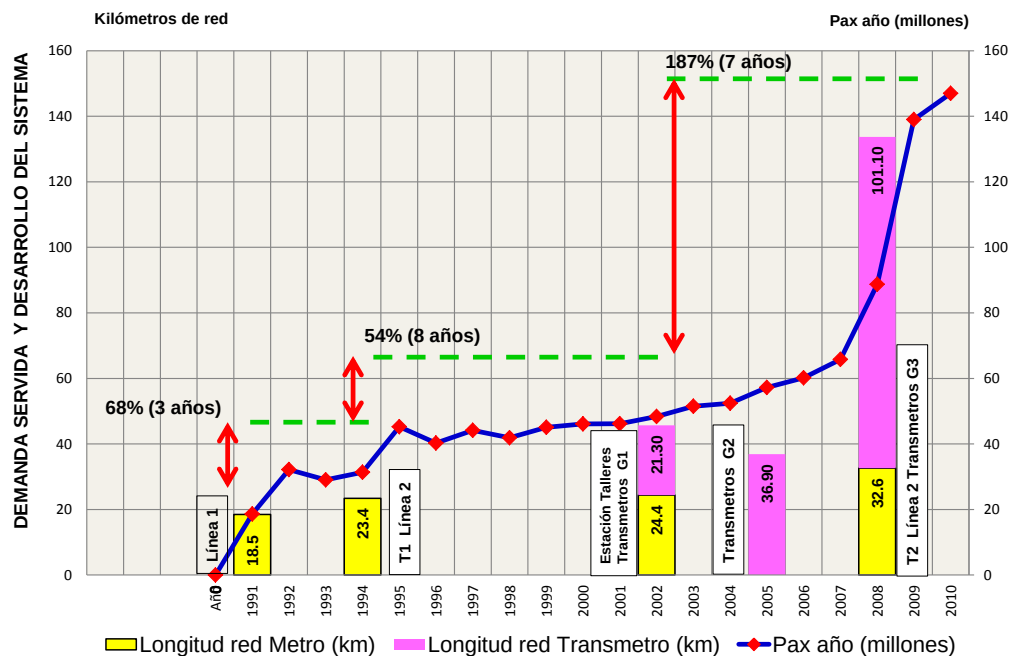
intervenciones Metro se tornan pequeñas, más espaciadas y de hecho, dado el giro en la política del Gobierno Federal para financiar este tipo de proyectos insostenible.

Figura 2. Red Actual



Fuente: STC Metrorrey

Figura 3. Evolución de la demanda según intervenciones

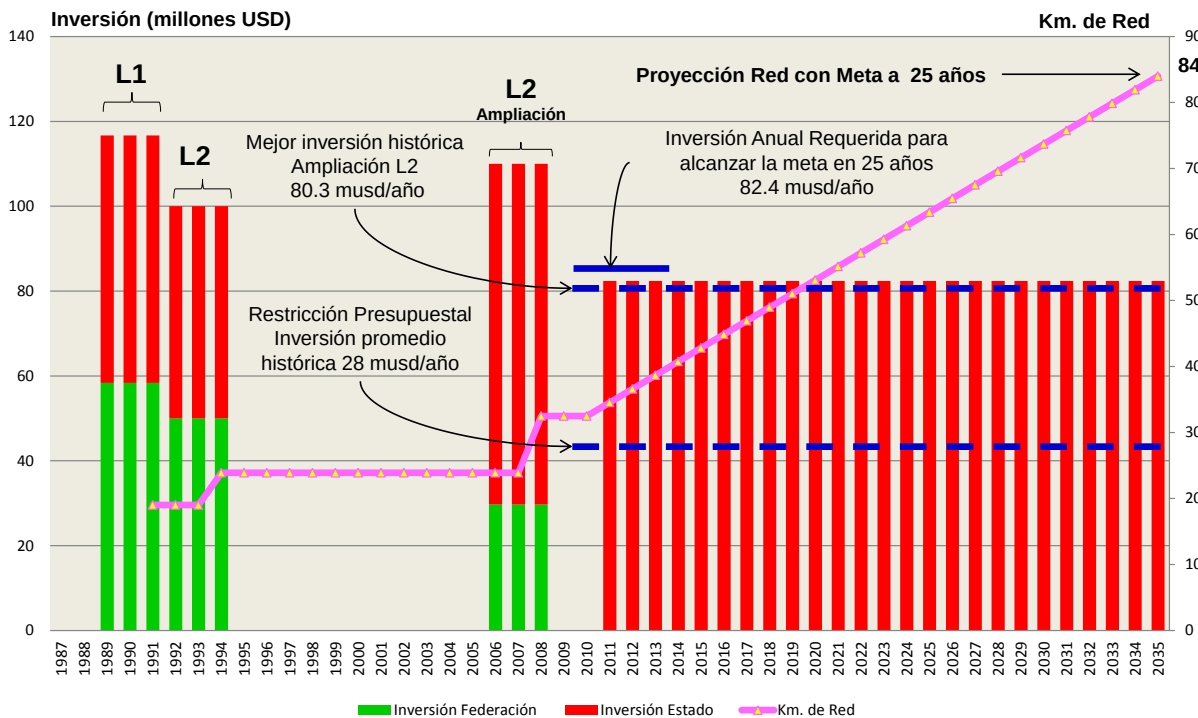


Fuente: Datos históricos del STC Metrorrey

En una apretada síntesis, la evolución descrita impone el reto de encontrar la manera de seguir haciendo provisión de servicios de transporte público de alta calidad con las restricciones imperantes: baja densidad, alta preferencia por medios individuales, alta motorización y sobre todo una fuerte restricción presupuestal.

La respuesta más completa diría que con más oferta de transporte público y medios no motorizados vinculados a un modelo de desarrollo urbano de alta densidad y usos mixtos, posible solo si se vinculan y alinean tres factores: el modelo de desarrollo urbano, la oferta y su financiamiento. Los tres son relevantes y no pueden ser disociados, pero el más difícil de los tres es el del financiamiento pues los fondos se han tornado cada vez más escasos, decrecientes por parte del Gobierno Federal y de hecho con una nueva orientación con la implantación de PROTRAM; en todo caso impone un reto gigantesco (\$ 82.4 musd por año) si se quisieran alcanzar las metas del Plan Maestro original en 25 años (84 km. de red Metro), ver Figura 4.

Figura 4. Historial de inversiones y retos del Plan Maestro



Fuente: Datos históricos del STC Metrorrey

Esta breve historia plantea un dilema ¿Cómo crecer el Sistema Metro en un entorno de alta tasa de motorización con preferencia por los medios individuales y un modelo de desarrollo urbano disperso y de baja densidad en un entorno de gran escasez de recursos?

La respuesta institucional es la crear una Política Pública de Movilidad Sustentable que pasa por cambiar los paradigmas en los temas de desarrollo urbano y transporte, con foco en la creación de un Sistema Integrado de Transporte Público basado en los siguientes estudios, planes y leyes:

- a) Estudio de Modernización del Transporte Público Área Metropolitana de Monterrey, N.L. (2003)
- b) Plan Estatal de Desarrollo 2004 – 2009 “Por un desarrollo ordenado y sustentable”
- c) Ley de Transporte para la Movilidad Sustentable del Estado de Nuevo León (2006)
- d) Plan Sectorial de Transporte y Vialidad para el Área Metropolitana de Monterrey (2007)
- e) Plan Estatal de Desarrollo 2010 – 2015

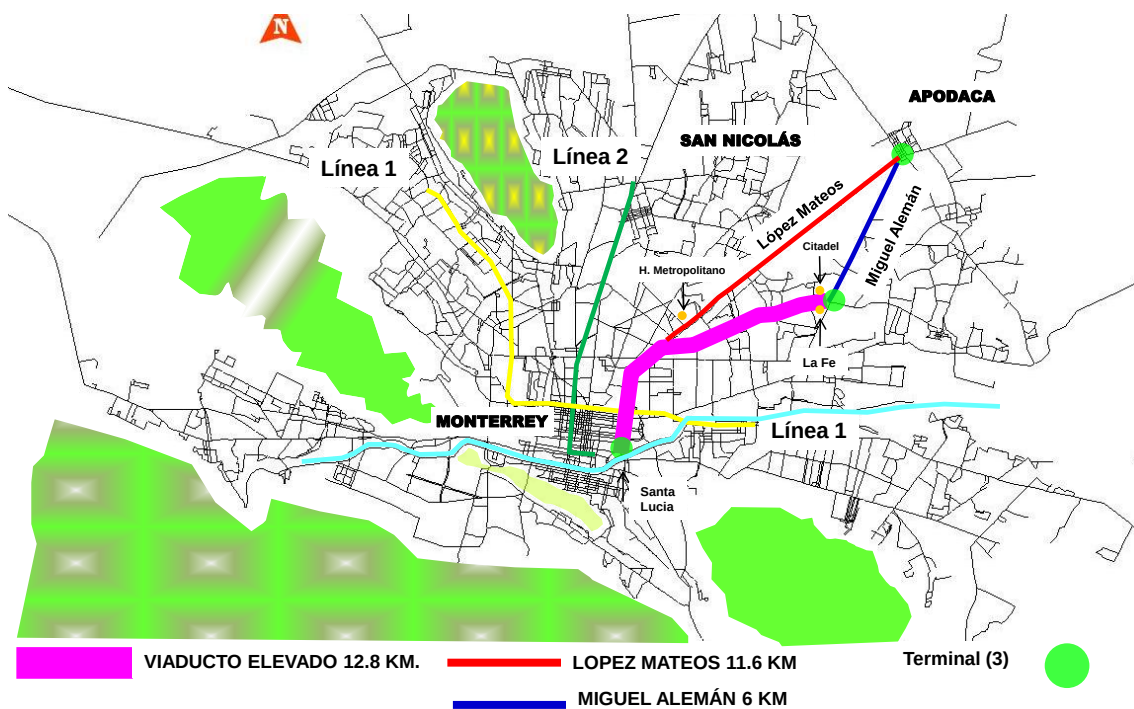
El hilo conductor de estos esfuerzos es la transformación del Sistema Tradicional de Transporte (SITRA) a un Sistema Integrado de Transporte Metropolitano (SITME), de hecho se ha creado ya la base legal e institucional en la Ley y Reglamento para la Movilidad Sustentable del Estado de Nuevo León y particularmente en el Plan Sectorial de Transporte y Vialidad (POE 25/09/2007), que comprende todos aquellos medios de transporte, infraestructuras especializadas y sistemas de peaje y operación que funcionan de manera coordinada para la movilidad sustentable, racional y moderna de pasajeros en el AMM. La construcción de esta visión transita sobre cuatro grandes ejes:

- a) La maximización del aprovechamiento de la red Metro como red troncal, sus servicios de superficie y la de las futuras líneas que este sistema vaya incorporando.
- b) El desarrollo de un sistema de rutas alimentadoras, difusoras e intersectoriales mediante autobuses en vía exclusiva (BRT).
- c) La integración física y tarifaria de estos dos sistemas, y
- d) La paulatina integración o reconversión del SITRA al SITME en cualquiera de las dos vertientes o por suma a la integración física y tarifaria.

Forman parte de estos esfuerzos la denominada Ecovia (Corredor Lincoln-Ruiz Cortines y la siguiente intervención de Metrorrey, objeto de este documento, que se denomina Corredor Santa Lucía – Apodaca y que juntos hacen parte del SITME.

En particular, en este documento se analiza el Corredor Línea 3 Santa Lucía – Apodaca (L3), uno de los de mayor demanda en la conurbación. El corredor de Monterrey – Apodaca, tiene su inicio en las orillas del río Santa Catarina a la altura de la zona de hospitales, localizada al inicio de la Av. Félix Uresti Gómez, continúa por la Av. Los Ángeles, sigue por Av. Nogalar, continua por Rómulo Garza y finaliza en la Av. Miguel Alemán en Apodaca. Tiene una longitud de 19.3 Km. (incluye cola de maniobras y rampas); un servicios complementario por la Avenida López Mateos (11.6 km) y un paquete de servicios de alimentación hacen parte integral del proyecto. Su trazo tiene influencia directa en los municipios de Monterrey, San Nicolás de los Garza, Guadalupe y Apodaca (Figura 5).

Figura 5. Localización del Proyecto



Fuente: STC Metrorrey

Figura 6. Trazo de la Línea L-3. Ubicación de Estaciones y Predios.



Fuente: FOA Consultores

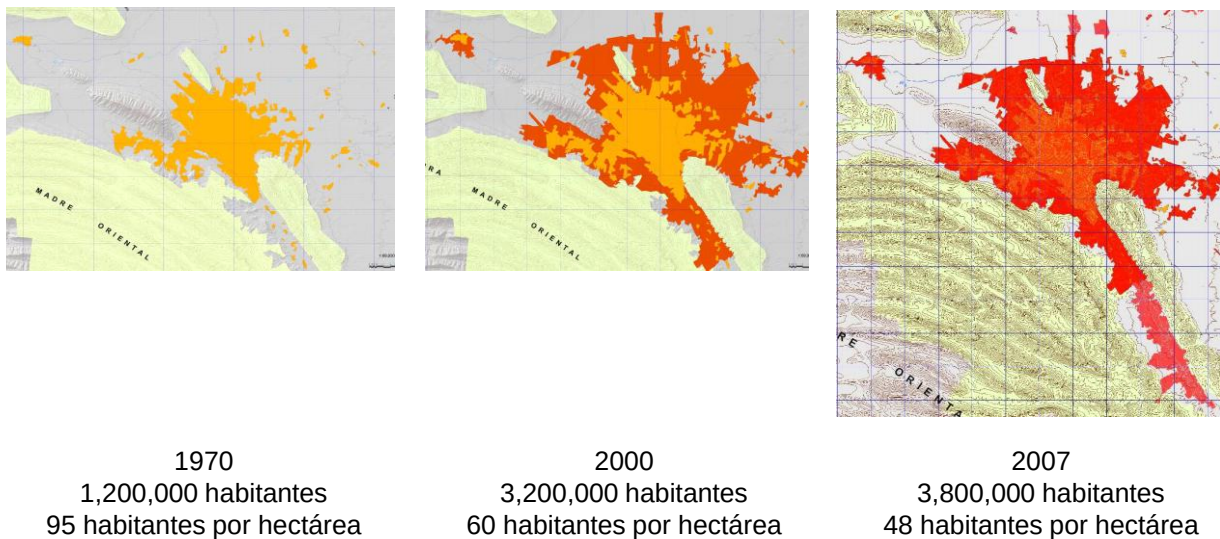
En los siguientes capítulos se hace una amplia descripción del proyecto, sus costos, la demanda, los beneficios y los indicadores de rentabilidad social.

1.2 Objetivo del Proyecto (problemática por solucionar)

Los objetivos del proyecto se derivan de la problemática existente y que se puede explicar en dos planos, uno general y otro particular. La primera tiene que ver con la evolución de las políticas de desarrollo urbano, vialidad y transporte en el Área Metropolitana de Monterrey y la segunda con las condiciones específicas del Corredor por Intervenir.

El crecimiento de la mancha urbana del AMM en los últimos cuarenta años se ha dado cada vez con mayor dispersión, provocando el alargamiento de los viajes de las personas y un mayor costo para la provisión de los servicios públicos entre ellos el transporte. Esto se ve reflejado en el número de habitantes por hectárea, que de 1970 al 2007 disminuyó de 90 a 48 (Figura 7). La morfología de la ciudad es muy diferente a la de la Ciudad de México y otras grandes capitales de Latinoamérica donde la densidad poblacional sigue siendo superior a los 100 habitantes por hectárea.

Figura 7. Evolución de la mancha urbana del Área Metropolitana de Monterrey

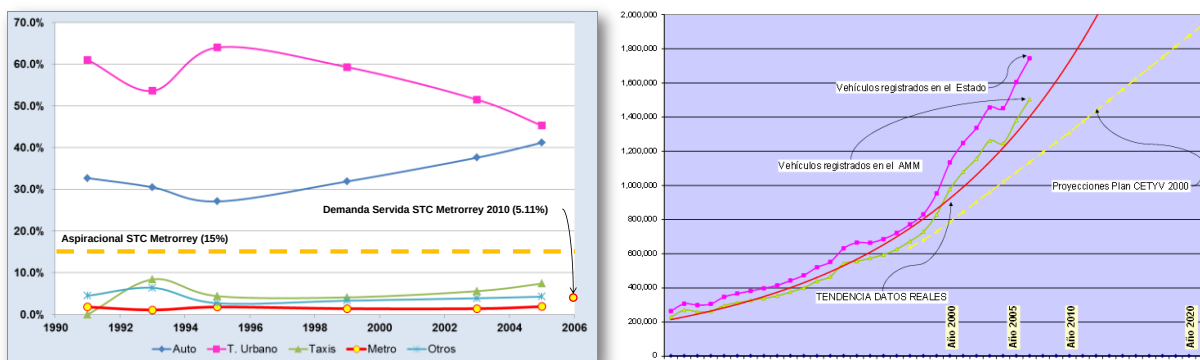


Fuente: Planes de Desarrollo Urbano del AMM.

El proceso urbano descrito, en asociación con los niveles de ingreso de la población del AMM³ ha provocado que la preferencia de los usuarios por los distintos modos de transporte crezca en favor del auto particular, de tal forma que en diez años (de 1995 al 2005) el automóvil incrementó su participación en poco más de 14 puntos porcentuales a costa de la caída en la participación del transporte urbano de más de 18 puntos. En contraste el registro de automóviles crece significativamente de tal manera que el parque automotor, al finalizar el año 2009, superó el millón 700 mil vehículos (Figura 8).

³ \$ 15,756 usd/ por persona. Nuevo León: Reporte de las Condiciones Económicas, Agosto 2010. p. 4. Secretaria de Desarrollo Económico del Gobierno de Estado de Nuevo León.

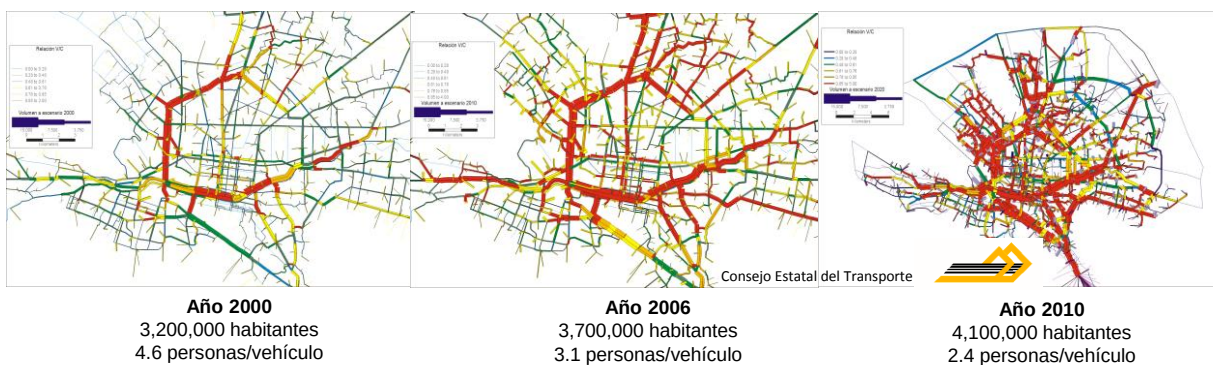
Figura 8. Partición modal y crecimiento del parque vehicular



Fuente: Instituto de Control Vehicular, CETYV y STC Metrorrey.

La combinación de factores descritos y las políticas de provisión de infraestructura para la movilidad implican que la idea de mover a las personas en automóvil no es sustentable, ejercicios previos del Consejo Estatal de Transporte y Vialidad así lo anticipaban, en los diagramas de saturación vial que se tenían para el año 2000 indicaban que solo un porcentaje menor de la red vial principal se encontraba saturada (en rojo según las gráficas de la Figura 9), ya para el año 2006 se hacía previsión de segmentos saturados por toda la ciudad, y con el crecimiento del parque vehicular en 2010 prácticamente toda la red vial principal se encuentra rebasada en la hora pico. En la síntesis aún y cuando cada año se invierte más en obras viales, necesarias según los Planes de Desarrollo Urbano, se siguen necesitando más de 6 mil millones de dólares⁴, recursos muy superiores a los disponibles en los presupuestos municipales y estatal pero no se ve como tal inversión aliviará la congestión.

Figura 9. Estimaciones de la saturación vial 2000-2010 AMM



Fuente: Plan Sectorial de Transporte y Vialidad CETYV 2000.

En otro enfoque se destaca que los servicios de transporte público deberían reunir ciertas características para ser competitivos: tener una amplia cobertura, ser regulares, amplios horarios de servicios, limpios, seguros y asequibles. De entre estas variables destacan las de velocidad, o tiempo de viaje, y el costo del transporte público tradicional.

⁴ Costo de la red vial incluida en los Planes de Desarrollo Urbano del AMM de Tabla 14 página 75 de Política Pública de Movilidad Sustentable: Menos vialidad, más movilidad para la Zona Conurbada de Monterrey Tesis para obtener el grado de Maestría en Administración Pública y Política Pública EGAP-ITESM (Autor: Moisés López Cantú. No Publicada)

En el primer caso, a pesar de que la velocidad comercial media del transporte público no es mala (21 km/hr), el resultado es que el diferencial entre los tiempos de viaje promedio entre auto particular (29 min.) y el transporte público (52 min.) es de 23 minutos en favor de los autos. Las diferencias se agudizan si se compara el tiempo de viaje percibido por los usuarios del transporte público de estrato bajo (55 min.) contra los usuarios de autos particulares de estrato alto (25 min.), en ese caso el diferencial de tiempos de viaje es de 30 minutos en favor del auto particular⁵.

Respecto de los costos de viaje se puede decir que la tarifa promedio ponderada del transporte público es de \$ 8.75 por viaje (tarifa plana) y que los usuarios deben pagar cada vez que transbordan. En una aproximación simple se puede decir que si el costo de un viaje es de \$ 8.75 y el porcentaje de transbordos en el Área Metropolitana de Monterrey es del 34% entonces el costo promedio de los viajes es de \$ 11.72; otra fuente, la encuesta que se hizo a usuarios de transporte público para actualizar el Plan Maestro del STC Metrorrey (2010), indica un costo medio de viaje de \$ 13.50. Independientemente de la certeza de estas estimaciones lo cierto es que los costos de transporte público inciden fuertemente en el gasto familiar entre un 7.8 y un 9.7% entre el decil I y el decil VI.⁶ En contraste la tarifa de los servicios Metro es de \$ 4.50 y permite transbordos sin cargo entre sus servicios, en este trabajo se asume un aumento para llegar a \$ 7.50 que es un 85% de la tarifa del sistema tradicional.

Así en este plano de la problemática se puede concluir que invirtiendo en vialidades no se mejora la movilidad en el AMM, se torna pertinente un cambio en la política pública y la alternativa es invertir en Sistemas de Transporte Masivo.

En el otro plano de la problemática, este particularmente focalizado en el corredor por intervenir, nos remitimos a las limitaciones del actual sistema de transporte y a las condiciones que las componentes físicas y de gestión del tránsito imponen al transporte público. Dado que más adelante se describen en este momento solo se anota que las características de la problemática a resolver se pueden resumir en:

- a) Una oferta de transporte limitada, por su composición y por su capacidad diferente (midibuses y autobuses).
- b) Desorden y congestionamientos viales
- c) Falta de certidumbre en el tiempo de traslado de los usuarios del transporte público y privado.
- d) Externalidades en materia de emisiones contaminantes y de accidentes por excesos en vehículos-km de los vehículos de transporte público.

De lo expuesto se derivan los principales objetivos del proyecto que son:

- a) Incidir favorablemente en la partición modal, ofertando más transporte público de alta calidad, por ende disminuir las externalidades asociadas a la movilidad basada en autos particulares.

⁵ Plan Sectorial de Transporte y Vialidad. p. 117. Periódico Oficial del Estado 25 de Septiembre de 2007. La focalización por medio y por estrato procede de la Encuesta Origen – Destino (CETV 2005).

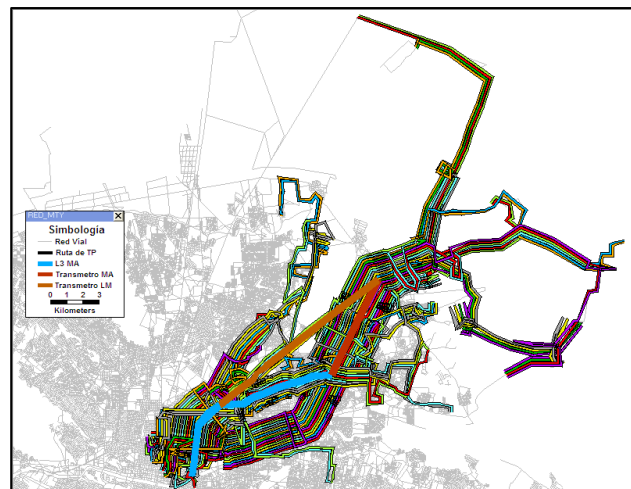
⁶ Ibidem. Cuadro 27 p. 114.

- b) Ofrecer un conjunto de servicios de transporte masivo, seguro, competitivo y eficiente, dentro de un corredor con capacidad para atender hasta 481,884 pasajeros/día de inicio⁷, incluyendo un servicio troncal, dos servicios alimentación – continuación y una red de 10 rutas alimentadoras.
- c) Reducir el tiempo de transporte a los usuarios, por contar con un transporte público más veloz en las vialidades: Félix U. Gómez, Rómulo Garza, Miguel Alemán y López Mateos.
- d) Contribuir en la solución del congestionamiento vial, de la contaminación ambiental y del excesivo consumo de energéticos, además de coadyuvar en la planeación ordenada del desarrollo urbano en la zona.
- e) Contribuir a la equidad social de la Zona Conurbada de Monterrey, al ofrecer un sistema de transporte integrado de forma física y tarifaria, con reducciones potenciales en el gasto dedicado al transporte de las familias de estratos medio bajo y bajo.

1.3 Situación Actual Optimizada

En la situación actual la demanda es atendida mediante un sistema de rutas mayormente radiales en un sistema de equilibrios territoriales, es decir tienen una cierta “exclusividad” en las zonas más externas y confluyen en las vialidades del centro metropolitano. Lo relevante en esta primer definición implica que los actuales servicios sirven al corredor y sus zonas de alimentación, como se muestra en la Figura 10, e implica que los procesos de reestructuración y optimización se trabajarán con 25 rutas que suman 293 unidades.

Figura 10. Servicios directamente asociados al corredor por intervenir



Fuente: Modelo Transcad construido para el proyecto.

La situación actual optimizada se define como las acciones que las entidades o gobiernos ejecutarían de no tener los recursos para ejecutar el proyecto, es decir medidas de bajo costo que permitan mejorar los actuales servicios generando el máximo de beneficios

⁷ La demanda a captar se refiere a tramos de viaje a lo largo del proyecto integral del corredor

sociales con las menores inversiones posibles. Para este caso se asume que podrían ejecutarse las siguientes acciones:

- a) Coordinación de semáforos para aumentar la velocidad comercial de las unidades
- b) Gestión y optimización de los servicios para que la frecuencia de paso sea regular
- c) Revisión del diseño de los servicios que tengan más de 10 minutos de frecuencia de paso.
- d) Mejoras en geometría (bajo costo) y superficie de rodamiento.

Si este es el caso no hay grandes procesos de re estructuración, en términos prácticos el tema se puede expresar como un aumento en la velocidad comercial de las rutas en donde la mayor parte del itinerario se da en Félix U. Gómez y Rómulo Garza (16 km/hr) un aumento en la frecuencia y por ende una disminución en el número de unidades de 57 unidades como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Situación actual optimizada

Ruta	Ramal	Unidades sin optimización	Unidades con optimización	Diferencia
104	Real de Palmas-Apodaca-Citadel	11	9	2
104	Artemio Treviño-Apodaca-Citadel	11	9	2
105	Apodaca – Centro	9	7	2
105	Pueblo Nuevo- San Isidro	15	12	3
105	Misión de Huinala	13	10	3
109	Apodaca	18	14	4
109	San Isidro	21	17	4
111	Directo Pesquería Col. Une	15	12	3
111	Real de Palmas - La Fe	10	8	2
111	Pesquería- Zacatecas	5	5	
111	Parques Monterrey	3	3	
111	Ramones	2	2	
117	Fomerrey 11	10	8	2
117	Unidad Laboral- Independencia	13	10	3
117	Santa Rosa	5	5	
117	Quinta Colonial	10	8	2
117	Paseo Prados	13	10	3
124	Directo	4	4	
124	Unidad Laboral	16	13	3
124	Mezquital - Nuevo Amanecer	14	11	3
211	San Miguel	18	14	4
211	York	20	16	4
322	Nogalar Amp 30 Matamoros	16	13	3
324	Carmen Romano – Matamoros	10	8	2
325	Matamoros	16	13	3
		298	241	57

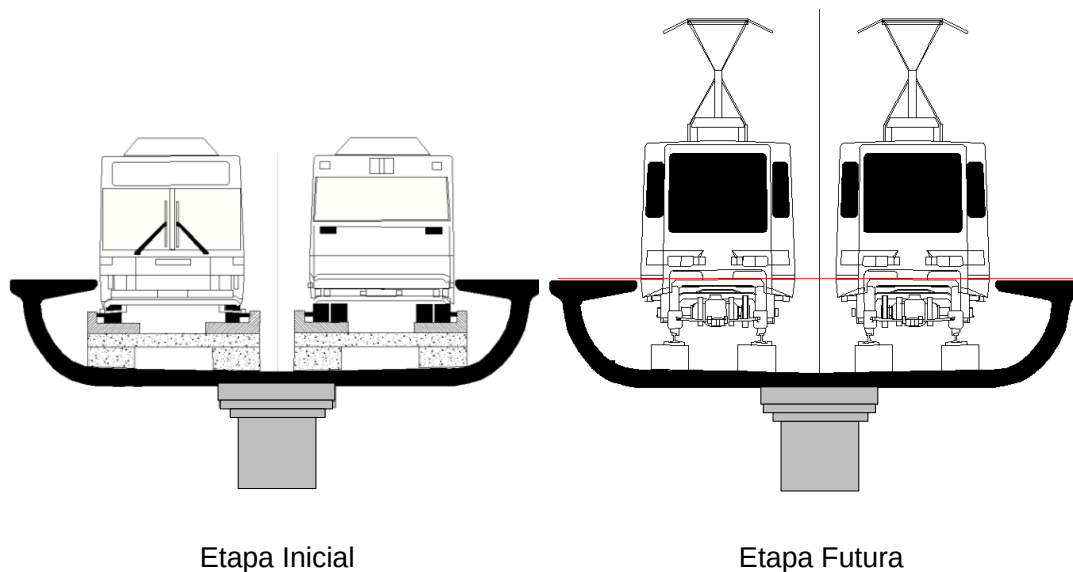
El efecto inmediato es una disminución del tamaño de la flota con la consiguiente disminución en consumo de combustibles, menos congestión y menos emisiones a la atmósfera.

1.4 Principales características del proyecto

El proyecto se diseñó para responder a la pregunta planteada en el apartado de antecedentes ¿Cómo crecer el Sistema Metro en un contexto de altas tasas de motorización con preferencia por los medios individuales y un modelo de desarrollo urbano disperso y de baja densidad en un entorno de gran escasez de recursos? La respuesta que se perfiló fue:

Implantar un servicio de bajo costo inicial que preserve los derechos de vía para el futuro Metro y que, bajo la concepción de Sistema Integrado, aliente el crecimiento de su propia demanda y a su vez incentive la densificación de las tierras adyacentes. En términos prácticos lo que resulta es el denominado servicio BERTRO (ver Figura 11) que admite migración de buses (BRT) a trenes ligeros y hace crecer la infraestructura y las tecnologías en función de la demanda (derecho de vía exclusivo en tramos de alta demanda o espacios reducidos).

Figura 11. Imagen de la evolución de los servicios BERTRO



El efecto de este enfoque, además de preservar los derechos de vía y alentar su propia demanda, implica reducir el costo de la inversión inicial por que en la etapa inicial no necesita de carros de tren ligero, vía férrea, catenarias, sub estaciones, pilotaje, señalización y otros elementos. El efecto, calculado en ejercicios preliminares, implica reducir la inversión inicial de los \$ 42 musd (costo por kilómetro en Monterrey) a una cifra que podría estar entre los \$ 16 y los \$ 22 musd (costo por kilómetro, dependiendo de las componentes del proyecto); la migración tecnológica se trata en el anexo 8.2.

Dicho lo anterior, las variables que caracterizan el proyecto son:

Principios básicos de operación. Integración física y tarifaria entre los servicios BERTRO y los actuales servicios Metro con precio al público de \$ 7.50 sin cargos por transbordo.

Demanda.- Se construyó, actualizó y calibro un modelo de planeación de transporte a situación actual (software TRANSCAD) y luego se introdujo el sistema propuesto con sus

variables operacionales (servicios BETRO, complementarios y alimentadores), una vez asignadas las matrices resultó en una demanda total 481,884 pasajeros/día en donde el servicio principal (BERTRO) aporta el 36% de la demanda global del proyecto, los servicios complementarios el 22% (López Mateos y Miguel Alemán) y una red de alimentación el 42% de la demanda total a servir con un paquete de servicios de alimentación. La demanda total es posible por el alto nivel de integración física y tarifaria con el que se conceptualizó el proyecto, los porcentajes citados en el párrafo anterior corresponden a los aportes de tramo viaje por día de cada subsistema: 175,786 del BERTRO; 103,883 de los servicios complementarios y 202,215 de los alimentadores

La matriz utilizada corresponde a la matriz del Área Metropolitana (demanda) y la oferta está representada por todo el “system route” actual en libre competencia con los nuevos servicio, lo cual implica que la demanda estimada es conservadora.

Material Rodante.- Se elige en función de la demanda de los servicios a frecuencias de paso razonables, para los servicios BERTRO Autobuses Bi-Articulados con capacidad de hasta 240 pasajeros por unidad. Los servicios complementarios y los alimentadores operarían con autobuses low entry de 110 pasajeros.

En principio, sujeto a la evolución de la demanda, se ha previsto que una vez se haga la migración tecnológica los autobuses articulados serían sustituidos por vehículos Metro (tren ligero) con trenes de 3 carros dobles para una capacidad de 900 pasajeros por tren.

Estaciones y Terminales.- Se realizó un análisis de la demanda y se establecieron un total de 28 estaciones, 12 de las cuales se ubican en el tramo elevado, 13 a nivel en los corredores complementarios (7 en Miguel Alemán y 6 en López Mateos). En este arreglo hay cinco puntos o estaciones importantes: Santa Lucia, Félix U. Gómez (existente en L1), Los Ángeles (transferencia con servicio complementario de López Mateos), La Fe (transferencia con servicio complementario Miguel Alemán) y la terminal de transferencia Apodaca en la que se da la mayor parte de los transbordos con servicios de alimentación.

Derechos de Vías.- El Corredor tiene tres componentes: el de Santa Lucia – La Fe con 12.9 km., el de López Mateos con 11.6 km. y el de Miguel Alemán 6.4 km., para un total de 30.9 km.

La selección de tipo de infraestructura por utilizar en cada uno de ellos se definió en función del derecho de vía disponible, las condiciones del tráfico y la demanda por servir quedando como sigue:

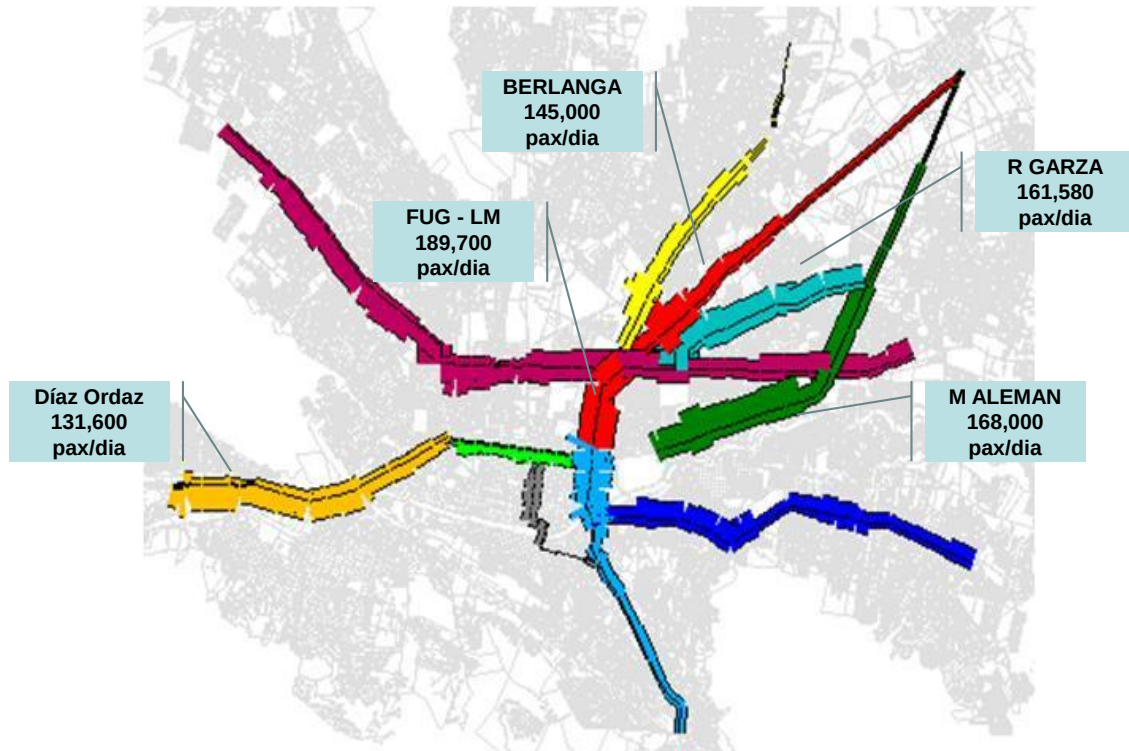
Santa Lucia – La Fe	Elevado	12.9 km.
López Mateos	A nivel	11.6 km.
Miguel Alemán	A nivel	6.4 km.
		30.90 km

Inversión.- La inversión requerida asciende a \$ 4,772 millones de pesos, incluye lo necesario para construir y operar el servicio BERTRO, los servicios complementarios y los servicios de alimentación.

1.5 Selección del Corredor

El proceso de selección del Corredor por intervenir tiene como punto de inicio el Plan Maestro del Metro (1987) y la visión del Sistema Integrado construida en el instrumento técnico jurídico que da vida al Sistema Integrado de Transporte del Área Metropolitana de Monterrey, el Plan Sectorial de Transporte y Vialidad⁸, en que una de sus expresiones es la demanda potencial en ciertos corredores (Figura 12).

Figura 12. Demanda en Corredores (CETVYV 2009)



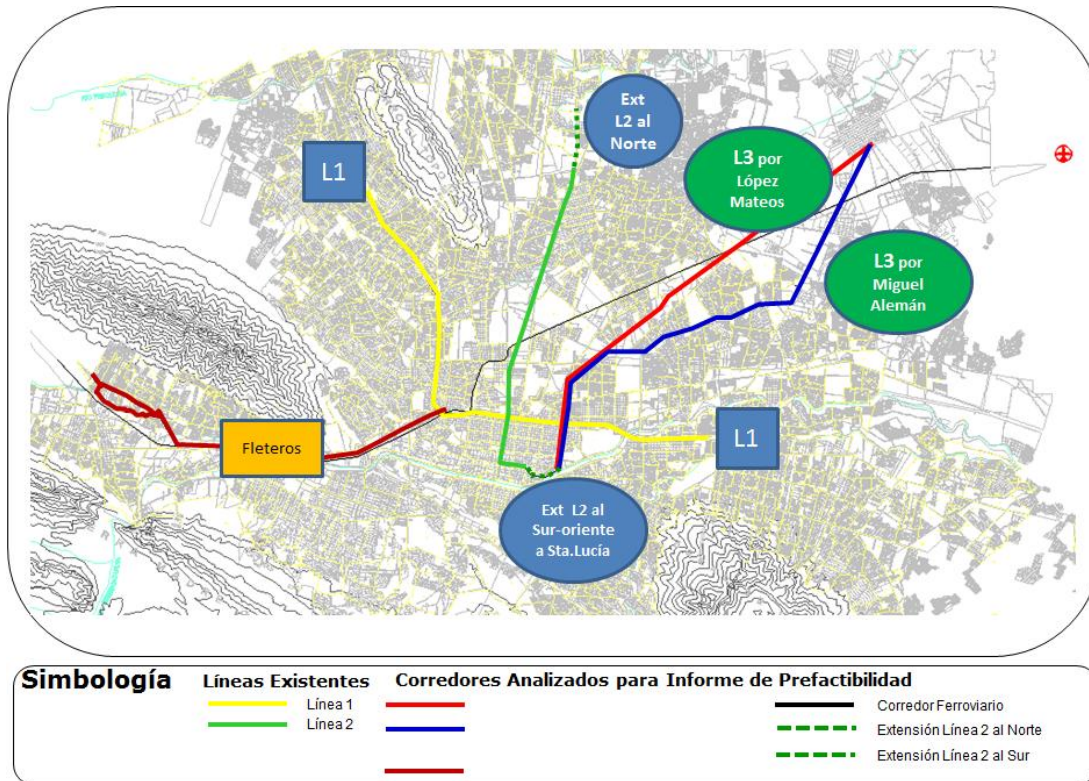
Fuente: CETVYV, 2009.

A partir de ahí se hizo un proceso de acopio de información (se describe más adelante), se tomaron los tres corredores con mayor demanda y algunas tramos incluidos en el Plan Maestro o que parecen lógicos en función de la situación actual, se hizo una primer evaluación de los Corredores:

- Félix Uresti Gómez / Adolfo López Mateos
- Félix Uresti Gómez / Rómulo Garza / Miguel Alemán
- Fleteros / Díaz Ordaz / Santa Catarina
- Extensión de la Línea 2 al Norte
- Extensión de la Línea 2 al Sur
- Corredor Ferroviario

⁸ Demandas actualizadas por CETVYV a 2009

Figura 13. Corredores Analizados



Fuente: FOA Consultores

Evidentemente los segmentos más pequeños son los que menos aportan en términos de demanda, incluso algunos de ellos tienen serias dificultades constructivas (extensión sur de L2 que sería subterránea) o entran en otros planes del organismo (extensión norte de la Línea 2) por ende se eliminaron del proceso y se centró en:

- Félix Uresti Gómez – Adolfo López Mateos
- Félix Uresti Gómez – Los Ángeles – Rómulo Garza – Miguel Alemán
- Fleteros – Santa Catarina

El siguiente paso fue diseñar un proceso de recolección de datos básicos para cada uno de los corredores en evaluación: longitud, inventarios físicos y geométricos, usos del suelo, presencia de instalaciones que podrían convertirse en una limitación al desarrollo del proyecto (líneas de alta tensión, servicios públicos, etc.), datos previos de la demanda, etc. Este proceso también incluyó una evaluación relacionada con las condiciones físicas – geométricas y las posibles limitaciones al cumplimiento de las normas de diseño, presencia de accidentes geográficos, potencial de crecimiento y otras variables necesarias a la cuantificación de costos.

En complemento a los costos de alternativas se prepararon estimaciones de demanda con el modelo de planeación de transporte TRANSCAD, incluyendo variaciones en: trazo, diferentes tecnologías (Metro, BRT, BERTRO) una propuesta de tarifas (en este caso integrada de \$ 7.50), un supuesto de coexistencia con otros servicios (en este caso

competencia libre que sería el escenario más conservador posible) y sobre todo – esencia de las alternativas tecnológicas – cambios en las capacidades de cada sistema en evaluación (capacidad, velocidad y frecuencia). Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Evaluación preliminar de alternativas de trazo, tecnología, tarifa y condiciones de mercado (nivel perfil, solo tramo tronca)

INDICADOR	UNIDAD	LÓPEZ MATEOS (ELEVADO)	LÓPEZ MATEOS (ELEVADO-NIVEL)	MIGUEL ALEMÁN (ELEVADO)	MIGUEL ALEMÁN (ELEVADO-NIVEL)	DÍAZ ORDAZ-CLOUHTIER (ELEVADO)	DÍAZ ORDAZ (ELEVADO-NIVEL)
Longitud	KM	17.00	17.00	18.30	18.30	14.70	14.70
Longitud elevada	KM	17.00	10.50	18.30	12.00	14.70	14.70
Demanda diaria	PAX/DÍA	77,200	75,270	139,830	134,770	17,520	12,990
Demanda hmd	PAX/HR	5,940	5,790	10,756	10,367	1,348	999
Inversión inicial	MDP	\$4,453	\$3,228	\$4,762	\$3,531	\$4,774	\$4,540
VPN (i=12%)	MDP	-\$976	-\$376	\$1,460	\$1,537	-\$3,782	-\$3,734
B/c		0.77	0.88	1.32	1.45	0.15	0.12
Tir	%	9.30%	10.60%	15.40%	16.70%	ND	ND
Inversión incremental		-\$321	-\$1,546	-\$12	-\$1,243	BASE	-\$234

Fuente: FOA Consultores

El resultado más importante en esta etapa es la confirmación del corredor Félix U. Gómez – Rómulo Garza – Miguel Alemán como el que mejor califica desde el punto de vista socioeconómico, las más alta captación de demanda, cumple con las normas de diseño y se encuentra entre los corredores con menos limitantes urbanos y de posibles conflictos sociales.

1.6 Alternativas tecnológicas evaluadas

Con base en los resultados en la selección de corredores y a un proceso para minimizar costos y maximizar la demanda, se señaló el tramo común que compartían los corredores López Mateos y Miguel Alemán y la concentración del volumen de demanda en este tramo. Asimismo, se anotó que la demanda en las extensiones del corredor tanto por la Av. Miguel Alemán y López Mateos, si bien representan un gran potencial, aún se encuentran en etapa de consolidación, por lo cual pueden ser atendidas en una primera etapa con un mínimo de infraestructura y utilizando autobuses.

Así, el análisis de alternativas de tecnologías se efectuó sobre el tramo de mayor demanda comprendido entre la Av. Félix U. Gómez, iniciando en la intersección con el complejo urbano – turístico Santa Lucía, siguiendo por Av. Cd. de los Ángeles y terminar en Av. Rómulo Garza en el punto conocido como La Fe. De acuerdo a los umbrales de demanda se consideraron tres tipos de tecnología:

- Carril confinado a nivel para autobuses de tránsito rápido (BRT)
- Metro Ligero (LRT)
- Infraestructura elevada para autobuses de tránsito rápido con posibilidad de emigrar al siguiente nivel de tecnología de mayor capacidad (BERTRO)

A cada una de estas tecnologías corresponde un grupo de ventajas y desventajas, de costos y resultados posibles y por supuesto de indicadores de rentabilidad socio económica.

Autobús de Transito Rápido (BRT): Es una alternativa de transporte basada en autobuses operando sobre infraestructura especializada con altos niveles de aplicación tecnológica y gestión, de tal forma que ofrecen alta calidad con respecto al servicio tradicional de bus urbano. Es necesario dotar de señales preferenciales para los autobuses que circulan en la arteria principal o troncal, para una mayor efectividad del sistema, particularmente en las intersecciones, posiblemente extender la duración del semáforo en verde o activación del semáforo en verde cuando detecte al bus. La principal ventaja del sistema BRT es la baja inversión inicial que requiere y las desventajas más notables tienen que ver con los altos niveles de gestión y coordinación requeridos y paradójicamente, si son exitosos en cuanto a la evolución de la demanda tienen problemas para migrar la tecnología pues si no se hacen la previsiones pertinentes es posible que se haga necesario “destruir” infraestructuras relativamente nuevas.

Supuestos de evaluación:

- a) Velocidad comercial de 25 km/hora
- b) Autobuses articulados de 160 pax/unidad o bi-articulados de 240 pax/unidad
- c) Intervalo de paso mínimo de 0.66 min. en HMD

Metro Ligero: En general se conciben como sistemas de transporte de pasajeros de alta capacidad, se espera que tengan derecho de vía exclusivo sea elevado, subterráneo o a nivel. En el caso de la Zona Conurbada de Monterrey, se han implementado en viaductos elevados para la mayor parte de la red troncal y se ha buscado que su cobertura sea metropolitana y permite la conexión entre las zonas centrales de la ciudades y sus periferias, alentando el desarrollo en nuevos núcleos urbanos. Estos sistemas se aproximan a la capacidad de pasajeros de los sistemas de metro convencional, con una capacidad hora sentido de entre 25,000 a 40,000 pasajeros e incluso mayores dependiendo de los niveles de equipamiento y tecnología. Las principales ventajas de los sistemas Metro tienen que ver con las altas capacidades posibles y los niveles de seguridad y confort que suelen ser muy apreciados por los usuarios, por el contrario las desventajas están directamente relacionadas con los costos que están directamente relacionadas con los niveles de inversión. En general los grandes sistemas Metro son recomendados para ciudades con altas densidades y donde se pueden lograr altos índices de renovación.

Supuestos evaluación:

- a) Velocidad comercial 35 km/hora.
- b) Capacidad de 900 pax/tren
- c) Intervalo de paso mínimo 1 minuto en HMD.

Servicios BERTRO.- Se define como el elemento tecnológico central de un Sistema Integrado que aspira a consolidar corredores con alta demanda, autogenerandola en las etapas iniciales y resguardando derechos de vía e inversiones para futuros momentos en que sea necesario migrar a tecnologías de mayor capacidad. Consiste en implantar, en una etapa inicial, un sistema BRT que correrá sobre una infraestructura elevada, con un sistema de

estaciones fijas a lo largo del corredor, con sistemas de cobro, boletaje y comunicaciones que permitirán ofrecer un sistema regular y seguro. La infraestructura es construye para migrar a un sistema Metro por adición de equipamiento y tecnología. Esta alternativa (BERTRO), combina autobuses de alta capacidad (hasta 240 pasajeros), con un sistema de alimentación y una operación flexible, minimizando transbordos.

Las principales ventajas radican en la coincidencia de lo mejor de los sistemas BRT (flexibilidad y bajo costo inicial) con lo mejor de los sistemas Metro (seguridad, confort y alta capacidad). Las principales desventajas, paradójicamente, radican que al éxito se hace necesario migrar su tecnología pasando de buses a Metro lo cual implica un periodo de prestación de servicios degradados (mientras se adiciona el equipamiento necesario) y que aumenta la complejidad de los contratos derivados.

Supuestos de evaluación

- a) Velocidad comercial de 35 km/hora.
- b) Operado por autobuses biarticulados de 240 pax/unidad
- c) Intervalo de paso mínimo de 0.66 minuto en HMD.

Las variables cualitativas perfiladas en el texto sirven para establecer las diferencias entre las tecnologías evaluadas, pero también tienen efectos prácticos pues generan diferenciales cuantitativos en eficiencia, es decir en las variables de operación resultantes y captura de demanda, en los costos y en los indicadores de evaluación socioeconómica. En la Tabla 3 se presentan el comparativo entre variables de operación y eficiencia y en la Tabla 4 el contraste en indicadores socioeconómicos resultantes.

Tabla 3. Diferenciales en variables de operación resultantes y demanda captada por tecnología

Concepto	Unidad	BRT	BERTRO	Metro Ligero)
Demanda (atendida) al inicio	Miles Pax/día lab.	134.8	175.8	168.5
Tipo de vehículo	Vehículo	Autobús Bi-articulado	Autobús Bi-articulado	Tren
Capacidad	Pax/Vehículo	240	240	450
Velocidad promedio (comercial)	Km/hr	25	35	35
Longitud proyecto (sencillo)	Km	18.3	12.2	12.2
Distancia Media	Km/Pax-tramo viaje	5.6	7.0	5.6
Ahorro en tiempo a distancia media (a)	min	4.8	9.0	8.4
Ahorro en tiempo en 12 km (b)	min	10.3	15.4	18.0
Intervalo de paso inicial	min	1.76	1.35	3.45
Intervalo de paso límite	min	0.66	0.66	1.0
Año de saturación	Núm. año	16	12	30
Demanda servida en el año de saturación	Pax/día lab	252.2	328.9	611.3
Capacidad máxima (c)	Pax/día lab.	354.8	362.6	611.3

(a) Con respecto a velocidad promedio actual 20 kph en el AMM. (b) Para hacer comparables los ahorros. (c) Con un carril por sentido

Nota: En la opción de BRT se exige una vasta intervención en terrenos adyacentes, el costo de los terrenos que se incluye no considera lucro cesante.

Fuente FOA Consultores

Tabla 4. Resumen de Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica por Alternativa Tecnológica (Servicio Troncal, sin externalidades)

Indicador	BRT	BERTRO	Metro Ligero
Demanda inicial (Pax/día) (*)	134,771	175,786	168,415
VP a 12% anual real Inversión inicial (mdp)	\$1,812	\$3,211	\$4,563
VPN a 12% anual real (mdp)	\$865	\$1,956	-\$1,047
TIR	16.50%	18.20%	10.23%
Beneficio Costo	1.40	1.53	0.82
TRI	12.80%	14.30%	5.20%

Fuente FOA Consultores (*) La cifra de demanda para las tecnologías BRT y BERTRO se refieren al año base 2010; la cifra para Metro Ligero corresponde al año 2012.

Los datos presentados en la tabla permiten una síntesis de la evaluación de tecnologías en la cual se destaca:

- Que la demanda máxima posible que se puede captar es del orden de los 170,000 pasajeros por día, la opción BRT por su menor velocidad comercial se queda muy por debajo, con 40,000 pasajeros menos que la mejor opción.
- De las dos tecnologías con las que se podría captar más demanda es la de Metro Ligero, pero también es la más costosa con \$ 1,350 millones adicionales.
- El efecto del diferencial en costos incide directamente en los indicadores socioeconómicos de tal forma que la opción de Metro Ligero se queda debajo de los mínimos necesarios (TIR=10.23 y B/C=0.82).
- En adición, como se explicó en párrafos anteriores, la opción BRT implica un alto costo social y de gestión, por las afectaciones, y problemas de tráfico al ubicarse en las adyacencias del centro del AMM.

Dadas las apreciaciones generales, se puede decir que la opción tecnológica BERTRO presentó los mejores indicadores de rentabilidad socioeconómica y que:

- Atiende un Corredor con alto potencial de crecimiento
- Alta concentración en HMD requiere oferta flexible en el futuro
- Oferta de buses podría quedar rebasada en el mediano plazo (frecuencia inferior a 1 minuto)
- La opción de Metro Ligero arroja un TIR actual por debajo del 12%, con un tiempo óptimo de puesta en marcha de 7-10 años
- Factible iniciar con BERTRO y migrar en 8-10 años a Metro Ligero, al término de la vida útil de las unidades

1.7 Migración Tecnológica y Evaluación Socio Económica de ciclo completo

Experiencias recientes, entre otras Metrobus Insurgentes y el Sub Urbano 1, obligan a reflexionar sobre la eficiencia de las inversiones en el futuro inmediato y en el ciclo de vida de la infraestructura-tecnología que se elige. Se trata del conocido temor por subestimar la demanda o, muy raro pero posible, por exceder las expectativas de la demanda en el corto plazo.

En el primer caso las razones probables se ubicarían en la falta de provisión de alguna de las componentes del proyecto o por debilidad en los arreglos institucional, en el otro por selección de tecnología en niveles muy cercanos a su límite o falta de capacidad para generar al interior del ente administrativo los acuerdos para integrar una red fuerte con componentes pre existentes. De cualquier forma o la tecnología se sub utiliza o se obliga, muy rápidamente, a un proceso de migración tecnológica que implica deconstruir-reconstruir, inversiones adicionales, costos por molestias y la necesidad de brindar servicios supletorios forzosamente degradados.

En el caso de este proyecto el análisis que se impone está del lado de la migración tecnológica y parte de la expectativa de una rápida autogeneración de demanda y crecimiento acelerado. Si se parte del hecho demostrado de que la opción Metro como punto de partida no es posible (alto costo y bajos indicadores socioeconómicos, Tabla 4) la cuestión por resolver sería si es mejor una evolución BRT-Metro o una evolución BERTRO-Metro.

Si bien en la Tabla 3 se hace un comparativo entre las variables que caracterizan una y otra opción tecnológica la evolución BRT-Metro y BERTRO-Metro solo puede ser evaluada como si fuese un proyecto a desarrollar en dos etapas y su flujo de efectivo se caracteriza por la necesidad de un periodo de inversión adicional en algún momento en el futuro (deconstrucción, nueva infraestructura y sustitución de material rodante), por las nuevas molestias que en ese momento se producen y por el costo de los servicios supletorios.

Para este proyecto el resultado de la evaluación de ciclo completo concluye que la evolución BERTRO-Metro es socialmente rentable y que sus indicadores son más altos que la opción BRT-Metro. Mientras que los indicadores sociales de BRT – Metro Ligero están cercanos a los límites exigidos (TIR 12.45% y B/C= 1.02) lo indicadores para BERTRO – Metro Ligero son: TIR 16.93% y B/C= 1.42 (ver Tabla 5).

Tabla 5. Síntesis de indicadores socioeconómicos de la evaluación de ciclo - completo

Indicadores de rentabilidad	BRT – Metro Ligero (Millones \$)	BERTRO – Metro Ligero (Millones \$)
Valor Presente de los Costos (VPC)	\$3,334.9	\$4,588.2
Inversión	\$2,923.0	\$4,074.1
Operación y Mantenimiento	\$202.8	\$320.7
Costos por molestias	\$209.1	\$193.4
Valor Presente de los Beneficios (VPB)	\$3,408.4	\$6,536.9
Reducción de costos de operación vehicular	\$2,199.2	\$2,969.9
Reducción de tiempos de traslado	\$1,209.2	\$3,567.0
Valor Presente Neto Social (VPNS)	\$73.5	\$1,948.7
Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)	12.45%	16.93%
Relación Beneficio/Costo	1.02	1.42
TRI (Año 3)	7.9%	11.5%

Fuente: FOA Consultores

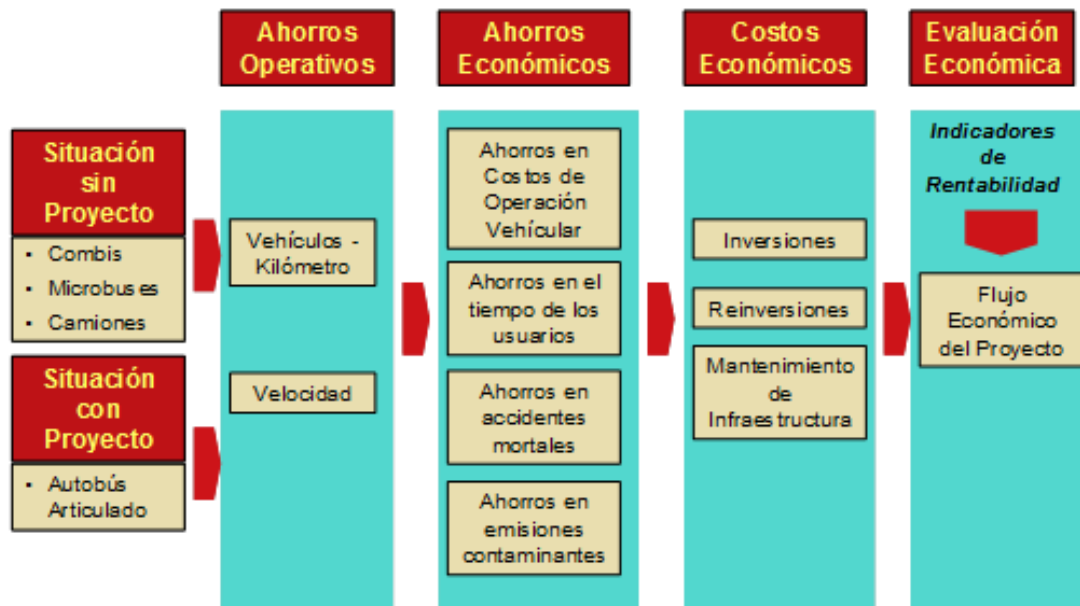
1.8 Inversión

El proyecto completo (servicio troncal, dos servicios complementarios y los servicios de alimentación) requiere de una inversión inicial estimada de \$4,772 millones o de \$4,001 millones valor presente con una tasa de descuento de 12% anual.

1.9 Objetivo de la Evaluación Socio-Económica

Para determinar la conveniencia, en términos socioeconómicos, de la realización del proyecto, se procedió al cálculo de los indicadores de rentabilidad socioeconómica, mediante la identificación y cuantificación de los beneficios y los costos sociales del proyecto, señalados en el esquema siguiente, para un horizonte económico de 30 años y con un costo económico de oportunidad de los recursos de 12% anual (tasa social de descuento). Tanto los beneficios como los costos fueron calculados a precios de mercado, con la posibilidad de ser afectados de los factores de precios de cuenta para el cálculo de los indicadores de rentabilidad (ver esquema de metodología en Figura 14).

Figura 14. Esquema Metodológico de la Evaluación Socioeconómica



Fuente: FOA Consultores

1.10 Indicadores de Rentabilidad Socio-Económica

Los resultados que a continuación se resumen corresponden a la concepción integral de la imagen objetivo del corredor Línea 3 Monterrey-Apodaca, como el desglose por cada elemento que lo constituye, siendo tres: un servicio troncal con tecnología BERTRO, dos servicios alimentación - continuación con autobuses de alta capacidad circulando a nivel, sobre las vialidades principales que conectan al municipio de Apodaca con los municipios de San Nicolás y Monterrey denominados Transmetro Miguel Alemán y López Mateos, y una red de servicios de alimentación.

Los resultados indican que el proyecto es rentable desde el punto de vista socio económico con una tasa interna de retorno social del 21.5%, la sociedad en su conjunto obtendría por el proyecto beneficio neto de \$ 4,112 millones de pesos (a precios de mercado) por la realización del proyecto, contabilizando únicamente el ahorro en tiempo de los usuarios y la reducción de costos de operación vehicular⁹ (Tabla 6).

⁹ Hay otros beneficios, las externalidades, que aquí solo se identifican y se cuantifican pero no se imputan a los indicadores. La reducción de accidentes mortales y la reducción de emisiones contaminantes aportarían un beneficio neto social de \$ 4,519 millones.

Tabla 6. Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto (Cifras a precios de mercado de diciembre de 2011)

Indicadores de rentabilidad	(Millones \$)
Valor Presente de los Costos	\$4,736.60
Inversión (Valor presente)	\$4,334.83
Operación y Mantenimiento (Valor Presente)	\$304.58
Valor Presente de los Beneficios (VPB)	\$97.19
Reducción de Costos de Operación Vehicular	\$8,848.24
Ahorro del tiempo usuarios	\$3,402.99
Valor de reducción accidentes mortales	\$5,445.26
Valor Presente Neto Social (VPNS)	\$4,111.65
Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)	21.49%
Relación Beneficio/Costo	1.87
TRI (3er. año)	16.59%

Fuente: FOA Consultores

Adicionalmente, el proyecto contribuye a reducir las emisiones al medio ambiente en las cantidades que se indican en la Tabla 7.

Tabla 7. Estimación de Reducción de Emisiones Contaminantes, Servicio Troncal BERTRO (Ton/Año)

Concepto	2017	2022	2027	2032
CO ₂	25,383.01	32,395.87	35,716.45	35,716.45
HC	56.88	72.60	80.04	80.04
CO	332.76	424.69	468.22	468.22
NO _x	112.36	143.40	158.09	158.09
SO _x	7.64	9.75	10.74	10.74
PST	22.81	29.12	32.10	32.10

Fuente: FOA Consultores

1.11 Riesgos Identificados en la ejecución del Proyecto

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

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

Sobrecosto en obras y/o suministros.- Se han previsto dos paquetes de obra, uno con todas las obras de infraestructura asociadas al viaducto elevado y otro en donde se incluyen las estaciones, patios, talleres y otras infraestructuras menores. En el primer caso, dado que el proceso licitatorio por utilizar es el de obra pública, los riesgos en sobre costos los absorbería la dependencia. En el segundo caso se ha previsto un proceso APP a precio alzado y se tienen considerados imprevistos por aproximadamente el 7% del costo del proyecto; aquí los riesgos de sobre costos los absorbe el proponente.

Para los riesgos por obra inconclusa debido al incumplimiento del oferente ganador de la licitación de obras y suministros; las empresas licitantes tendrán que comprobar su capacidad técnica y financiera, y se establecerán fianzas de cumplimiento y penas convencionales en los contratos.

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

Accesos viales, obras complementarias y terrenos.- Se establecerán los compromisos del Gobierno del Estado de Nuevo León y sus municipios para llevar a cabo las obras necesarias. En materia de terrenos para estaciones y obras complementarias, se deberán adquirir en forma previa y establecer la coordinación con el Estado de Nuevo León para adquirirlos o expropiarlos. La posibilidad de retrasos en el otorgamiento de los permisos y licencias, se resolverá mediante el compromiso del Estado de Nuevo León para otorgarlos en forma ágil y oportuna.

Costos de operación y/o mantenimiento superiores a lo estimado.- Al estar previsto la tecnología BERTRO como una etapa de transición al LRT, y al estarse analizando la idea de que la operación pudiera prestarla Metrorrey o un tercero. Existe la posibilidad de tener que incurrir en liquidaciones a terceros al momento de la migración al nuevo sistema, en caso de que la operación fuera brindada por ellos. En el caso de Metrorrey, el contrato de operación quedaría estipulado en valor en el proceso de la licitación.

1.12 Conclusiones y recomendaciones

En razón de lo arriba expuesto se puede concluir que:

- a) El proyecto incidiría positiva y significativamente en la porción de viajes que se sirven en transporte público, se agregarían 480,000 pasajeros por día al sistema Metro.
- b) La demanda servida por el modo Metro pasaría del 5.1% al 9% del total de viajes en el AMM, con lo cual se hace factible la meta del Plan Maestro (1987) para servir al 15% del total de viajes.
- c) En lo que respecta a los beneficios directos en el corredor se pueden sintetizar diciendo que hay un ahorro de 26.1 millones de horas-hombre en el primer año

de operación, más allá de eso el proyecto vuelve regulares los servicios dignificando el transporte público en favor de los usuarios.

- d) La problemática de la Zona Conurbada de Monterrey se puede sintetizar en una pérdida de calidad de vida en el área por congestionamiento de sus vialidades y como consecuencia de un aumento exponencial del parque vehicular, siendo el Estado de mayor número de vehículos por habitante del país. Dentro de esta disminución de calidad de vida, se encuentra la pérdida del recurso valioso del tiempo de vida de las personas, en una actividad secundaria como es el traslado.
- e) Si bien este aumento exponencial de parque vehicular es una consecuencia de una compleja red de factores, se ha demostrado en experiencias nacionales e internacionales que la correcta implantación de proyectos de transporte urbano masivo vuelven atractiva la opción de uso de transporte público, aliviando o retardando la problemática de congestión vial.
- f) En el caso de Monterrey, la cobertura del transporte urbano masivo ha sido limitada en comparación al crecimiento del área urbana.
- g) El STC Metrorrey, ha demostrado que un incremento de la cobertura hacia corredores con demanda consolidada, acompañado de una red de alimentación, donde se implementan esquemas de participación con empresas transportistas, tiene un éxito por demás sobresaliente. Al pasar de una captación del 2% de los viajes generados en la conurbación a 4%, por la extensión de Línea 2 e implementación de una red alimentadora conocida como TRANSMETROS; siendo pionero en el esquema de Sistema Integrado de Transporte Metropolitano (SITME)
- h) El Gobierno del Estado de Nuevo León se ha manifestado desde la década pasada, por impulsar un nuevo paradigma de desarrollo urbano, teniendo entre sus ejes de acción la implementación de corredores de transporte urbano masivo. Habiendo apoyado el proceso para el desarrollo del corredor Lincoln Ruiz Cortines y ahora el desarrollo de la Línea 3 del STC Metrorrey.
- i) El trazo del proyecto Línea 3, se ubica en uno de los corredores de transporte de mayor demanda en el área, teniendo una combinación de infraestructura que permite maximizar el uso de recursos, al tener un monto mayor de inversión en el tramo donde la demanda ya se encuentra consolidada y brindando una continuación de servicio hacia la zonas en proceso de consolidación. Soportado por una red de alimentación. Se constituye así un proyecto integral de transporte que además tendrá un efecto sistémico al conectar con la actual red de Metrorrey.
- j) En este proceso de evaluación se analizaron tres tipos de tecnología destacando la opción BERTRO con indicadores de rentabilidad social superiores a cualquiera de las otras ($B/C = 1.87$ y $TIR = 21.5\%$).
- k) El BRT si bien es concebido como una buena solución a nivel tecnológico, para el caso del trazo de Línea 3 implica una importante suma de afectaciones,

incrementando el monto de inversión y poniendo en riesgo al proyecto por la condicionante social. El BERTRO será una transición entre un BRT elevado y el LRT. A corto plazo (5-8 años) la demanda creciente justificará el LRT, por lo que a fin de aprovechar los autobuses articulados se podrían dar los pasos necesarios previo al término de la vida útil de las unidades, para iniciar las obras instalar las vías y la catenaria para el Metro Ligero y otras adecuaciones.

De acuerdo a la evaluación económica del proyecto se identifican los siguientes resultados.

- a) El proyecto de BERTRO es viable desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto ya que supera la tasa del 12% anual señalada por las autoridades hacendarias federales. Al igual que la relación Beneficio-Costo supera la unidad.
- b) Ambientalmente el proyecto propiciará ahorros significativos en las emisiones contaminantes sobre el corredor, tanto en las locales, como en las de efecto invernadero.
- c) De acuerdo con el índice de la TRI (Tasa de Rendimiento Inmediato) el proyecto supera la tasa del 12% anual y podría haberse implementado con anterioridad al año 3.
- d) Los ahorros o beneficios fueron calculados sobre la base de una situación optimizada de manera que los resultados serían mejores de compararse con la situación actual no optimizada.
- e) Las pruebas de sensibilidad sobre variaciones a los parámetros clave de la evaluación señalan que no obstante éstas el proyecto seguiría siendo rentable.

Con base en lo anterior la recomendación sería proceder con la siguiente etapa del proyecto BERTRO mediante su valoración de costos a nivel proyecto ejecutivo. Por otra parte, las pruebas de sensibilidad previas señalan que muy probablemente el proyecto seguirá siendo rentable.

2 SITUACIÓN SIN PROYECTO Y POSIBLES SOLUCIONES

Apartado en el que se describen las actuales condiciones del Área Metropolitana de Monterrey, particularmente las del transporte público, su problemática y las posibles soluciones.

2.1 Diagnóstico de la situación actual

El diagnóstico de la situación actual que motiva la realización del Proyecto de transporte público y su problemática se resumen en los siguientes aspectos:

- a) Condiciones y características físicas
- b) Nivel de servicio del transporte público
- c) Estructura empresarial
- d) Infraestructuras de apoyo y espacio público
- e) Sistema de tránsito

Condiciones y características físicas

Desde el punto de vista de las condiciones y características físicas del corredor Línea 3 Santa Lucía – Félix U. Gómez – Rómulo Garza – Apodaca los aspectos más importantes son los siguientes:

- a) El trazo del corredor atraviesa los municipios de Monterrey, San Nicolás de los Garza, Guadalupe y Apodaca, los cuales cuentan con una población de 2.8 millones, siendo su participación estatal del 60 por ciento. Las participaciones por municipio son del 24 por ciento, 10 por ciento, 15 por ciento y 11 por ciento respectivamente.
- b) Las tasas de crecimiento proyectadas para el periodo 2010 – 2045, son decrecientes para los municipios de Monterrey (-0.1%), San Nicolás de los Garza (-1.6%) y Guadalupe (-0.9%); siendo éstos los primeros en conformar la conurbación de Monterrey presentan un problema de escasez de área urbanizable, en comparación con los municipios de más reciente integración. Aunado a esto la mediana de edad de la población de ellos, es de 30 años. Lo anterior, aunado con la tendencia en la Zona Conurbada de un desarrollo urbano tipo horizontal, son causantes de un decremento de la población y expulsión en estos tres municipios. Por otro lado, para el municipio de Apodaca se estima una tasa media de crecimiento del 2%, superior a lo esperado para la población estatal, siendo importante punto de atracción de empleo por sus desarrollos industriales y al suroriente del municipio, colindando con el municipio de Guadalupe se ha consolidado una vasta área de conjuntos habitacionales para el segmento Medio Bajo.
- c) El uso de suelo predominante en el corredor es de tipo habitacional. Sin embargo, tiene una mezcla importante de usos mixtos e industriales. El inicio del corredor conecta con la zona central de la ciudad de Monterrey, a la altura del desarrollo turístico Paseo Santa Lucía – Parque Fundidora, al continuar por

la Av. Felix U. Gómez cruza predios industriales; al dirigirse hacia la avenida Rómulo Garza atraviesa una importante zona habitacional, terminando el viaducto elevado en una importante área comercial de la zona con dos plazas Ciudad – La Fe. Al dirigirse hacia Apodaca en particular por Av. López Mateos la mayoría de los predios son de uso industrial. En una primera vista, lo mismo sucede en Av. Miguel Alemán, pero al adentrarse hacia el lado oriente se encuentran grandes desarrollos habitacionales.

Calidad de servicio del transporte público

Actualmente los usuarios del Metro, prefieren el sistema por ahorro en tiempo (46% de los encuestados), seguridad (26%), costo (20%) y cercanía (7%). En un sondeo para conocer las preferencias de los usuarios ante un sistema troncal tipo BERTRO y un sistema alimentador, éstos indicaron que para el primer caso valoran en primer lugar la unidad climatizada, seguido de la tarifa, limpieza y seguridad. Para el sistema alimentador lo de mayor valor para los usuarios es el trato del conductor, unidad climatizada, tiempo de recorrido y certidumbre en horarios y frecuencias. En las encuestas aplicadas en distintos puntos del Área Metropolitana de Monterrey, el costo promedio del viaje es de \$13.5. Esto considerando que la tarifa mínima en la zona para autobuses urbanos es de \$7.50¹⁰, se puede inferir la necesidad de al menos de un transbordo en el promedio de viajes.

El tiempo promedio de recorrido resultó de 57 minutos.

En específico para el corredor, se tomaron muestras de velocidad y tiempos de recorrido, tanto en el ramal Miguel Alemán como en López Mateos. El recorrido de Apodaca al Centro, terminando en la Avenida Francisco I. Madero, (el proyecto termina en las inmediaciones del Paseo Santa Lucía, 1.3 Km. al sur de la Av. Madero), tiene un tiempo de recorrido por la Av. Miguel Alemán de 80 minutos, con una velocidad de 19 Km / Hr., en el sentido opuesto el recorrido tiene un tiempo promedio de 41 minutos con una velocidad promedio de 23 Km. / Hr.

Por la Avenida López Mateos el recorrido toma un tiempo de 62 minutos a una velocidad promedio de 20 Km./Hr. en el sentido Apodaca Centro y de 43 minutos a una velocidad de 22 Km. / Hr. en el sentido inverso.

La velocidad de operación en el sentido Apodaca – Centro resulta baja. También es importante resaltar que los tiempos y velocidades corresponden a un recorrido donde se toman tramos de alta velocidad; sin embargo, existen destinos en las zonas aledañas a estas vialidades, donde las vías son de tipo recolectora y las velocidades, por lo tanto, son menores.

Esta baja velocidad también se debe en parte a la congestión de las vialidades y al no existir una infraestructura que dé preferencia al transporte público sobre el parque vehicular general.

Las unidades que circulan actualmente sobre el corredor son autobuses, con una antigüedad no mayor a los 8 años. Se ha ido renovando la flota incluyendo unidades climatizadas, con mejores motores.

¹⁰ Las encuestas fueron levantadas antes del cobro obligatorio de la cuota de castigo de \$10, en caso de no utilizar la Tarjeta de Prepago "Tarjeta Feria". Esto para la mayoría de las rutas, aún existen rutas sin este sistema de cobro.

Uno de los principales problemas que afecta el tiempo de los usuarios, es la falta de horarios y frecuencias fijas en las rutas.

Estructura empresarial

La oferta del servicio de transporte urbano es prestada en su mayoría por grupos empresariales, con una gran concentración en grupos derivados de organizaciones sindicales. Al no estar presente un esquema hombre – camión se facilita una organización y posible reestructuración de rutas.

Infraestructuras de apoyo y espacio público

Los puntos de parada, banquetas, señalización y otros elementos que apoyan a la gestión del transporte público colectivo no están en buenas condiciones o, simplemente en algunos tramos, no existen, lo que se traduce en una mayor peligrosidad enfrentada por los usuarios.

2.2 Detalle de la problemática a solucionar

Los principales elementos de la problemática a solucionar son:

Una oferta de transporte público con necesidad de optimizarse.-

De forma global para el Área Metropolitana de Monterrey, la oferta cuenta con varios componentes no alineados con la demanda, en otros términos, una ineficiencia en el mercado. Ejemplo de ello es el factor de ocupación promedio obtenido en 15 puntos estratégicos de Frecuencia de Paso y Ocupación Visual sobre vialidades de gran volumen de transporte público de la conurbación; resultando un factor del 42 por ciento. Asimismo, las gráficas de comportamiento horario, muestran una demanda con variaciones a lo largo del día teniendo periodos picos y valle. En contraste, la distribución horaria de la oferta es prácticamente plana. Además de ello existen rutas que tienen una superposición en tramos. Esta suma de factores presiona a un incremento en las tarifas, al tener que cubrir los costos operativos generados por estas ineficiencias.

En la situación actual sobre el corredor proyecto Línea 3, la demanda de transporte de personas es atendida en el ramal Av. Miguel Alemán, por 9 rutas con 383 unidades, caracterizadas por dos tipos de recorrido. Las rutas de mayor volumen, son las de menor distancia recorrida, iniciando en el área central de la ciudad y finalizando en la Av. Rómulo Garza en el punto de zona comercial Ciudad – La Fe, existe una superposición de rutas únicamente por tener un inicio del recorrido en distintas calles del área central de Monterrey. Las rutas de menor volumen son las de mayor recorrido, las cuales se sobreponen a las rutas de corto recorrido en el tramo mencionado y realizan además una función de conexión con zonas colindantes al tramo troncal, en específico las zonas de desarrollo habitacional tipo conjunto habitacional de interés social y colonias populares de Huinalá y Pueblo Nuevo, al oriente de la Av Miguel Alemán. Incluso existe una ruta que inicia su recorrido al suroriente de la conurbación en la Avenida Benito Juárez en el municipio de Guadalupe, cruza el río Santa Catarina, conecta con la Avenida Rómulo Garza utilizando la Av. Churubusco, recorre Rómulo Garza, se adentra a la zona de Huinala, retoma la Avenida Miguel Alemán, pasa por el centro de Apodaca y nuevamente sale de la troncal para conectar con la zona de Pueblo Nuevo al norte del corredor. Por tanto, se tiene una gran oferta en el tramo Rómulo Garza y

unas rutas de conexión que al no existir un sistema integrado en las rutas de transporte urbano, cumplen una doble función de servicios troncales y alimentadores, con bajos volúmenes de demanda.

En la variante López Mateos, son 10 rutas con 216 unidades. Todas ellas cumplen con la función de troncal y alimentadoras, siendo el tramo de mayor volumen Félix U. Gómez. Las principales desviaciones de la troncal se dan para conectar la zona del Mezquital al poniente de la avenida principal. Existen dos rutas que extienden su cobertura de la zona de influencia. Una de ellas termina hasta el norponiente de Apodaca en la zona de Santa Rosa; y la otra conectando el nororiente del municipio en la zona de Pueblo Nuevo, pasando por el centro de Apodaca.

Actualmente no existe una ruta que conecte de forma directa el poniente y oriente de la zona de influencia cruzando las dos avenidas principales del corredor. Este movimiento por tanto, a pesar de ser de corto recorrido, implica un transbordo con un respectivo doble pago.

De lo expuesto en la síntesis ejecutiva (numeral 1.2), en este numeral y el anterior (numeral 2.2) se puede decir que la problemática por solucionar tiene un nivel de orden macro con naturaleza sistémica y otro de orden micro específico del Corredor. En el primero hay una preferencia por los medios individuales que solo puede ser revertida con más y mejores servicios de transporte público (página 14-16) y en el segundo se pueden encontrar las expresiones de una estructura de mercado cuasi oligopólico: alta concentración en horas de máxima demanda, servicios irregulares o con baja cobertura acentuados en horas de baja demanda y altas tarifas. El efecto de este conjunto de características o condicionantes imponen sobre los usuarios altos costos de transporte y largos tiempos de viaje (página 16) y otros efectos que se describe en los siguientes párrafos.

Desventaja del transporte público frente al privado en la variable tiempo, pérdidas en el recurso tiempo de los usuarios.

Una de las ventajas del transporte privado sobre el público, es la velocidad, esto se traduce en el gasto del tiempo de los usuarios en una actividad complementaria como lo es el traslado. Actualmente la Zona Conurbada de Monterrey está en la etapa donde varios puntos en las vialidades principales tienen un nivel de congestión notorio con niveles C y D de servicio¹¹. Además la tendencia indica un agravamiento del problema; en 1999 la velocidad promedio era de 30 Km. / Hr. para el 2007 ésta se redujo a 27 Km./Hr. Si bien la velocidad en general para todo tipo de transporte ha disminuido, la situación para el transporte público es aún más crítica. En una encuesta de 2005 dirigida por el Consejo Estatal de Transporte y Vialidad de Nuevo León (CETYV), la percepción de los usuarios entre la diferencia de realizar su viaje en transporte público o privado era de 20 minutos. En dato duro el CETYV, estimó una velocidad promedio del transporte público para 2007 de 17.62 Km. /hr. Esta ventaja del transporte privado puede ser revertida por sistemas de transporte urbano masivo, al designar una infraestructura para el recorrido exclusivo de transporte público, teniendo entonces éste su propia dinámica segregada del congestionamiento. Un aumento de velocidad

¹¹ El Plan Sectorial de Transporte y Vialidad 2008 – 2030, da cuenta de un análisis de red vial relevante tomando como muestra representativa la RED SINTRAM compuesta por 15 rutas en vialidades principales y 50 intersecciones (Sistema Integral de Tránsito Metropolitano), ubicando a la mayoría de la vialidades en un nivel de servicio C o D. En el nivel C, la percepción de otros conductores se vuelve constante y las maniobras empiezan a estar restringidas por las de otros usuarios. En el nivel D, la corriente de tránsito empieza a ser inestable y los movimientos empiezan a verse restringidos por los otros conductores.

se puede sumar al implementar tecnologías de alta velocidad. Además estos sistemas de transporte, si son manejados eficientemente, tienen un esquema operativo definido, teniendo paradas plenamente definidas a una distancia estándar, un programa de horarios y frecuencias de servicio con mayor certidumbre, permitiendo entonces una mayor organización del usuario en sus tiempos de traslado.

La solución de los dos elementos anteriores de la problemática, eficiencia del transporte público traducido en reducción de costos de operación vehicular, y aumento de la velocidad e implementación de un mejor esquema operativo, traducido en una reducción del tiempo de traslado, se manifiestan como los dos beneficios por convención aceptados para comparar sus valores cuantificables con los costos del proyecto. Sin embargo, existen cinco elementos adicionales que es importante tener presentes, al estar intrínsecamente ligados con el transporte público y por tanto poder ver una mejora al implementar un exitoso proyecto de transporte masivo.

Accidentes viales

El Estado de Nuevo León ocupa los primeros lugares en índice de motorización y en accidentes de tránsito. En el 2009 fue la segunda entidad con mayor número de accidentes en el país, de acuerdo a cifras del INEGI se registraron 57,490 accidentes en zonas urbanas y suburbanas del Estado. Si este número se condiciona al número de habitantes del Estado, se obtiene un indicador de 12.6 accidentes por cada mil habitantes, siendo en estos términos la entidad de mayor número de accidentes por cada mil habitantes. De acuerdo con el CETYV en el 2006 el 3 por ciento de los accidentes involucraron el transporte público, mientras el 79 por ciento fue ocasionado por automóvil particular. Asimismo, se han visto drásticos decrementos en los accidentes de transporte público, debido a una mejora en la capacitación de los choferes, mejores unidades y eliminación de competencia por pasaje en la misma ruta. Si se logra hacer más eficiente el transporte público se podrá disminuir aún más los accidentes de tránsito. De igual forma es un reto el ganar territorio al automóvil en su uso diario para la movilidad de la ciudad, lo cual además de repercutir en una mejora trascendental de la calidad de vida de las personas, puede reducir en gran medida los accidentes de tránsito y en caso extremo la pérdida de vidas humanas.

Medio Ambiente

En el aspecto medio ambiente, se repite el patrón de accidentes de tránsito. El principal origen de emisiones contaminantes en el Área Metropolitana de Monterrey es el transporte. Si se toma únicamente las fuentes móviles, los vehículos particulares y de carga son responsables del 81 por ciento de estas emisiones y el 6% corresponde a autobuses y transporte escolar. Por lo tanto, una transición de transporte público a transporte urbano masivo, sin duda traerá una mejora en la calidad del aire, pero si se logra la disminución de auto hacia un transporte urbano masivo la mejora sería en una mayor escala.

Equidad/Exclusión.

En un indicador de viajes en el día por estrato socioeconómico elaborado por el CETYV, se tiene que la población del estrato alto realiza 1.47 viajes por día, la de medio-alto 1.49, medio-bajo 1.37 viajes y bajo 1.24 viajes. Esta información cruzada con los resultados de la encuesta Gasto Ingreso para el área, donde de 1994 a 2004 ha aumentado la proporción

que le dedican las familias en los 6 deciles más bajos al transporte, muestra la importancia de esta actividad secundaria en la actividad cotidiana de estas familias y sus restricciones. Asimismo, este aumento de proporción, es posible que se derivé del modelo de desarrollo urbano tipo horizontal que prevalece y que empuja a las familias con menos recursos y jóvenes hacia los límites de la zona, al ser los precios de la vivienda o terrenos más baratos ahí. Por tanto las familias de los estratos bajos, son actualmente las principales usuarias del transporte público, limitan sus viajes y por tanto sus oportunidades de acceder a la dinámica de la ciudad y debido a esta exclusión espacial su transporte se ha ido encareciendo al tener que hacer un mayor recorrido, que aun cuando la tarifa es fija un mayor recorrido se puede traducir en un mayor número de transbordos con doble pago, al no existir un sistema de transporte integrado con amplia cobertura.

Imagen Urbana

El ordenamiento del transporte público en el área central es primordial para el resurgimiento de ésta como zona de cohesión e identidad ciudadana, así como un punto detonador de un nuevo modelo de desarrollo urbano de la zona conurbada. Donde se promueva la vitalidad de la ciudad en los espacios públicos. De acuerdo al CETYV, en el 2005 el 80% de las rutas transitaban por el 1er. Cuadro de la ciudad, mientras que sólo el 18 por ciento de los viajes tenían su destino en ese lugar, siendo entonces un área de transferencia, con resultados de congestionamiento, deterioro de imagen urbana (contaminación auditiva y visual) y poca atracción para proyectos inmobiliarios.

El inicio del Corredor Línea 3, se ubica en las inmediaciones del área central, sobre la avenida Félix U. Gómez, cruzando importantes avenidas centrales como Av. Colón y Francisco I. Madero.

La implantación de un sistema de transporte urbano masivo, puede asociarse a su vez con políticas de desarrollo urbano y mejoramiento de espacios públicos, además el mejoramiento de los espacios peatonales es obligado.

Desarrollo Urbano.

Las condiciones de operación de tránsito del corredor, en sus dos variantes Miguel Alemán y López Mateos, son heterogéneas en el tramo cercano al área central, se registraron velocidades en el rango de 12 – 16 Km. / Hr., así como velocidades máximas de 32 – 34 Km. / Hr. en las avenidas principales del municipio de Apodaca. En promedio a lo largo del corredor se obtuvieron velocidades en el rango de 19 a 23 Km. / Hr. Sin embargo, el área donde se presentan velocidades altas, se refieren a los tramos de las avenidas López Mateos y Miguel Alemán que actualmente concentran una importante actividad industrial pero que son límites del actual desarrollo inmobiliario dinámico que se da en esa área, al ser el municipio de Apodaca un municipio de crecimiento maduro con tasas de crecimiento de población dinámicas. Este crecimiento se ha empezado a extender hacia el municipio aledaño Pesquería de la Región Periférica. Por lo anterior, se anticipa que de no hacer nada, las condiciones de tránsito aun esa zona empeorarán y significará un decremento en la velocidad de recorrido. El problema tiene otra agravante, al existir una combinación de tránsito de carga correspondiente a la zona industrial y de tránsito urbano.

Paulatinamente, áreas consideradas en los planes de desarrollo urbano como de uso industrial, han sido utilizadas para el desarrollo de conjuntos habitacionales. Esto se puede apreciar claramente en el área comprendida entre las dos avenidas principales del corredor.

Así, el proyecto puede contribuir a la continuación de desarrollo urbano del área de una forma más ordenada y con una oferta de comunicación eficiente.

2.2.1 Aspectos socioeconómicos

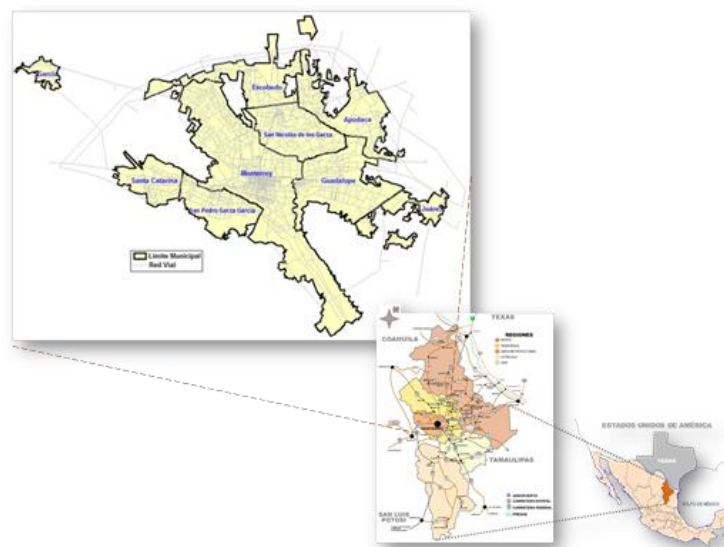
Contexto Geográfico

La zona de influencia de la red del STC Metrorrey es el Área Metropolitana de Monterrey, formada por 9 municipios, de los 51 que integran el Estado de Nuevo León, sumándose los dos últimos Juárez y García en el año de 1988.

Los municipios inscritos al Área son:

- Monterrey (incorporación fenómeno urbano década 1940)
- Guadalupe (incorporación fenómeno urbano década 1950)
- San Pedro Garza García (incorporación fenómeno urbano década 1950)
- San Nicolás de los Garza (incorporación fenómeno urbano década 1950)
- Apodaca (incorporación fenómeno urbano década 1970)
- Santa Catarina (incorporación fenómeno urbano década 1970)
- General Escobedo (incorporación fenómeno urbano década 1980)
- Juárez (incorporación fenómeno urbano finales década 1980)
- García (incorporación fenómeno urbano finales década 1980-1980)

Figura 15. Contexto Geográfico Área Metropolitana de Monterrey



Fuente: FOA Consultores

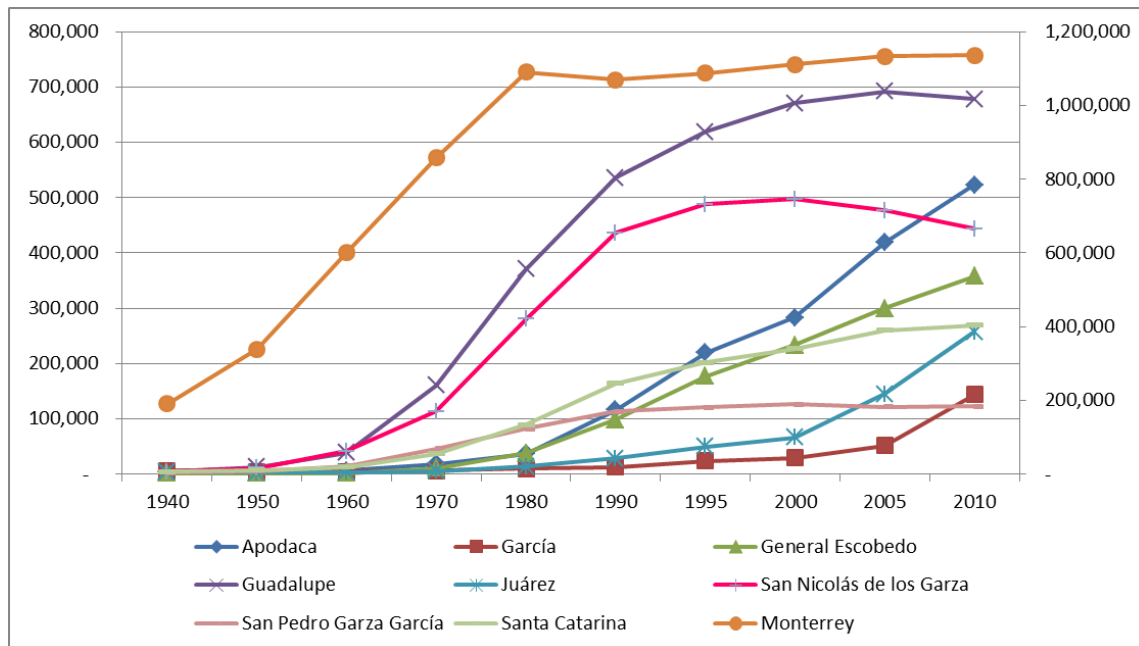
Evolución histórica de la población

En el 2010, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda XIII, los 9 municipios albergaron a 3.9 millones de personas, el 84 por ciento de la población de Nuevo León.

Como conjunto, el área ha tenido una tendencia estable crecimiento en los últimos 20 años, con una tasa promedio de 2%. Los efectos demográficos más drásticos e interesantes se observan dentro de la misma. Observando municipios que han llegado a su capacidad de crecimiento e incluso presentan decrecimientos y por otro lado de particular interés los municipios en expansión. Dentro de estos últimos se identifican 2 grupos: aquellos municipios con tasas de crecimiento superior a la media del AMM y con una participación de la población estatal superior al 6%, en este grupo en orden de importancia están Apodaca y General Escobedo; en el segundo grupo se ubican los municipios con tasas explosivas de crecimiento, más de dos dígitos, al ser de adición más reciente en la conurbación, en este grupo se encuentran Juárez al suroriente de la zona, aledaño al municipio de Guadalupe que concentra al 5.5% de la población estatal y registró un crecimiento anual de 2005 a 2010 del 12% y el municipio de García concentrando el 3% de población estatal y creciendo a un ritmo de 23% en ese mismo periodo.

Si bien el municipio de Monterrey concentra el 24% de la población estatal, su crecimiento es menor al 1%. El mismo efecto se observa en el municipio de San Pedro Garza García y Santa Catarina, con crecimientos menores al 1 por ciento. En el caso extremo se encuentran los municipios Guadalupe y San Nicolás, los cuales presentan tasas negativas de crecimiento.

Figura 16. Evolución de la población por municipio de la Zona Conurbada de Monterrey (Habitantes)

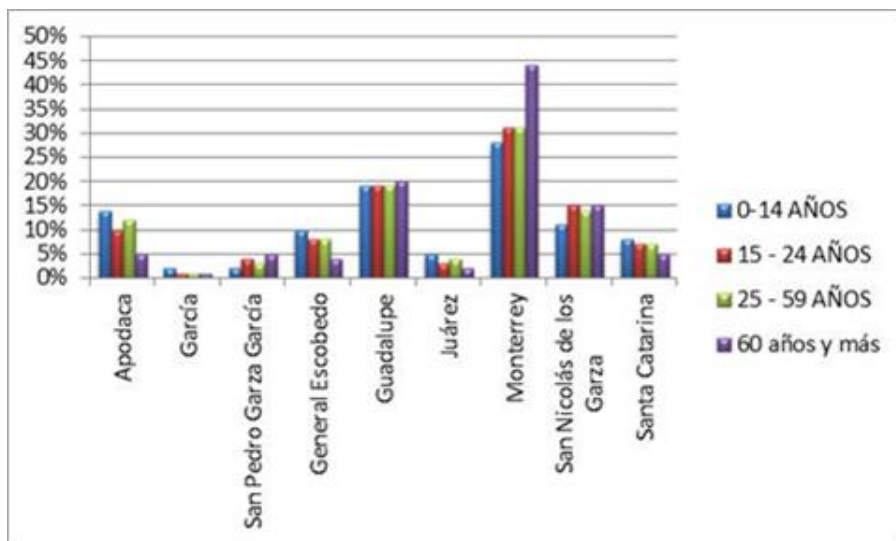


Fuente: FOA Consultores con base en información del Anteproyecto de Plan de Desarrollo Urbano de la Zona Conurbada de Monterrey, 2008 y Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

Aspectos Demográficos

En los municipios clasificados como de crecimiento en expansión, se observa una mayoría de población joven. Por lo cual están en expansión y albergan a una gran proporción de la Población en Edad de Trabajar del Estado, siendo estos dos patrones elementales para propuestas en el tema de movilidad.

Figura 17. Distribución de la Población por Grupo de Edad y Municipio de la AMM 2005



Fuente: Anteproyecto Plan de Desarrollo Urbano de la Zona Conurbada de Monterrey, 2009

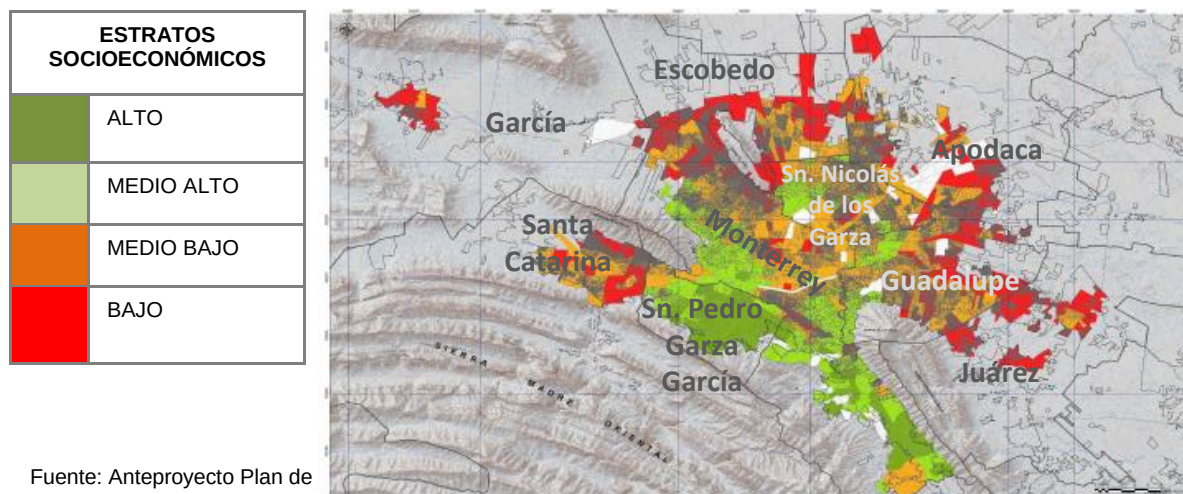
Aspectos Socio-espaciales

Los municipios de mayor crecimiento y más alejados presentan la mayor participación de personas de estratos económicos bajo y medio bajo. En la zona estos estratos representan el 87 por ciento de la población y habitan en el 72 por ciento del área.

El desarrollo urbano se caracteriza por una expansión horizontal que da pie a una segregación socio-espacial de la misma, expulsando a los habitantes de bajos ingresos y población joven a la zona perimetral, donde los precios de la vivienda u ocupación de terrenos son factibles para estos segmentos, al tener una oferta vasta de área urbanizable aunque sin desarrollo de equipamiento.

Es importante mencionar que por cuestiones socio-culturales se ha preferido un desarrollo urbano horizontal a uno vertical. En los últimos años se ha visto la construcción de viviendas multifamiliares para el segmento Medio Alto.

Figura 18. Distribución de la Población por Estratos Socioeconómicos



Fuente: Anteproyecto Plan de

Con las variables anteriores, hemos visto una población de crecimiento dinámico dentro del AMM, con una concentración en los grupos de edad en edad de trabajar para los municipios en expansión. Con esto se asume que la tendencia de dispersión no registra algún cambio y de no haber una política pública determinante, tiene incentivos para mantenerse y aumentar, al tener área libre por desarrollar, a un precio bajo y una demanda que la está requiriendo.

Tabla 8. Distribución de Área Urbanizable por Municipio 2007

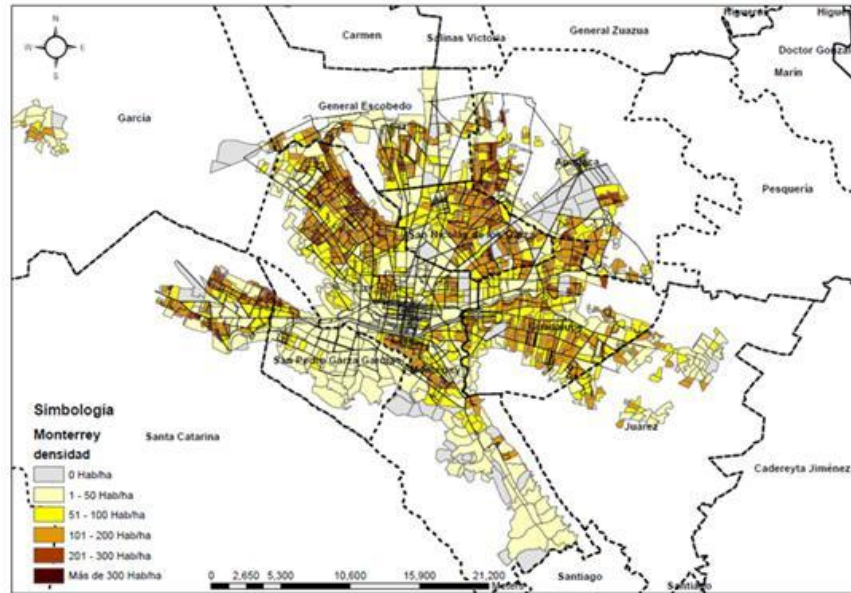
Municipio	Área Urbana (Has.)	Área por Urbanizar (Has.)	Área de Preservación (Has.)	Total (Has.)	% Participación en el AMM (Área Urbana + Área por Urbanizar)	% Área Urbana / (Área Urbana + Área por Urbanizar)
Apodaca	11,141.50	12,646.70		23,788.20	12.5%	46.8%
García	4,596.50	72,053.50	26,570.90	103,220.90	40.3%	6.0%
General Escobedo	7,218.00	6,773.50	1,127.30	15,118.80	7.4%	51.6%
Guadalupe	8,960.00	1,268.70	1,543.00	11,771.70	5.4%	87.6%
Juárez	6,079.20	14,134.70	4,469.00	24,682.90	10.6%	30.1%
Monterrey	18,297.77	3,042.06	12,559.95	33,899.78	11.2%	85.7%
San Nicolás de los Garza	5,941.20	65.10		6,006.30	3.2%	98.9%
San Pedro Garza García	4,430.60	879.10	1,887.40	7,197.10	2.8%	83.4%
Santa Catarina	5,206.70	7,295.20	79,513.50	92,015.40	6.6%	41.6%
TOTAL	71,871.47	118,158.56	127,671.05	317,701.08	100.0%	37.8%

Fuente: Anteproyecto Plan de Desarrollo Urbano de la Zona Conurbada de Monterrey, 2009

En la década de 1970 la densidad bruta era de 95 habitantes por hectárea, ésta ha disminuido de forma constante hasta llegar en el 2005 a menos de la mitad (47 habitantes por hectárea). Con el cruce de información entre localización de la población por estrato socioeconómico y densidad por Área Geoestadística Básica (AGEB), se observa una

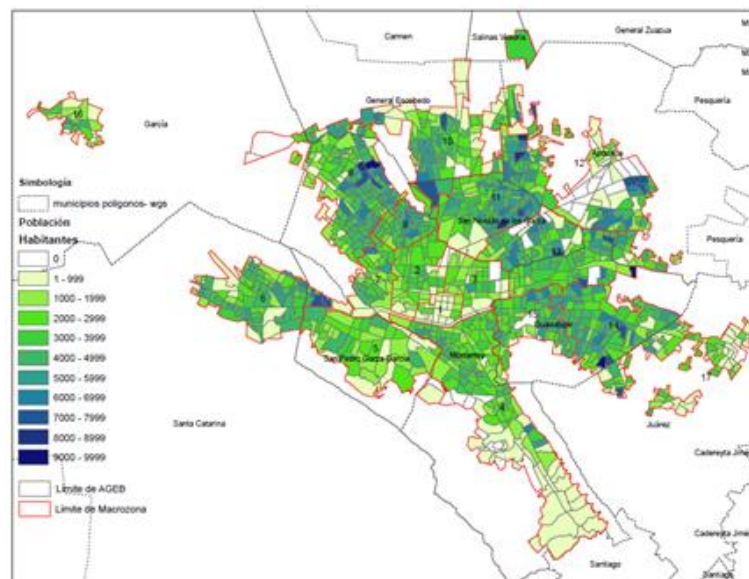
correlación positiva entre las AGEBS que reúnen en gran parte de su territorio a población de estratos Medio Bajo y Bajo y las AGEBS de mayor densidad de población.

Figura 19. Densidad de población por AGEB (1,306 AGEBS año 2005)



Fuente: FOA Consultores con base en Censo de Población y Vivienda 2005 e información base del Plan Sectorial de Transporte y Vialidad, 2008

Figura 20. Rangos de población por AGEB (año 2005)



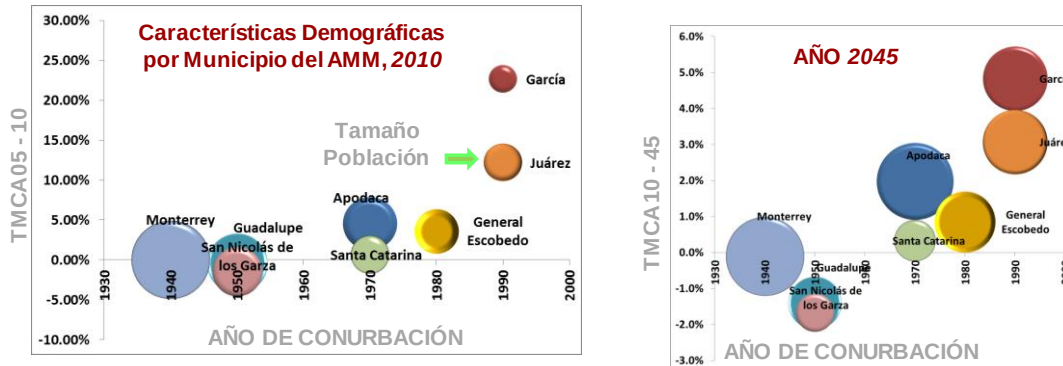
Fuente: FOA Consultores con base en Censo de Población y Vivienda 2005

Tendencias de crecimiento poblacional

La tendencia de crecimiento del AMM, es heterogénea en su interior. Los resultados recientes del Censo de Población de 2010 indican un crecimiento poblacional no esperado en las proyecciones del Consejo Nacional de Población para los municipios de García y Juárez,

para el primero pronosticaba una tasa de crecimiento en el periodo 2005 – 2010 de 8% y para el municipio de Juárez de 9 por ciento. Los resultados del Censo indican que los municipios de García y Juárez pasaron de 52 mil habitantes en el año 2005 a 144 mil y de 144 mil a 257 mil respectivamente, un crecimiento de 23 por ciento y 12 por ciento. Los municipios de mayor concentración en 2010, presentan en el futuro un decremento de su población. Los municipios de Apodaca y Escobedo se encuentran en etapa de maduración con tasas dinámicas.

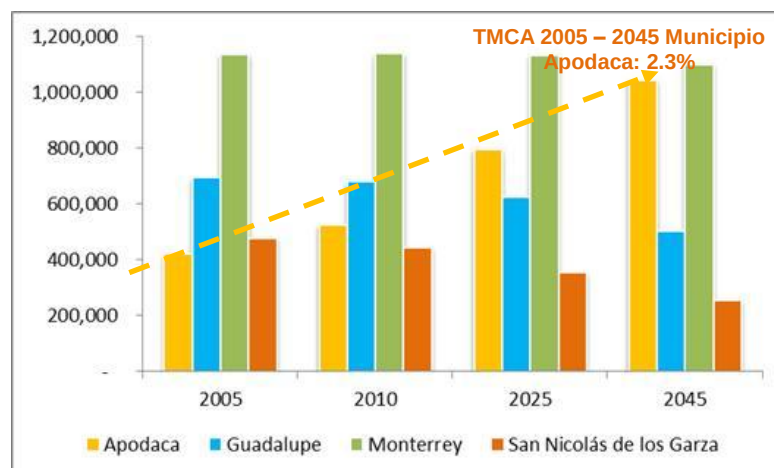
Figura 21. Tendencia de Crecimiento Poblacional por Municipio



Fuente: Estimaciones FOA Consultores con base en información INEGI Censo de Población y Vivienda 2010 y Proyecciones de población 2005 -2030 CONAPO

El trazo del proyecto involucra directamente a los municipios de Monterrey, San Nicolás, Guadalupe y Apodaca. Siendo los tres primeros municipios de conurbación temprana, antes de la década de 1960, por lo tanto con una importante concentración de población (49% a nivel estatal) y una tendencia de decremento de población. En contraste el municipio de Apodaca presenta una tendencia de crecimiento dinámica, con una proyección para participar con el 15 por ciento de la población de Nuevo León en el año 2045.

Figura 22. Tendencia de Crecimiento por Municipio huésped de Línea 3



Fuente: Estimaciones FOA Consultores con base en información INEGI Censo de Población y Vivienda 2010 y Proyecciones de población 2005 -2030 CONAPO.

El análisis de aspectos socioeconómico de la región y la zona de influencia inmediata del proyecto, muestran una concentración de población del segmento bajo y medio bajo, en

particular en las AGEBS colindantes del proyecto en los municipios de Apodaca y Guadalupe, con una densidad de población alta respecto a la media de la zona conurbada.

Existe también una zona en las inmediaciones de la Av. Rómulo Garza del segmento Medio-Alto.

La tendencia de población muestra un decremento en los municipios que albergan la primera parte del proyecto. Sin embargo en las AGEBS involucradas directamente en el trazo del proyecto, se observa una densidad alta y zonas continuas de área disponible para urbanización, esto en los municipios de Apodaca y Guadalupe. En el municipio de San Nicolás de los Garza en el límite con Apodaca, se han utilizado áreas destinadas a la actividad industrial para la creación de conjuntos habitacionales, esto en el área comprendida entre las Av. López Mateos, Miguel Alemán e Isidoro Sepúlveda.

2.2.2 Entorno del corredor (usos de suelo)

La gran concentración de habitantes en la Zona Conurbada de Monterrey, genera grandes demandas de todo tipo y en especial en los aspectos urbanos. En estudios anteriores y planes de desarrollo urbano y sectorial, se ha enfatizado en que la Metrópoli es acosada por graves problemas de infraestructura de servicios públicos, y en especial a los referidos a:

- a) Agua Potable
- b) Drenaje Sanitario
- c) Drenaje Pluvia
- d) Vialidades
- e) Congestionamientos generalizados a ciertas horas del día
- f) Transporte Público

Estos señalamientos en la actualidad siguen vigentes y en la mayoría de los casos se han agravado.

El modelo de desarrollo urbano elegido para la Zona Metropolitana de Monterrey es el horizontal y expansivo, el cual demanda de en cada pulso de la expansión territorial, una mayor cobertura de los servicios públicos y de transporte.

Se ha señalado que los municipios que conforman la Zona Metropolitana abarca una Extensión Territorial de aproximadamente 50,000 Has., las cuales se distribuyen, según los usos del suelo de la siguiente manera:

- a) 69% Predominantemente Habitacional
- b) 12% Industrial
- c) 10% Predios baldíos
- d) 5% Equipamiento
- e) 3% Vialidades Metropolitanas

De lo anteriormente señalado se destaca que el uso del 69% del suelo urbano dedicado a la habitabilidad es excesivo lo cual señala que el modelo elegido para satisfacer las

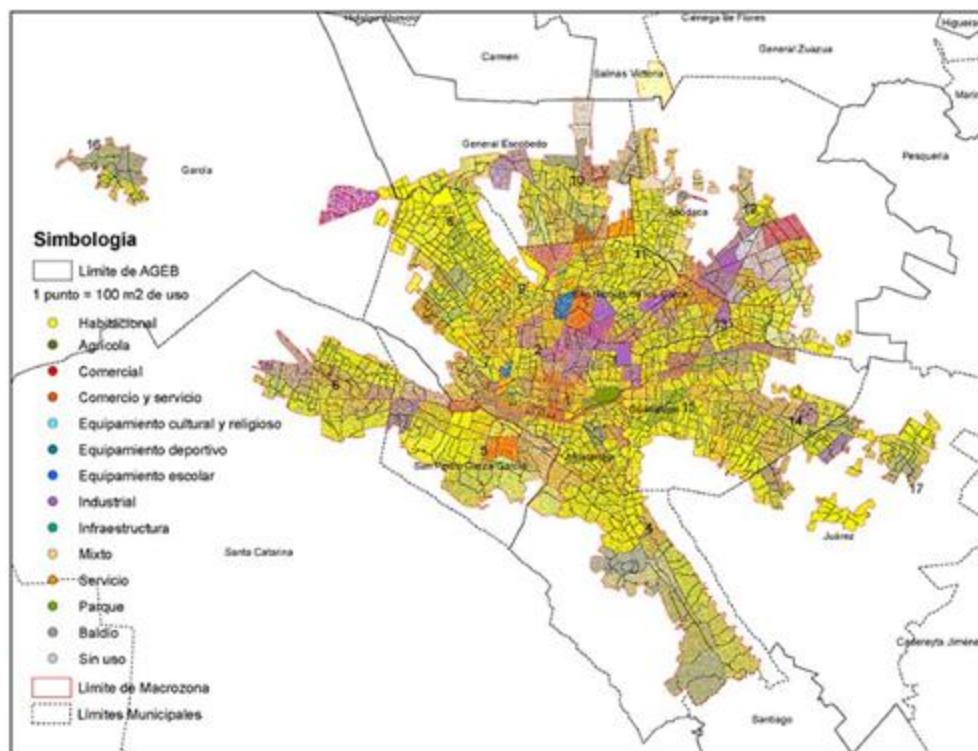
necesidades de vivienda, está mal orientado y enfocado a la sub ocupación territorial, lo cual genera densidades poblacionales muy bajas por Ha. y enfatiza lo erróneo de las políticas del desarrollo urbano adoptadas.

Se requiere la implementación de políticas de vivienda que impulsen la re densificación de las zonas centrales y el impulso de la vivienda vertical.

Monterrey históricamente destaca por ser una ciudad industrial, por lo que es considerada el Polo Industrial de México, ya que cuenta con alrededor de diez mil industrias de diferentes giros operando en el Estado.

De llamar la atención, es el hecho de que tan solo las 6,000 Ha. correspondientes al uso de suelo industrial, se localizan en el Municipio de Monterrey en la zona central o en sus inmediaciones, indicando que en tiempos pasados esa zona era el límite de la ciudad y la expansión urbana sobrepasó la zona.

Figura 23. Usos actuales de la Zona Conurbada de Monterrey (Año 2005)



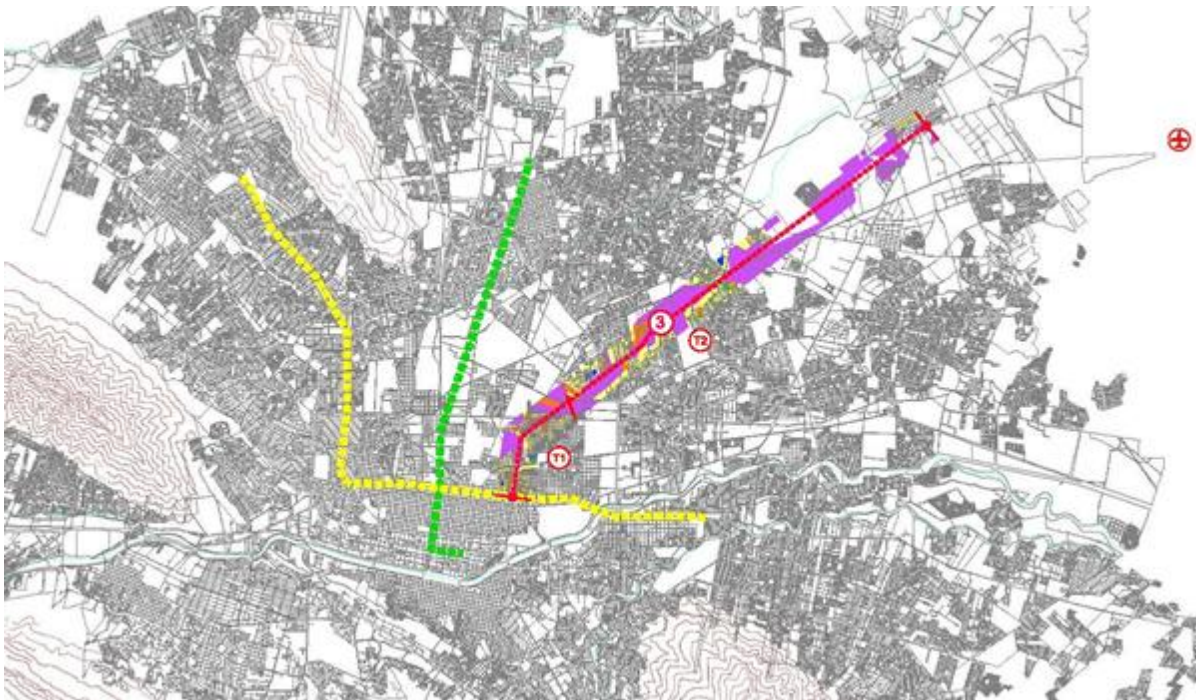
Fuente: FOA Consultores con información base del Plan Sectorial de Transporte y Vialidad.

El análisis de usos de suelo sobre el corredor en sus dos extensiones, Av. López Mateos y Av. Miguel Alemán, se organiza por tramo.

A lo largo del corredor Santa Lucía - Félix U. Gómez - Rómulo Garza - Apodaca, se presentan distintos tipos de zonificación, destacando el tipo industrial y el habitacional. Para el análisis de la zonificación a lo largo del corredor, se trazó al igual que en el corredor, un margen de 500 m. a cada lado del corredor, éste se dividió en 2 tramos:

- a) Tramo 1: Félix U. Gómez: Destaca principalmente el uso industrial abarcando un 45%, seguido del uso de suelo habitacional con 36%. Para este tramo, el uso comercial es importante con un 16% ya que está cerca del centro de la ciudad.
- b) Tramo 2: Adolfo López Mateos: En esta zona, la mayor concentración en el uso de suelo es de tipo industrial con un 66%, seguido por el uso habitacional que cuenta con un 27%.

Figura 24. Zonificación por Usos del Suelo del Corredor Extensión Av. López Mateos



Fuente: FOA Consultores con información del Anteproyecto de Plan de Desarrollo Urbano Zona Conurbada de Monterrey (PDUZCM), 2009

Figura 25. Acercamiento a la Zonificación del Corredor López Mateos

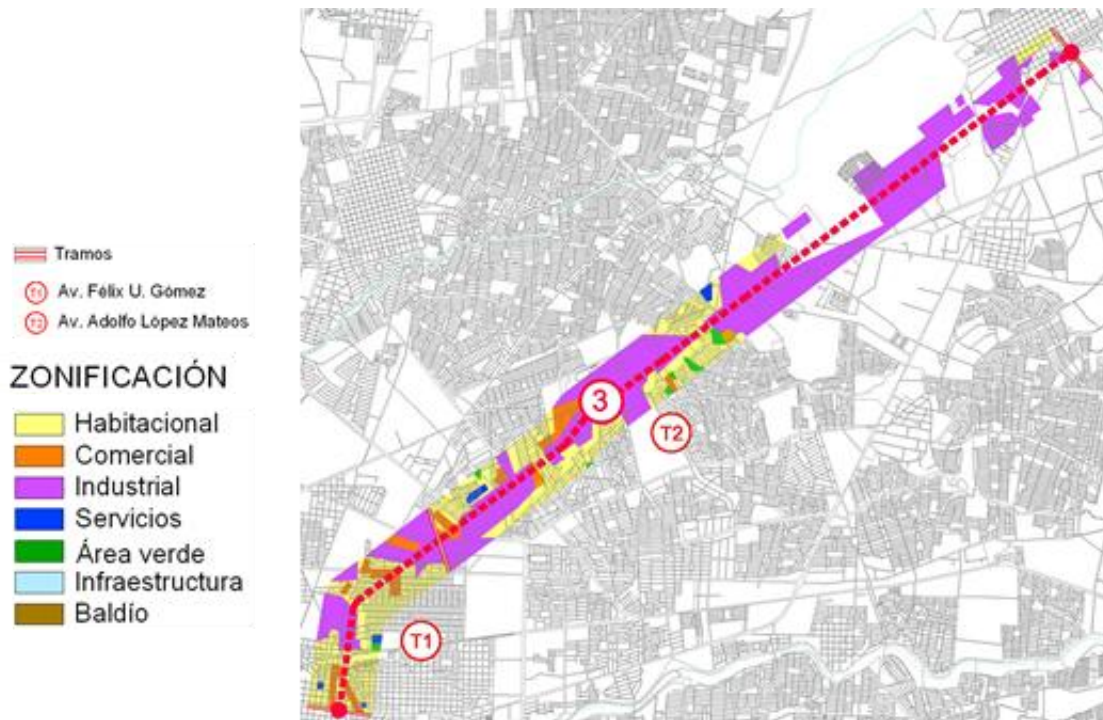


Tabla 9. Porcentajes de Zonificación por Tramos Corredor López Mateos

Tramo	Zonificación	M2	%
Tramo 1	Comercial	374,331.45	16
	Industrial	1,032,167.15	45
	Servicios	35,152.13	2
	Área Verde	15,512.93	1
	Baldío		
	Infraestructura		
	Habitacional	820,075.30	36
	Total	2,277,238.96	100
Tramo 2	Comercial	403,242.28	4
	Industrial	6,619,123.51	66
	Servicios	79,089.26	1
	Área Verde	135,284.02	1
	Baldío	61,489.91	1
	Infraestructura		
	Habitacional	2,742,089.06	27
	Total	10,040,327.04	100

Fuente: FOA Consultores con información del PDUZCM 2009.

A lo largo del corredor extensión Av. Miguel Alemán, se presentan distintos tipos de zonificación, destacando el tipo industrial y el habitacional. Para el análisis de la zonificación a lo largo del corredor, se trazó un margen de 500 m a cada lado del corredor y éste se dividió en 4 tramos:

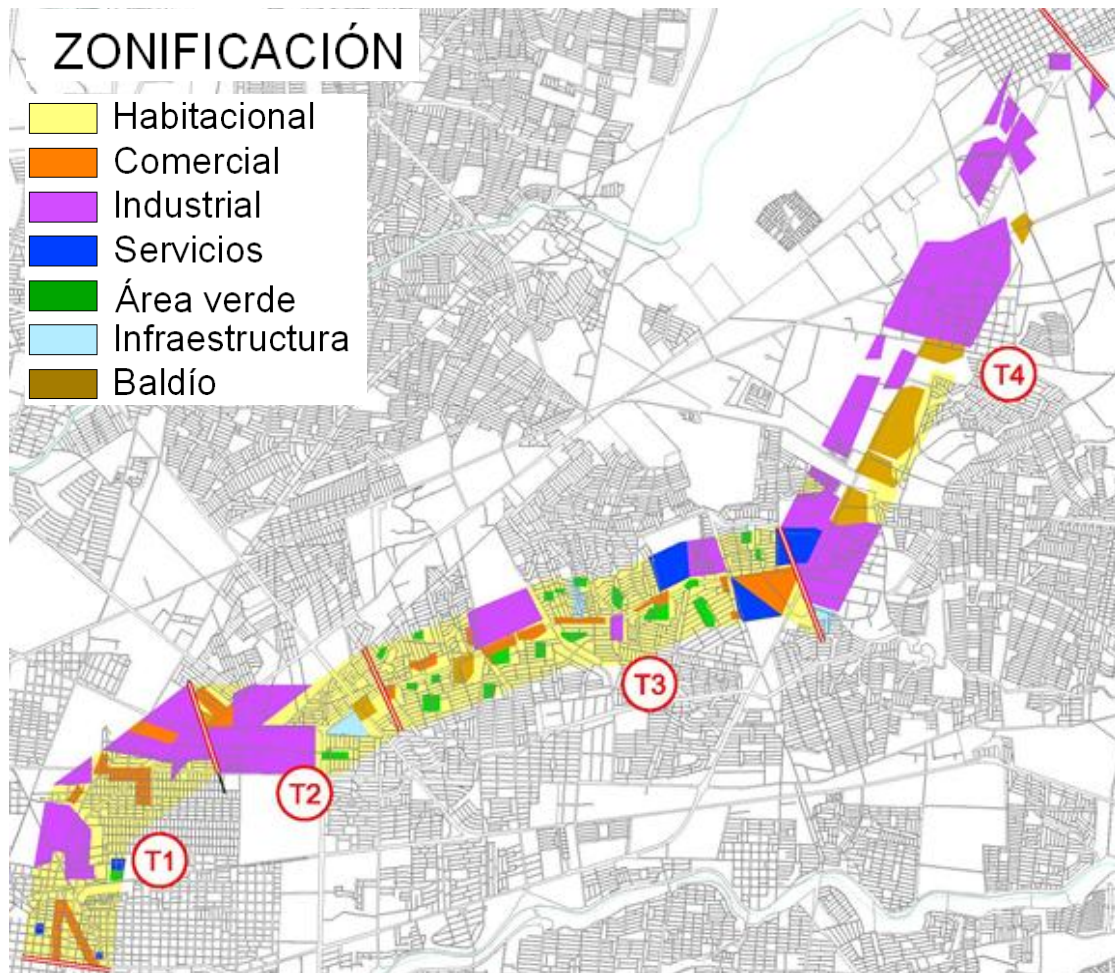
- Tramo 1: Félix U. Gómez: Destaca principalmente el uso industrial abarcando un 45%, seguido del uso de suelo habitacional con 36%. Para este tramo, el uso comercial es importante con un 16% ya que está cerca del centro de la ciudad.
- Tramo 2: Los Ángeles: En esta zona, el uso de suelo habitacional, es mayor del 50%, seguido por el industrial y el comercial. Cabe destacar que las franjas ocupadas por el sector comercial, se encuentran al costado de la avenida.
- Tramo 3: Rómulo Garza / Feliz Galván: En este tramo, el uso habitacional es de 71% dentro de la franja analizada. Esta sección cuenta con un poco de servicios, comercio e industria.
- Tramo 4. Miguel Alemán: En esta sección, es donde se encuentran las plantas industriales de la Zona Conurbada de Monterrey. Existen algunos terrenos baldíos por lo cual su uso cuenta con un 42% seguido por el industrial que es un 22%.

Figura 26. Zonificación a lo largo del Corredor Proyecto Línea 3 Extensión Av. Miguel Alemán



Fuente: FOA Consultores con información del PDUZCM 2009.

Figura 27. Acercamiento a la zonificación del corredor



Fuente: FOA Consultores con información del PDUZCM 2009.

Tabla 10. Porcentajes de zonificación por Tramos Corredor

Tramo	Zonificación	M2	%
Tramo 1	Comercial	374,331.45	16
	Industrial	1,032,167.15	45
	Servicios	35.152.13	2
	Área Verde	15,512.93	1
	Baldío		
	Infraestructura		
	Habitacional	820,075.30	36
	Total	2,277,238.96	100
Tramo 2	Comercial	101,576.39	4
	Industrial	891,456.14	38
	Servicios		
	Área Verde	24,251.61	1
	Baldío	59,036.15	3
	Infraestructura	80,463.99	3
	Habitacional	1,189,850.53	51
	Total	2,346,634.83	100
Tramo 3	Comercial	449,519.57	9
	Industrial	517,761.57	10
	Servicios	339,869.93	7
	Área Verde	18,446.59	
	Baldío	65,185.71	1
	Infraestructura	50,626.65	1
	Habitacional	3,509,750.66	71
	Total	4,951,160.69	100
Tramo 4	Comercial		
	Industrial	363,180.30	22
	Servicios	133,354.56	8
	Área Verde		
	Baldío	676,938.64	42
	Infraestructura	65,047.86	4
	Habitacional	392,126.34	24
	Total	1,630,647.69	100
Total del Corredor			11,205,682.17 m2

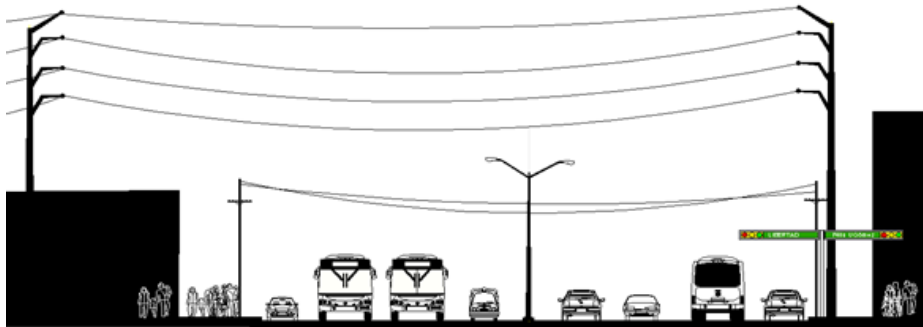
Fuente: FOA Consultores con información del PDUZCM 2009.

2.2.3 Aspectos viales

Características básicas por tramo sobre el corredor.-

El corredor en su mayor parte transita por amplias vialidades que permiten la inserción de la nueva línea sin la creación de ningún tipo de problemáticas urbanas. Las secciones presentadas reproducen la situación en que se encuentra una sección representativa de la Av. Félix U. Gómez en la actualidad y las condiciones que tendrá con la implantación de la nueva Línea 3.

Figura 28. Sección Representativa Av. Félix U. Gómez



Fuente: FOA Consultores.

En la Av. Cd. de Los Ángeles, donde las dimensiones a su inicio (intersección de Félix U. Gómez con Av. De Los Ángeles) se reducen, alcanzando escasamente los 19.5 metros aunque posteriormente se amplía a los 21 metros, esta sección del corredor comprende una longitud entorno a los 1,300 m. Aun así, lo reducido de las dimensiones no impide que el trazo se vea afectado, más aún si se toma en cuenta que en ese tramo no se tiene pensado la ubicación de estaciones.

Es necesario enfatizar que para los automovilistas que suelen estacionarse sobre la vialidad sí se verán afectados pues en las zonas donde se implanten las columnas, el carril que ahora ocupan como estacionamiento se verá reducido en aprox. 0.75 m. a cada lado, solo frente a las columnas. Los siguientes gráficos ilustran las condiciones de la situación actual.

Figura 29. Sección Representativa Av. Los Ángeles

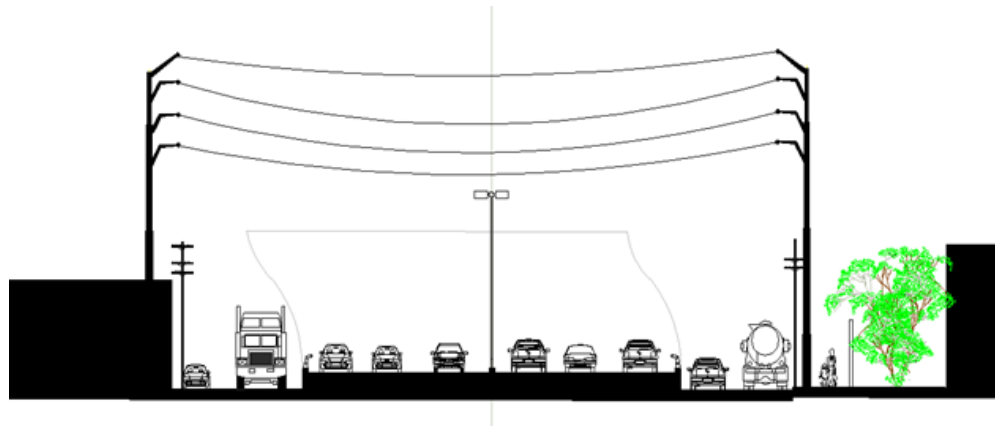


Fuente: FOA Consultores

Puentes Viales Elevados y Deprimidos.-

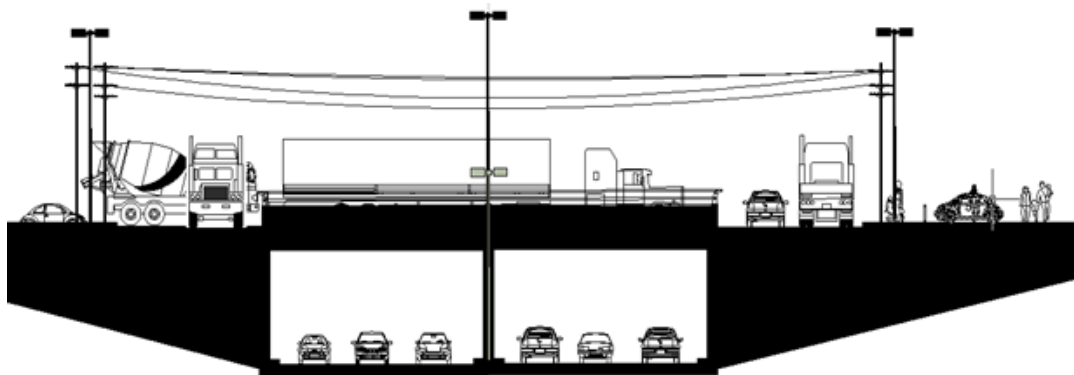
A lo largo del corredor en el tramo Felix U. Gómez – Rómulo Garza existen 2 puentes vehiculares, uno elevado en el cruce con el denominado Anillo Vial Metropolitano, y uno deprimido en el cruce del corredor con la Av. Conductores / Las Américas, los cuales no constituyen obstáculo para que una estructura elevada circule encima de ellos, pues estructuralmente tienen solución. La mejor solución será la que impacte lo menos posible la inversión y a nivel urbano afecte lo menos posible. En el tramo Miguel Alemán – Apodaca Centro existen dos puentes viales elevados, los siguientes gráficos reproducen la condición actual y de los puentes.

Figura 30. Situación Actual de la Av. Rómulo Garza Puente vehicular



Fuente: FOA Consultores

Figura 31. Situación Actual de la Av. Rómulo Garza Puente vehicular



Fuente: FOA Consultores

Puentes Peatonales o Pasarelas.-

A lo largo del corredor existen 18 puentes peatonales, de los cuales 10 de ellos se encuentran en la sección donde el viaducto transcurre de manera elevada, los que coincidan con las estaciones serán usados como pasarelas y los que no quedan bajo la estructura del viaducto y seguirán siendo utilizados para su objeto.

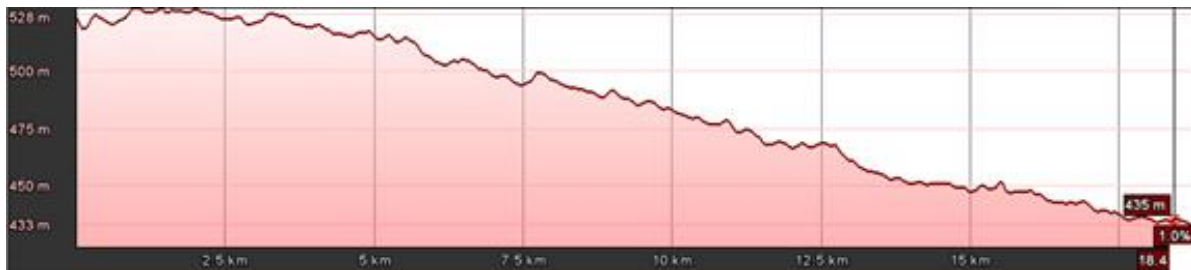
En la parte del Miguel Alemán, existen 8 puentes peatonales 7 de los cuales se utilizan para la comunicación entre estaciones.

Gradiente del Corredor.-

El corredor seleccionado presenta a lo largo del trayecto un gradiente máximo inferior al 1% (0.6%) con lo cual no existe ningún obstáculo para su trazo y futura entrada en marcha de un posible cualquier tecnología de transporte urbano masivo, incluso un Metro Ligero.

La grafica muestra el perfil del terreno, donde la diferencia de niveles en los 18.3 Km. es de 93 metros. La elevación máxima se encuentra en Santa Lucía con 528 msnm, mientras que la más baja se ubica en Apodaca con 435 msnm.

Figura 32. Perfil del corredor y gradiente



Fuente: Google Earth

2.3 Balance de Oferta y Demanda de Transporte en la Situación Actual

2.3.1 Características Principales de Oferta

La caracterización de la oferta en modelación se concreta a partir de dos elementos: una red de vialidades y una red de transporte público. La oferta de transporte lo constituye, en el caso del transporte público, los servicios que se prestan a la población en su conjunto. Para caracterizar estos servicios es necesario trazar, sobre una red de vialidades previamente caracterizada por nodos, arcos, conectores y centroides, el conjunto de rutas que prestan el servicio actualmente así como sus datos de operación.

Caracterización de la red de vialidades.-

Para la modelación se utiliza una red conformada por vialidades primarias y secundarias bidireccionales en todos los casos. La información con la que cuenta los arcos de la red corresponde principalmente al nombre de las calles, capacidad de las vías, velocidades de circulación y tiempos de recorrido.

Figura 33. Red vial de la zona de estudio



Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio.

Figura 34. Base de datos de la capa de Red Vial

CAPACITY/NAME	DESCRIPTION	X_0	Y_0	X_1	Y_1	VELOCIDAD	TIEMPO	TIPO	CAPACIDAD
1050 AV MANUEL ORDOÑEZ	CA1 vial-950	310.000000	406.500000	406.130000	417.500000	35.000000	0.114749	6	1050
2000 Av M Ordóñez	CA1 vial-950	432.970000	602.000000	343.440000	639.500000	35.000000	0.632863	2	2000
2000 AV MANUEL ORDOÑEZ	CA1 vial-950	343.440000	639.500000	148.500000	627.500000	35.000000	0.257318	2	2000
2000 Av M Ordóñez	CA1 vial-950	735.220000	411.250000	148.500000	627.500000	35.000000	0.793386	2	2000
0		367.650000	704.500000	228.130000	228.500000	32.000000	42.571256	0	100
0		737.650000	173.500000	215.310000	33.250000	32.000000	9.566933	0	100
0		215.310000	33.250000	58.720000	274.500000	32.000000	15.531446	0	100
0		612.720000	374.000000	336.340000	210.500000	32.000000	6.423828	0	100
0		336.340000	210.500000	227.750000	148.500000	32.000000	2.508415	0	100
0		625.160000	649.750000	887.220000	170.250000	32.000000	116.723919	0	100
0		932.890000	162.750000	601.780000	887.750000	32.000000	26.346682	0	100
0		887.220000	170.250000	601.780000	887.750000	32.000000	114.958798	0	100
975 AV MANUEL J. CLOUTIER	CA1 vial-30	823.720000	332.750000	357.530000	204.500000	30.000000	2.196806	2	975
975 AV MANUEL J. CLOUTIER	CA1 vial-30	716.560000	129.000000	357.530000	204.500000	30.000000	1.467332	2	975
950 AV PERIMETRAL	CA1 vial-0	6.440000	889.500000	348.340000	229.750000	32.000000	2.889364	3	850
950 AV PERIMETRAL	CA1 vial-0	693.000000	558.000000	348.340000	229.750000	32.000000	2.708549	3	850
950 AV PERIMETRAL	CA1 vial-0	693.000000	558.000000	104.000000	852.000000	32.000000	2.482513	3	850
700 15 PONIENTE	CA1 vial-0	521.000000	497.000000	104.000000	852.000000	32.000000	1.493536	6	700
950 AV PERIMETRAL	CA1 vial-0	104.000000	852.000000	821.660000	11.750000	32.000000	1.216378	3	850
950 AV PERIMETRAL SUR	CA1 vial-0	509.000000	194.000000	137.130000	866.000000	32.000000	2.658889	3	850
700 AV PERIMETRAL	CA1 vial-0	348.340000	229.750000	137.130000	866.000000	32.000000	1.562623	6	700
700 AV PERIMETRAL	CA1 vial-0	66.340000	710.000000	137.130000	866.000000	32.000000	0.642517	6	700
520	CA1 vial-0	821.660000	11.750000	661.000000	596.000000	32.000000	1.671994	7	520
950 AV PERIMETRAL SUR	CA1 vial-0	521.000000	497.000000	661.000000	596.000000	32.000000	1.043950	3	850
975 AV MANUEL J. CLOUTIER	CA1 vial-30	151.380000	577.750000	812.750000	452.750000	30.000000	2.667324	2	975
700 San José	CA1 vial-0	6.440000	889.500000	812.750000	452.750000	32.000000	0.829485	0	700
1400 BENITO JUAREZ	CA1 vial-40	77.500000	7.250000	409.090000	338.750000	40.000000	1.406950	6	1400
4200 BLVD GUSTAVO DIAZ ORDAZ	CA1 vial-70	167.500000	403.750000	409.090000	338.750000	70.000000	0.428823	2	4200
700 B JUAREZ	CA1 vial-0	518.160000	472.250000	409.090000	338.750000	32.000000	0.646584	6	700
1400 BENITO JUAREZ	CA1 vial-0	921.250000	878.750000	77.500000	7.250000	32.000000	0.758486	6	1400
700 ZARAGOZA	CA1 vial-0	959.310000	814.000000	921.250000	878.750000	32.000000	0.281748	6	700
0		989.500000	181.500000	313.380000	991.000000	32.000000	7.517058	0	100
2600 BLVD GUSTAVO DIAZ ORDAZ	CA1 vial-80	987.000000	715.000000	982.660000	393.500000	80.000000	24.244292	0	2600
700 Las Huertas	CA1 vial-0	749.810000	424.500000	982.660000	393.500000	32.000000	19.622886	0	700
700 Callejón del Marañ	CA1 vial-0	166.000000	143.000000	982.660000	393.500000	32.000000	15.890995	0	700
200 CALLE 10	CA1 vial-0	125.570000	885.500000	143.320000	871.000000	32.000000	1.042502	6	200

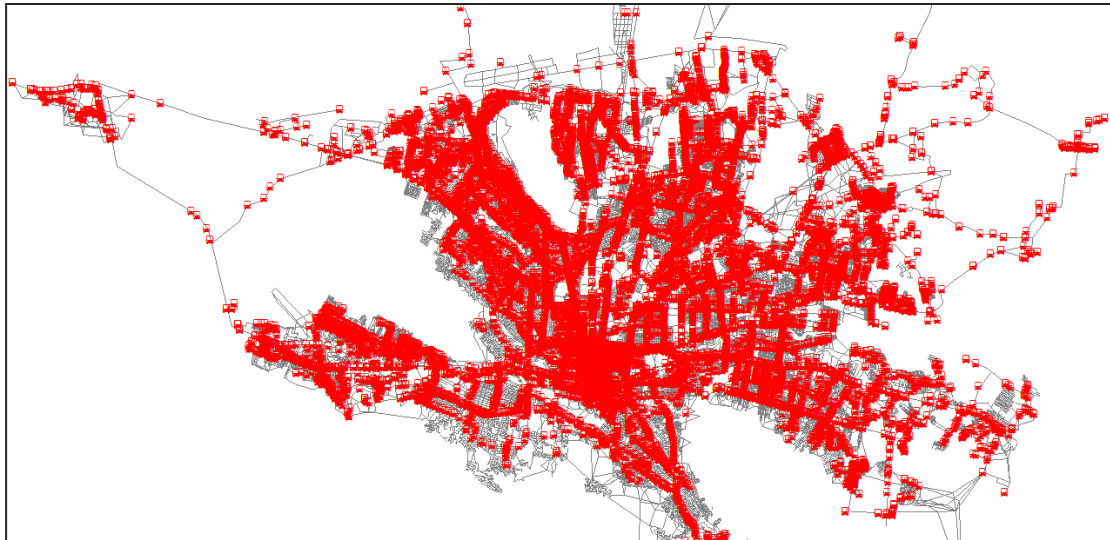
Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio.

Caracterización de la red de transporte público.-

El sistema de rutas actuales se conforma esencialmente de dos elementos: a) una capa de paradas de las líneas de transporte público y b) la red de rutas o servicios de transporte público con sus correspondientes datos operativos.

Capa de paradas. Se tienen registrados 30,929 paradas en todo el sistema de transporte. En la siguiente figura se muestra la distribución de paradas del modelo utilizado.

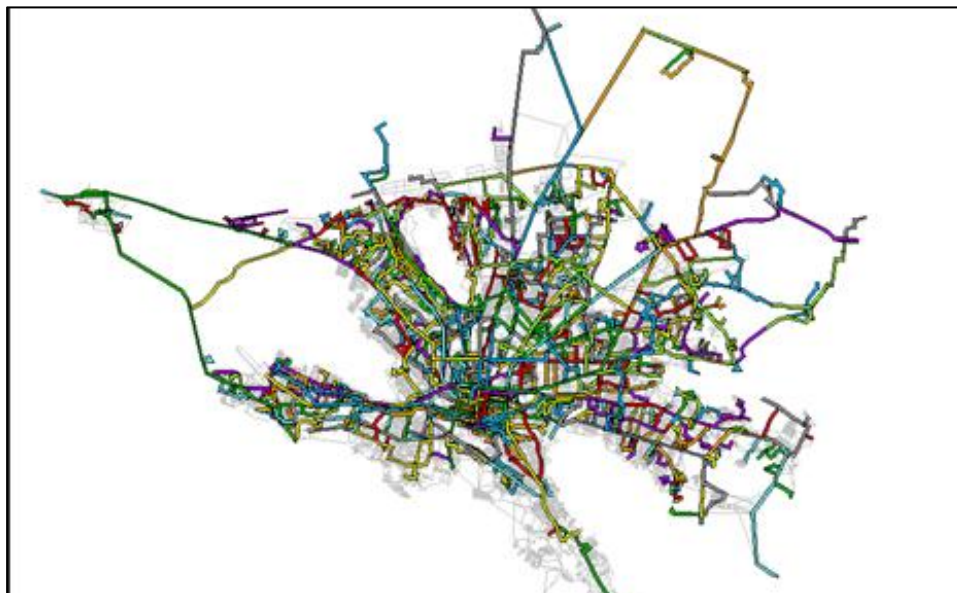
Figura 35. Paradas incluidas en la modelaje



Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio.

Red de Transporte público. En ambos antecedentes de modelación las rutas están representadas por arcos que se conectan de forma consecutiva con las paradas previamente ubicadas hasta completar el recorrido o trazo de una ruta determinada. En el sistema de rutas de estos antecedentes, se tienen trazadas 361 rutas codificadas que corresponden a la cobertura de transporte público de la Zona Metropolitana de Monterrey que incluye autobuses y líneas del metro.

Figura 36. Red de transporte público utilizada en el modelaje



Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio.

En la situación actual, la demanda de transporte de personas es atendida mediante una compleja red de rutas que utilizan algunos tramos del Corredor L3 como paso a orígenes-destinos fuera del corredor, lo anterior ocasiona que la demanda sobre el corredor sea atendida como rutas intermedias en tramos específicos, como se muestra más adelante.

Figura 37. Rutas directamente involucradas con la demanda por servir



Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio.

La oferta directamente relacionada con el Corredor es de 25 rutas que en total cuentan con 298 unidades y recorren itinerarios que suman 1307 km, en conjunto prestan servicios por 9,564 veh-km, con los indicadores que se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Principales características de la oferta asociada al Corredor

RUTA	RAMAL	LT (KM)	INICIO	TERMINO	INTERVALO DE PASO (min)	T. R. PROM.	Unidades en servicio	(Unidades por hora)	Horas de servicio por día	VC	Vueltas/día	Veh-Km situación actual (día)
104	Real de Palmas-Apodaca-Citadel	75.1	S/D	S/D	14	156	11	4	19	29	7	549
104	Artemio Treviño-Apodaca-Citadel	35.8	S/D	S/D	13.5	162	11	4	19	13	7	252
105	Apodaca – Centro	43	04:00	S/D	13.5	128.6	9	4	19	20	9	381
105	Pueblo Nuevo- San Isidro	47	03:50	23:00	9.03	138.3	15	7	19	20	8	387
105	Misión de Huinala	51	04:05	00:30	10.9	134	13	6	20	23	9	457
109	Apodaca	50	04:00	23:00	8	144	18	8	19	21	8	396
109	San Isidro	45.2	04:00	22:30	6	122	21	10	19	22	9	422
111	Directo Pesqueria Col. Une	77	04:00	22:45	12	190	15	5	19	24	6	462
111	Real de Palmas - La Fe	58	04:00	01:10	13	158	10	5	21	22	8	463
111	Pesquería- Zacatecas	24.8	04:00	22:00	44	180	5	1	18	8	6	149
111	Parques Monterrey	77	05:00	21:30	30	90	3	2	17	51	11	873
111	Ramones	180	S/D	S/D	70		2	1	19			
117	Fomerrey 11	32	04:45	22:30	10.47	115	10	6	18	17	9	301
117	Unidad Laboral- Independencia	39	04:45	22:00	7	126	13	9	18	19	9	334
117	Santa Rosa	57	05:00	00:40	18	130	5	3	20	26	9	526
117	Quinta Colonial	45	04:30	22:20	14.42	125	10	4	18	22	9	389
117	Paseo Prados	66	05:00	22:30	11	140	13	5	18	28	8	509
124	Directo	45.1	05:00	22:00	25	120	4	2	17	23	9	383
124	Unidad Laboral	38.42	04:30	00:30	10.36	175.6	16	6	20	13	7	263
124	Mezquital - Nuevo Amanecer	39	04:00	23:00	12.26	172.3	14	5	19	14	7	258
211	San Miguel	53.5	04:35	22:40	8	176	18	8	18	18	6	328
211	York	50	04:30	01:20	7	168	20	9	21	18	8	375
322	Nogalar Amp 30 Matamoros	29	04:00	00:30	7	70	16	9	20	25	17	497
324	Carmen Romano - Matamoros	25	05:00	23:30	7.3	80	10	8	19	19	14	356
325	Matamoros	24	04:50	22:40	6.16	102	16	10	18	14	11	254
		1,307				132	298		19	20	8	9,564

Fuente: Bases de datos Agencia Estatal de Transporte 2010.

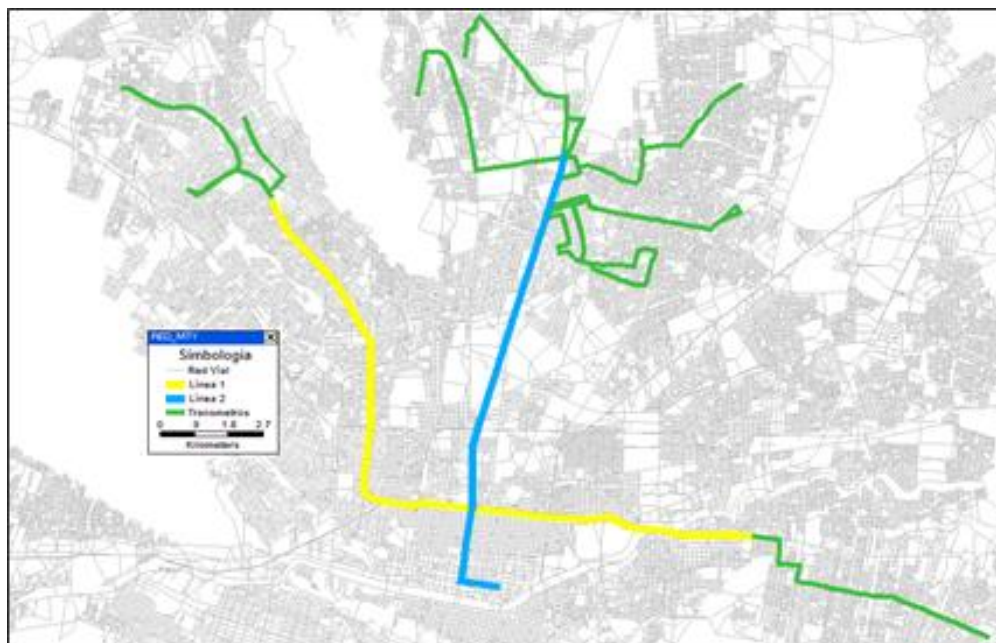
2.3.2 Estimación de la demanda la Línea 3 del STC Metrorrey y sus servicios complementarios

El proceso de modelación de la demanda, utiliza un modelo de redes, apoyándose para los procesos en el software TRANSCAD. Retoma los dos últimos proyectos de transporte urbano masivo en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) y lleva a cabo un proceso de actualización que incorpora e incluye los siguientes estudios o bases de datos y tareas:

- a) Extensión Línea 2, 2005: Matriz de 236,960 viajes (HMD matutina) a partir de una encuesta domiciliaria (CETVY).
- b) Corredor Lincoln – Ruíz Cortines (LRC), 2008: Retoma matriz 2005 y ajusta con trabajos de Frecuencia de Paso y Ocupación Visual (FPOV) y Ascenso – Descenso (AD) en corredor. Mismo tamaño de la matriz, distinta distribución espacial.
- c) En la estimación de demanda se tomó como punto de partida el modelo utilizado para estimar la demanda del corredor LRC, mejorándolo en los siguientes términos:
 - Actualización de la oferta: inclusión en la red de transporte público de los servicios de TRANSMETRO que operan actualmente como rutas alimentadoras de la línea 2 del metro.
 - Actualización de la demanda: inclusión de 60 puntos de frecuencia de paso y carga e inclusión de tablas de ascensos y descensos para todas las estaciones de las dos líneas del metro y los TRANSMETROS.
 - Realización de encuestas Origen Destino en transporte público: Se aplicaron más de 12,000 encuestas a bordo de las unidades de los servicios TRANSMETRO y en las estaciones de las líneas 1 y 2 del Metro.
 - Integración tarifaria: inclusión de las tarifas de trasbordo entre los diferentes modos de transporte.
 - Re calibración de la matriz de viajes considerando los tres incisos mencionados anteriormente. Los resultados de estas mejoras se describen a continuación con más detalle agrupándola en términos de actualización de la oferta y de la demanda.
 - Actualización de la oferta de servicios.-Para la modelación de la oferta de servicios del estudio de prefactibilidad de la Línea 3, se incluyeron por un lado, las 5 líneas principales reestructuradas del corredor LRC así como el dimensionamiento y los datos operativos que resultan de dicho proyecto.

Adicionalmente, se incluyeron en la red los servicios Transmetro que fueron puestos en servicio con la extensión de la línea 2 del Metro.

Figura 38. Rutas TRANSMETRO incluidas en la actualización de la oferta.



Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio

Actualización de la demanda de viajes.-

Para actualizar la demanda de viajes se emplearon dos fuentes de información de trabajos de campo: estudios de frecuencia de paso y carga en 60 puntos de la red de transporte de superficie, estudios de ascensos y descensos aplicados en las dos líneas de metro y TRANSMETROS. Estas dos fuentes de información permitieron caracterizar respectivamente el transporte público de superficie y el sistema metro.

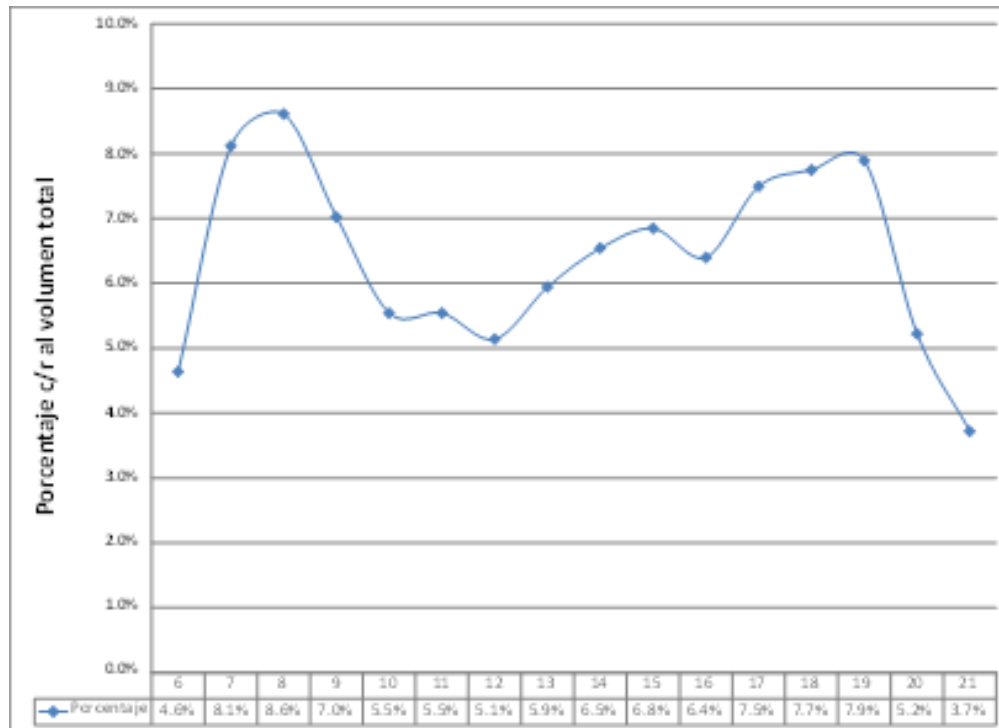
Caracterización del transporte público de superficie.-

Los estudios de frecuencia de paso y ocupación visual (FPOV) se realizaron durante 15 horas, de 6 a 21 horas, en un día laborable entre semana y en un día de fin de semana (Sábado). El análisis de estos puntos arroja el perfil de demanda medio para un día laborable. Estos resultados muestran que:

- Se ratifica la hora de máxima demanda (HMD) de los trabajos previos de modelación por lo que el periodo de modelación en este estudio de pre factibilidad es de 8:00 a 9:00 de la mañana.
- El periodo de máxima demanda representa el 8.6% del total diario. Por lo tanto, un factor de expansión para la demanda de la HMD al día, en las rutas de transporte de superficie, es del orden de 11.6.
- Se identifican dos periodos críticos de demanda al día. Por la mañana (8 a 9 horas) es más pronunciado y representa el 8.6% de la demanda total en tanto que por la tarde (19 a 20 horas) es del 8.0%. El periodo valle tiene lugar alrededor del mediodía con alrededor del 5% del total.

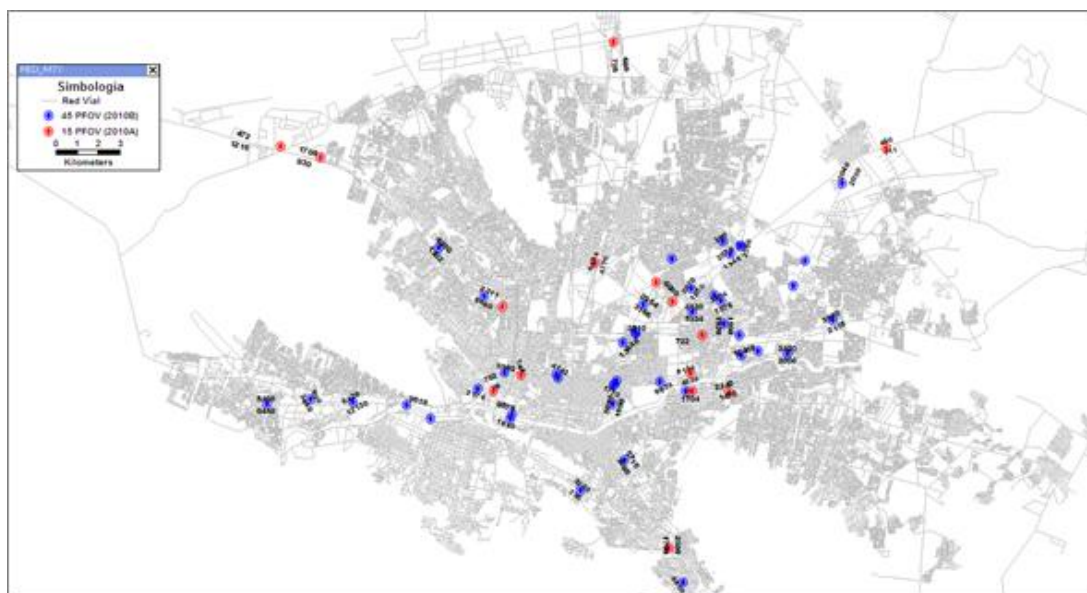
- d) A partir de la identificación de la HMD y la definición del periodo de modelación, se obtuvieron los volúmenes de pasajeros en cada uno de los 60 puntos de FPOV para el tramo horario de 8 a 9 AM. Estos valores fueron integrados finalmente en una tabla para el ajuste del modelo de asignación.

Figura 39. Perfil de demanda en un día laborable en transporte público



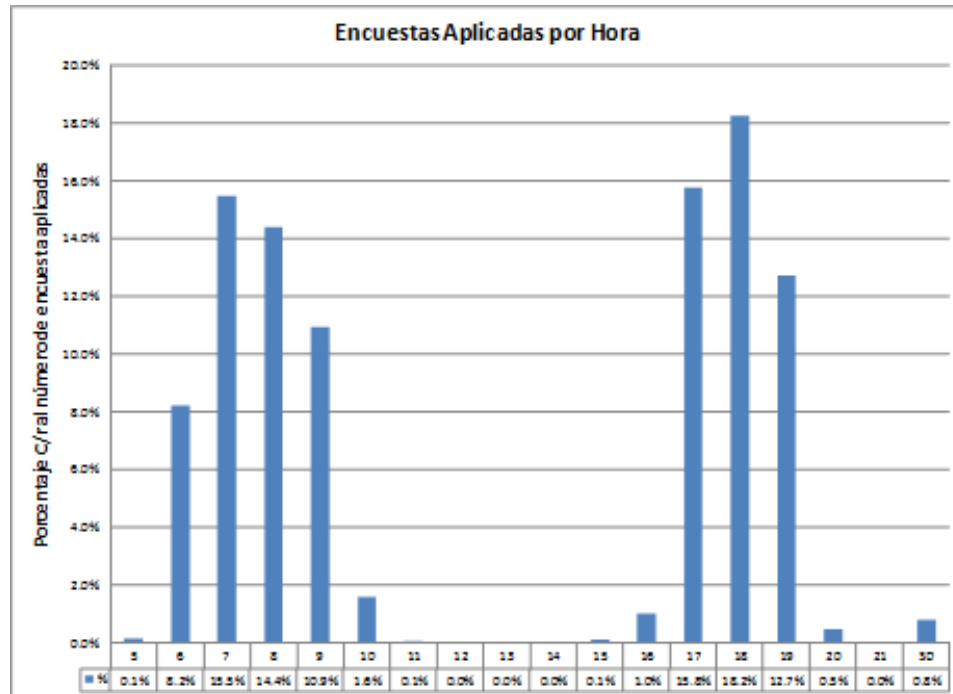
Fuente: Elaboración propia con base en la campaña de trabajos de campo de este estudio.

Figura 40. Demanda en hora pico para calibrar el modelo de asignación.



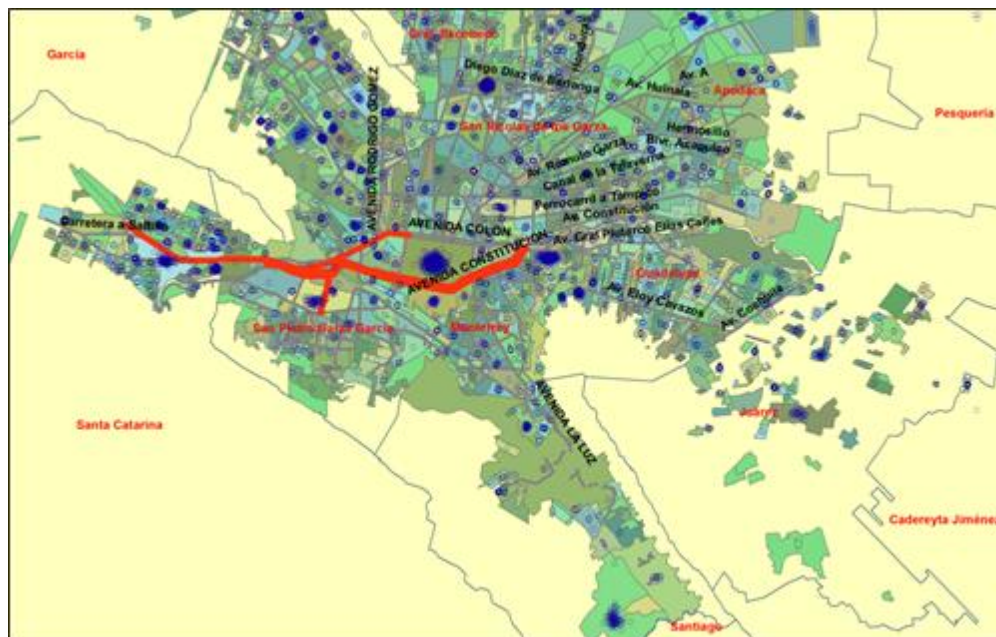
Se realizaron encuestas origen-destino a bordo de las unidades en los TRANSMETROS, en estaciones del metro Línea 1 y 2; y en paradas en las rutas de transporte público durante 16 horas (de 5 a 21 hrs) aplicando un total de 13, 389 encuestas.

Figura 41. Distribución horario de aplicación encuestas origen-destino



Fuente: Elaboración propia con base en la campaña de trabajos de campo de este estudio.

Figura 42. Sembrado encuestas origen-destino



Fuente: Elaboración propia con base en la campaña de trabajos de campo de este estudio.

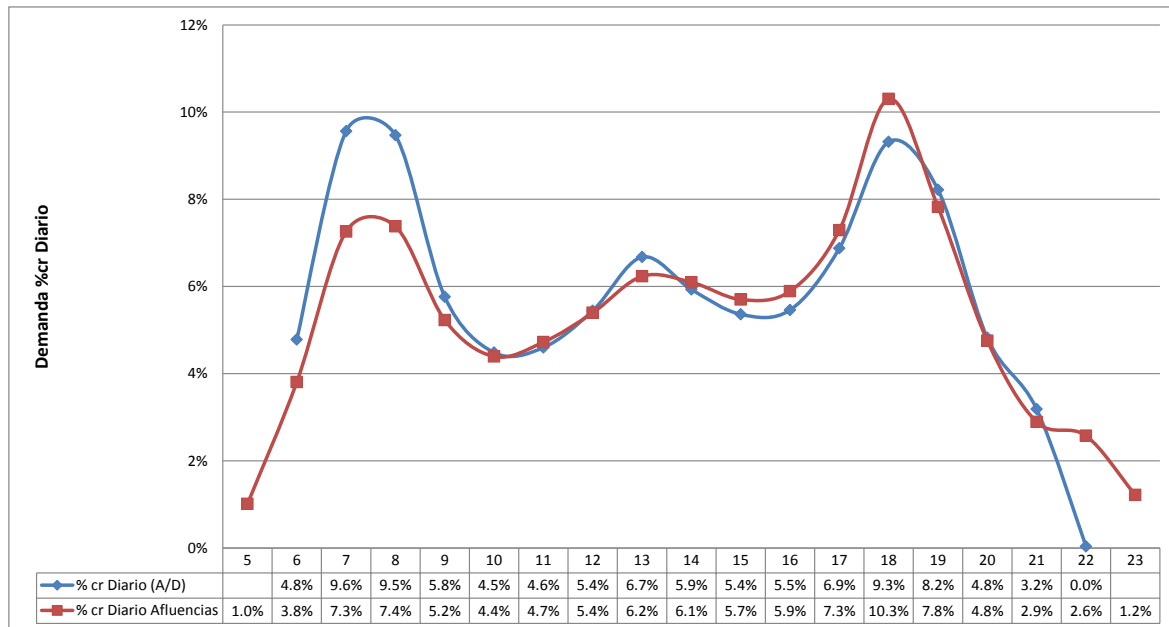
Caracterización del STC Metrorrey

Para caracterizar la demanda en las dos líneas actuales del metro, se realizaron estudios de ascensos y descensos (AD) en todas las estaciones de este sistema durante 15 horas, de 6 a 21 horas, en un día laborable entre semana y en un día de fin de semana (Sábado). El análisis de estos puntos arroja el perfil de demanda medio para un día laborable, los resultados muestran que:

- a) Conforme a los datos del estudio de AD y el perfil horario de usuarios, la hora de máxima demanda (HMD) se presenta de 8:00 a 9:00 de la mañana. Sin embargo, es importante considerar que el horario de servicio del metro es de 18 horas (de 5 a 23 horas) por lo que va más allá del periodo en que se realizaron los estudios de AD (15 horas). Por ello, es necesario interpretar cuidadosamente estos resultados. En efecto, considerando los datos de afluencia media diaria de Metrorrey, se tienen dos periodos de demanda crítica: por la mañana de 8 a 9 y por la tarde de 18 a 19 horas correspondiendo a este último la hora de máxima demanda con el 10% del total de la afluencia reportada en tanto que por la mañana este representa únicamente el 7.4%.
- b) El periodo de máxima demanda que será empleado para la modelación (8 a 9 horas) representa el 7.4% del total diario si se toma en cuenta las afluencias y hasta 10% si se considera los estudios de AD. Por lo tanto, un factor de expansión para la demanda de la HMD al día, en el sistema metro, es del orden de 10 a 13.5 siendo el valor de 13.5 el más robusto porque incluye las afluencias de todo el horario de servicio del metro.
- c) A partir del estudio de afluencia, se identifican dos periodos críticos de demanda al día. Por la mañana (8 a 9 horas) es más pronunciado y representa el 8.6% de la demanda total en tanto que por la tarde (19 a 20 horas) es del 8.0%. El periodo valle tiene lugar alrededor del mediodía con alrededor del 5% del total.

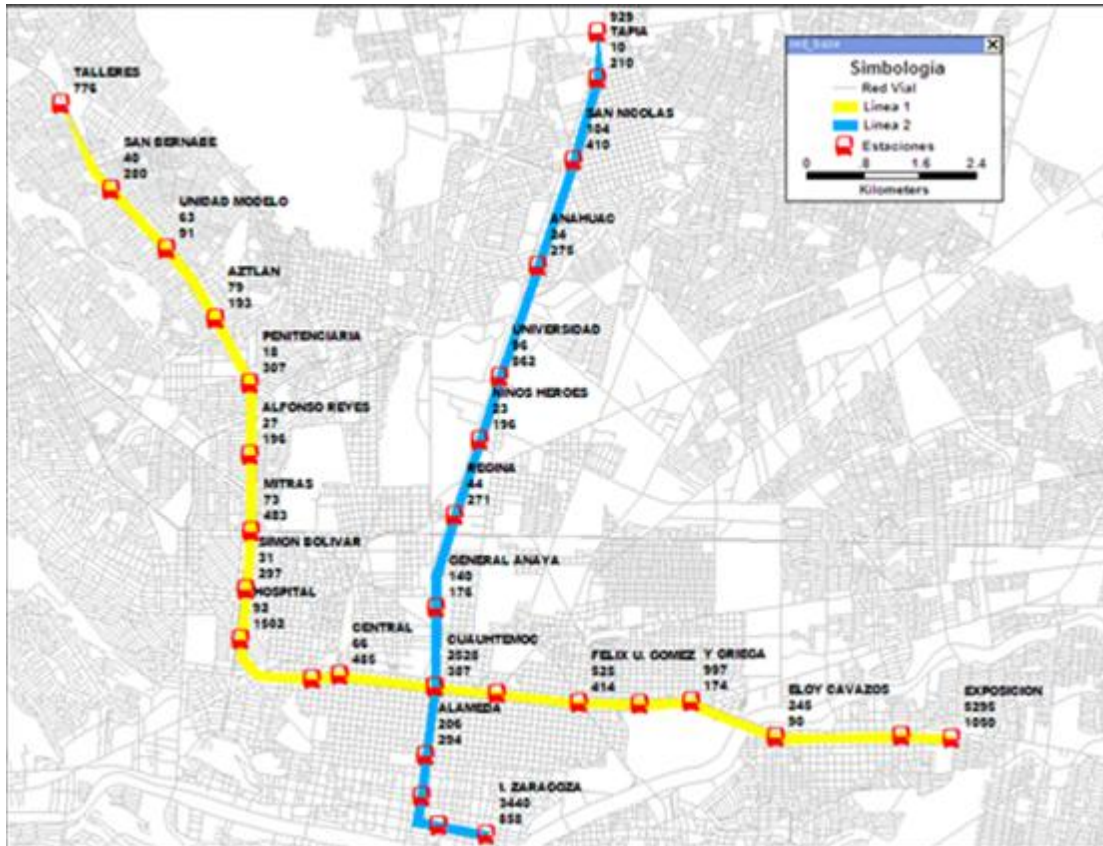
De forma análoga que para el transporte de superficie, una vez identificado el periodo de modelación, se procedió a integrar la tabla de ascensos y descensos que es empleada como insumo para llevar a cabo el segundo nivel de ajuste de la matriz de viajes.

Figura 43. Perfil de demanda en un día laborable entre semana para el Metro



Fuente: Elaboración propia con base en datos de los estudios de ascenso y descenso en la red Metro.

Figura 44. Demanda horaria en la red Metro para el ajuste del modelo de asignación.



Integración tarifaria.-

Considerando que la integración tarifaria es una directiva que se alcanzará en el corto plazo en el sistema de transporte público del AMM, para el modelo de asignación es necesario incluir esta posibilidad a través de una tabla de costos por trasbordo. Esta tabla indica el costo que se paga al pasar de un modo al otro. Cuando existe integración tarifaria entre dos modos de transporte la tarifa de transbordo es nula ya que el usuario paga al iniciar su traslado en cualquiera de los dos modos que operen de forma integrada.

En la siguiente tabla, se muestra a título de ejemplo, la estructura tarifaria para una tarifa de 7.50 para el metro Línea 3 y manteniendo la tarifa actual de \$4.5 para las Líneas 1 y 2, considerándose que las rutas de TRANSMETRO y Metrobús están integradas a nivel tarifario.

En las asignaciones realizadas para estimar la demanda de la futura línea 3 del Metro se incluye de manera sistemática una tabla de trasbordos similar. Este insumo es fundamental para caracterizar la operación del metro con un sistema de rutas alimentadoras sin generar distorsiones en la asignación de pasajeros.

Tabla 12. Estructura tarifaria empleada para caracterizar el trasbordo entre modos de transporte a una tarifa de 7.50 pesos

De A>	Radial	Periférica	Microbus	Intermunicipal	Metro L1 y L2	Metrobus Actual	Transmetro Actual	Suburbana	L3	Transmetro L3	Troncal LRC	Alimentadora LRC
Radial	7.5	8	7.5	7.5	4.5	8	4.5	10	7.5	7.5	7.5	7.5
Periférica	7.5	8	7.5	7.5	4.5	8	4.5	10	7.5	7.5	7.5	7.5
Microbus	7.5	8	7.5	7.5	4.5	8	4.5	10	7.5	7.5	7.5	7.5
Intermunicipal	7.5	8	7.5	7.5	4.5	8	4.5	10	7.5	7.5	7.5	7.5
Metro L1 y L2	7.5	8	7.5	7.5	0	0	0	10	3	3	4.5	4.5
Metrobus Actual	7.5	8	7.5	7.5	0	8	4.5	10	7.5	7.5	3.5	3.5
Transmetro Actual	7.5	8	7.5	7.5	0	8	0	10	7.5	7.5	3.5	3.5
Suburbana	7.5	8	7.5	7.5	4.5	8	4.5	10	7.5	7.5	7.5	7.5
L3	7.5	8	7.5	7.5	0	8	4.5	10	0	0	7.5	7.5
Transmetro L3	7.5	8	7.5	7.5	7.5	8	4.5	10	0	0	7.5	7.5
Troncal LRC	7.5	8	7.5	7.5	4.5	3.5	3.5	10	7.5	7.5	7.5	2
Alimentadora LRC	7.5	8	7.5	7.5	4.5	3.5	3.5	10	7.5	7.5	2	7.5

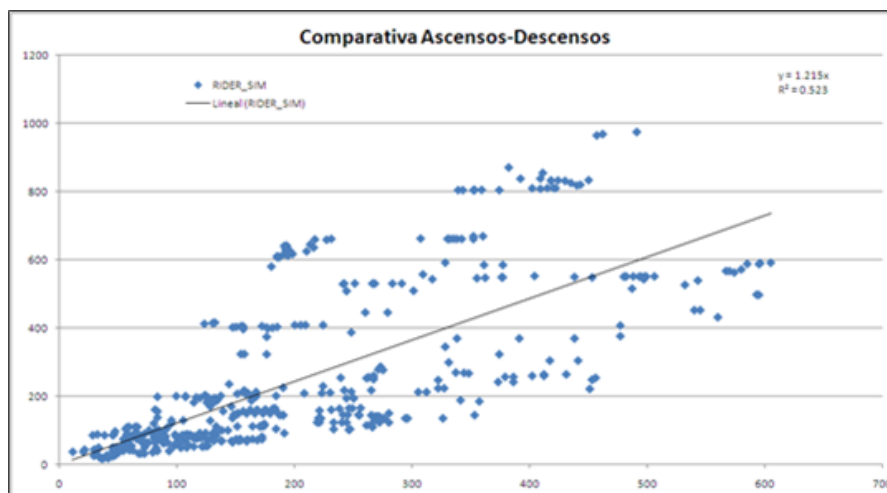
Calibración del modelo y matriz de viajes.-

Siguiendo los criterios y niveles de ajuste de la matriz de viajes utilizados en el corredor Lincoln-Ruiz Cortines, el modelo de asignación fue ajustado a dos niveles:

Ajuste a nivel de ascensos y descensos.-

Este nivel de ajuste aplica para el sistema de transporte metro y consiste en lograr que el modelo de asignación replique los volúmenes de ascenso/descenso de pasajeros observados de 8 a 9 de la mañana en las 31 estaciones del metro. En la siguiente figura se muestra la calidad del ajuste obtenido para replicar estas observaciones. El coeficiente de correlación obtenido es de alrededor del 52% el cual representa una calidad de ajuste mínima requerida en la modelación de sistemas de transporte similares a la del tamaño del AMM.

Figura 45. Calibración por ascenso-descenso en estaciones Metro (8-9 AM).



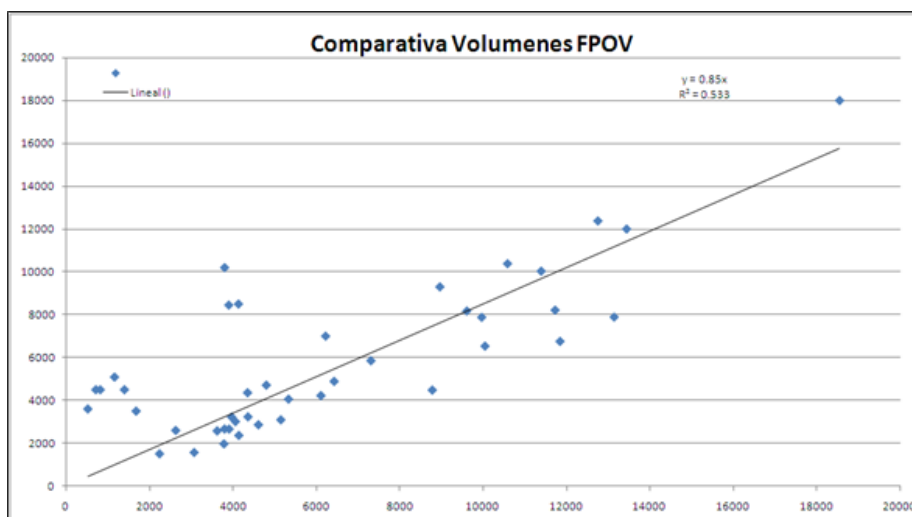
Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio con base en los estudios de ascenso y descenso en Metro

Ajuste a nivel de volúmenes de pasajeros

El ajuste a nivel de volúmenes de pasajeros en la sección transversal de una vialidad aplica para el transporte de superficie y fue utilizado como segundo nivel de calibración del modelo de asignación. En este caso, el proceso de ajuste consiste en lograr que el modelo replique los volúmenes de pasajeros observados en los puntos de FPOV para el periodo modelado. La correlación obtenida para este nivel de ajuste es cercana al 60%, valor que se considera como bueno en la modelación de redes de tamaño similar. Es importante señalar que a este nivel de ajuste se tomaron en cuenta dos fuentes de información:

- Los 35 puntos de FPOV utilizados en el ajuste del modelo empleado para obtener la demanda del corredor LRC.
- Los 60 puntos de FPOV realizados para el presente proyecto.

Figura 46. Calibreación por demanda el Sistema Tradicional (8-9 AM)



Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio, con base en los estudios de frecuencia de paso y ocupación.

Resultados del ajuste

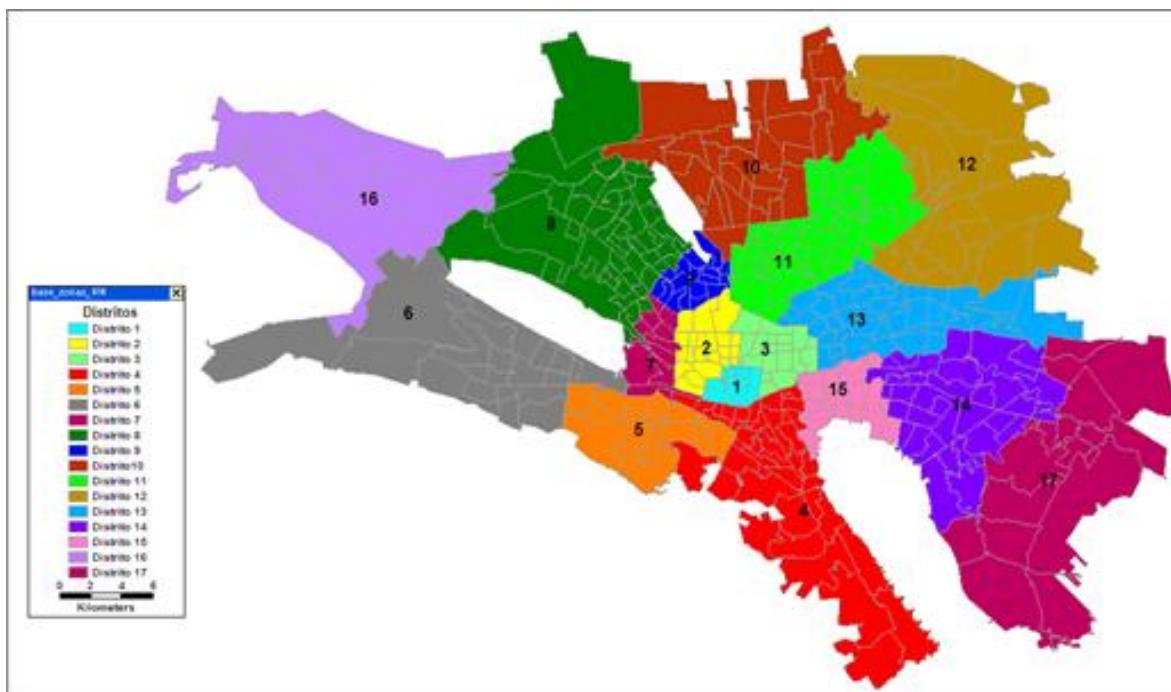
Una vez concluido el proceso de ajuste de la matriz de viajes y los datos operativos del sistema de rutas para replicar de forma confiable los datos observados de frecuencia de paso y ascensos y descensos, se obtuvo una matriz de viajes de 367,000 viajes para el periodo de 8 a 9 de la mañana. La matriz está conformada por pares origen-destino entre los 1,306 AGEBS. Para entender las tendencias de movilidad que esta matriz representa, es necesario agregarla en unidades espaciales mayores. En este sentido se obtuvieron dos niveles de agregación espacial: a nivel de distritos y a nivel de macrozonas en la que se distingue el trazo de los corredores propuesto para la Línea 3.

Agregación de la matriz OD ajustada a nivel de distritos

Este criterio de agregación ha sido utilizado por el CETyV para diversos procesos de caracterización de la generación, atracción y distribución de viajes. De esta matriz agregada se puede distinguir lo siguiente:

- El distrito que genera y atrae más viajes es el 11 (al norte), ya que a él se dirigen más de 65 mil viajes y de ahí salen alrededor de 26 mil.
- Un segundo distrito de importancia es el 13 (al oriente) ya que de ahí se generan y atraen alrededor de 44 y 61 mil viajes respectivamente. Es precisamente en esta cuenca donde se proponen las variantes de la línea 3 del metro hacia el norponiente.

Figura 47. Distritos utilizados para la agregación de la matriz de viajes



Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio

Tabla 13. Matriz de viajes ajustada agregada por distritos

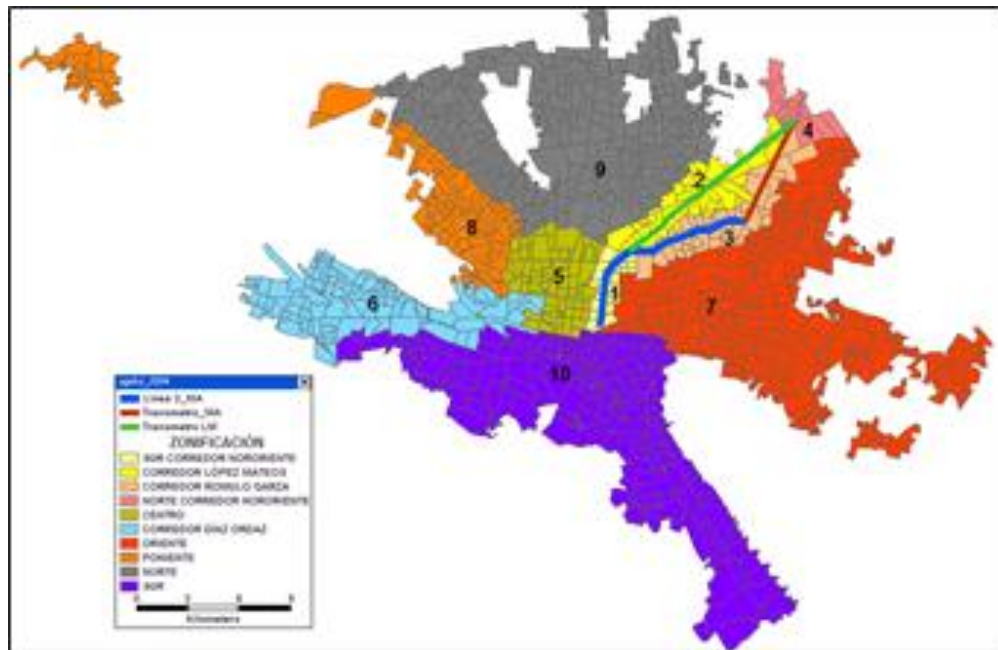
DISTRITO ORI/DES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	TOTAL
1	678	166	68	2,478	64	232	60	406	83	156	380	112	260	96	92	32	20	5,383
2	519	5,678	339	83	42	120	3,909	81	1,453	33	407	16	38	21	20	12	4	12,775
3	688	787	2,006	24	8	25	36	245	9	8	348	32	914	12	803			5,950
4	8,311	2,073	4,414	3,719	551	107	1,289	17	32	28	2,420	68	457	33	171			23,689
5	77	857	8	39	364	161	48	45		24	36	12	20		4	28	8	1,731
6	778	653	1,224	3,463	7,596	13,743	296	115	30	28	413	16	1,221	20	34	100	4	29,733
7	203	1,698	45	1,470	116	45	1,745	1,998	2,127	29	829	12	41	4	28		8	10,400
8	1,169	6,090	3,648	9,929	537	476	2,655	18,469	2,111	955	2,348	370	771	263	262	31	11	50,096
9	650	7,513	762	1,087	27	13	11,966	2,221	2,510	103	3,642	12	282	4	12			30,804
10	9,558	5,368	7,565	7,424	335	39	1,148	192	685	2,806	9,587	191	4,577	1,570	302			51,348
11	640	1,547	2,856	88	26	75	150	97	32	383	12,905	3,311	3,705	85	113	4	18	26,037
12	265	238	337	76	31	31	63	143	19	39	9,303	2,131	1,051	197	119	0	6	14,050
13	2,084	2,359	8,422	1,177	376	1,245	256	318	121	274	16,423	1,468	23,357	2,061	1,183	3	43	61,169
14	764	566	1,552	409	81	103	150	37	17	16	3,420	918	4,826	9,499	621	4	18	23,000
15	390	153	5,681	244	33	29	28	89		46	2,347	61	2,776	813	1,697	6	4	14,397
16	236	307	165	162	2,150	583	108	188	95	107	292	59	179	112	82	504	6	5,336
17	109	71	69	30	6	14	15	30		8	120	22	160	156	71		229	1,109
TOTAL	27,118	36,125	39,161	31,903	12,345	17,040	23,922	24,690	9,325	5,044	65,220	8,812	44,634	14,945	5,614	724	384	367,005

Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio

Agregación de la matriz OD ajustada a nivel de macrozonas

Considerando que existen 3 variantes de trazo para la línea 3 de Metrorrey, se procedió a delimitar el área de influencia de cada variante a partir del área de influencia definida por el AGEB que es atendido en cada caso. De esta manera, se generaron corredores de transporte en el caso de las variantes de trazo y macrozonas en el caso del resto de los AGEBS que integran el AMM. De esta manera se generaron los 3 corredores y 4 macrozonas que se muestran a continuación.

Figura 48. Macrozonas y corredores delimitados en el marco de las variantes de trazo



Fuente: Modelo Transcad desarrollado para el Estudio

Los Corredores analizados se pueden, así se para fines didácticos, con las macrozonas como se indica a continuación:

- a) Corredor Centro-Oriente. Representa la zona de influencia del tramo común de las variantes de trazo de la línea 3 que se proponen sobre las avenidas Félix U. Gómez y Miguel Alemán.
- b) Corredor López Mateos (LM). Representa la zona de influencia de la variante de la línea 3 sobre la avenida López Mateos hasta llegar al Aeropuerto.
- c) Corredor Miguel Alemán (MA). Corresponde a la zona de influencia de la variante norponiente de la línea 3 la cual se propone sobre la avenida Miguel Alemán hasta llegar al Aeropuerto.
- d) Macrozona Apodaca-Aeropuerto. Es el destino común para las variantes de trazo de la línea 3 al norponiente.
- e) Macrozona Centro. Se conforma por la agregación de agebs ubicados en el centro histórico de Monterrey. Se integran con la finalidad de conocer el volumen de generación/atracción de viajes hacia la zona central del AMM.
- f) Corredor Díaz Ordaz-Clouthier (DO). Agregación espacial que delimita el área de influencia de las variantes de trazo de la línea 3 hacia el poniente.
- g) Macrozona Oriente. Es la agregación de agebs que se conforma por el conjunto de agebs que no han sido incluido en los corredores y se encuentran al oriente del AMM.
- h) Macrozona Poniente. Se conforma por la agregación espacial de agebs que se localizan al poniente del AMM y que representan la demanda potencial del corredor LRC.
- i) Macrozona Norte. Se integra con todos los agebs que no forman parte ni de los corredores factibles para la línea 3 ni de la macrozona norponiente o centro.
- j) Macrozona sur. Es el conjunto de agebs que no corresponden a ninguno de los corredores ni macrozonas referidas anteriormente.

Una vez delimitado el AMM en corredores y macrozonas, se procede a agregar la matriz de viajes de agebs a estas entidades espaciales resultando la matriz de viajes que se indica en la siguiente tabla.

Tabla 14. Matriz de viajes ajustada agregada por macrozonas y corredores

MACRO ORI/DES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
1	915	623	46	8	808	22	179	12	215	2,411	5,239
2	526	4,069	1,319	95	381	103	1,635	8	1,430	17	9,583
3	100	1,649	3,537	99	1,350	281	6,399	5	5,204	48	18,670
4	10	29	32	117	44	30	98	8	133	16	517
5	301	241	121	72	6,094	2,811	419	3,112	2,507	274	15,952
6	124	1,324	58	4	2,610	14,262	90	319	450	9,140	28,379
7	6,787	12,768	4,076	328	5,442	2,027	40,935	351	16,604	2,381	91,700
8	401	431	115	29	2,592	3,404	487	15,150	6,926	1,552	31,087
9	6,671	9,946	4,298	1,169	34,515	1,573	5,641	18,559	37,041	19,472	138,885
10	1,818	769	247	20	10,922	4,715	930	68	1,781	5,725	26,992
TOTAL	17,653	31,849	13,846	1,941	64,758	29,228	56,813	37,591	72,291	41,035	367,005

De la matriz agregada por corredores y macrozonas se puede comentar lo siguiente:

- El corredor común a las variantes de López Mateos y Miguel Alemán tiene un potencial de viajes aceptable ya que a este corredor se dirigen más de 13,000 usuarios. Sin embargo, tiene un desequilibrio importante en cuanto a viajes generados ya que de ahí proceden solo 18,000 usuarios.
- El corredor López Mateos si bien tiene un orden de magnitud de viajes similar al de Miguel Alemán presenta un desequilibrio notable puesto que a él llegan más de 31 000 usuarios pero solo 9 000 usuarios parten de él hacia las demás zonas.
- Es de notar, que la matriz de viajes este poco representada en la macrozona Apodaca-Aeropuerto ya que desde este punto solo se generan 517 viajes y se reciben 1,900.
- Finalmente, es de notar que en el sector oriente, los flujos de viajes presentan una tendencia perimetral más que radial. Puede verificarse que el mayor volumen de viajes de los corredores Miguel Alemán y López Mateos hacia el exterior tienen que ver con las zonas aledañas más que con la zona centro.

Análisis de resultados para la Línea 3

El análisis de la línea 3 del metro se realizó a dos niveles. En primer lugar, se seleccionó la variante de trazo más conveniente desde el punto de vista de su captación para posteriormente analizar diversos escenarios de captación para la variante de trazo elegida.

Selección de la variante de trazo

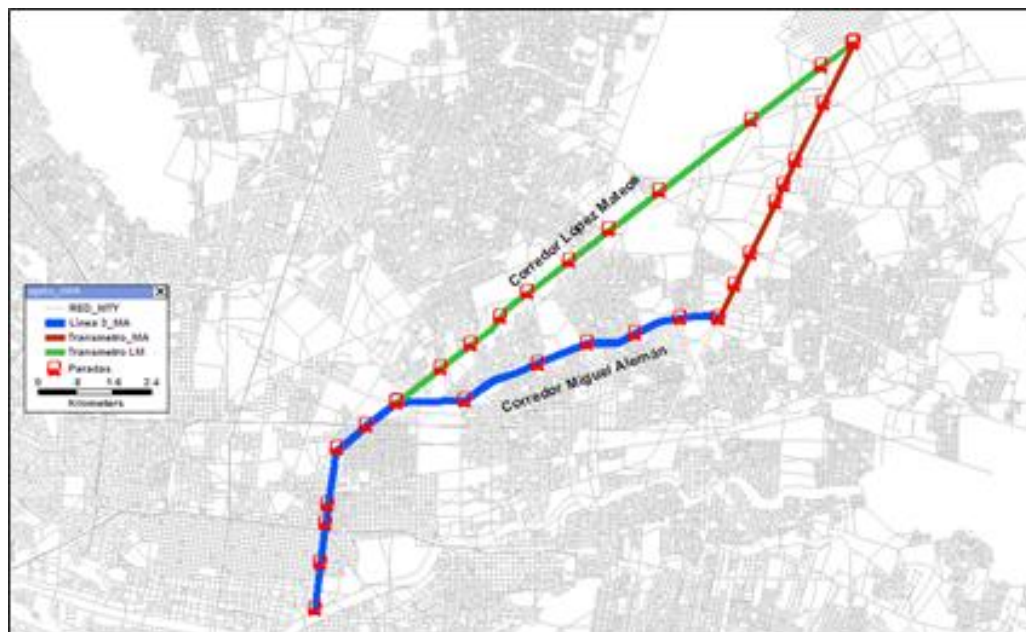
Se han planteado 3 variantes de trazo para la línea 3 del metro para las cuales es necesario determinar la demanda conociendo sus paradas. Estas variantes se muestran en la siguiente figura y se describen a continuación:

L3 - Miguel Alemán (MA): Esta variante de trazo incluye 13 estaciones y 2 terminales. Inicia en Santa Lucía continúa sobre la avenida Félix U. Gómez, deriva hacia una parte de la avenida Rómulo Garza terminando en la intersección con Miguel Alemán.

Transmetro – López Mateos (LM): Esta variante de trazo incluye 11 estaciones y dos terminales. Tiene un trazo similar a la variante sobre Miguel Alemán con la salvedad que a partir de esta avenida su trazo es sobre la avenida López Mateos hasta llegar al Aeropuerto de Monterrey.

Transmetro – Miguel Alemán (MA): Esta variante de trazo incluye 8 estaciones y dos terminales. Incluye el trazo de Miguel Alemán a partir de Rómulo Garza hasta llegar al Aeropuerto de Monterrey.

Figura 49. Variantes de trazo para la línea 3 de Metrorrey



El primer análisis de demanda consiste en determinar cuál de ellos es el más conveniente para realizar un análisis detallado de los escenarios de captación. En este sentido, se definieron cuatro criterios para estimar la demanda de estas alternativas:

Trazo

Según alguna de las cuatro variantes indicadas anteriormente.

Competencia y tecnología.

Se consideran dos alternativas de competencia y de construcción. Las alternativas de competencia son: excluyéndola (CER: competencia excluida con reestructuración) o incluyéndola (CL: Competencia Libre) en tanto que a nivel de construcción y tecnología también se tienen dos alternativas: elevado en todo su trazo (E) y a nivel (N) sobre la cota actual de las vialidades existentes. En el primer caso se considera que la opción tecnológica es un tren ligero o bertro en tanto que en la segundo se considera un BRT. En términos de modelación, estas opciones tecnológicas fueron modeladas de la siguiente manera:

- Metro Ligero: velocidad comercial 35 km/hora. Con capacidad máxima de 900 pax/vagón, intervalo de paso máximo 1 minutos.

- b) BERTRO: velocidad comercial de 35 km/hora. Operado por autobuses biarticulados de 240 pax/unidad e intervalo de paso máximo de 0.66 minutos.
- c) BRT: velocidad comercial de 25 km/hora, con autobuses articulados de 120 pax/unidad e intervalo de paso máximo de 0.66 minutos.

Alimentación.

La alimentación a la variante del trazo considerada puede ser de dos tipos: con las rutas actuales (RA) + servicios TRANSMETRO (TM) coexistiendo (RA+TM) y un escenario de reestructuración de rutas. En términos de modelación los servicios actuales se incluyeron activando en la asignación los servicios con sus características de operación actuales en tanto que los servicios de alimentación se incluyeron a partir de las propuestas de trazo de estas líneas elaborado por Metrorrey y que son diferentes para cada variante de trazo. Los datos operativos en la caracterización de todas estas líneas fueron: tarifa integrada con el metro de 7.50 pesos/viaje, autobuses de 100 pax/unidad, intervalo de paso 4.5 minutos, velocidad de operación 25 km/h.

Servicios de Alimentación para la variante L-3 Miguel Alemán (MA) además de los servicios complementarios.

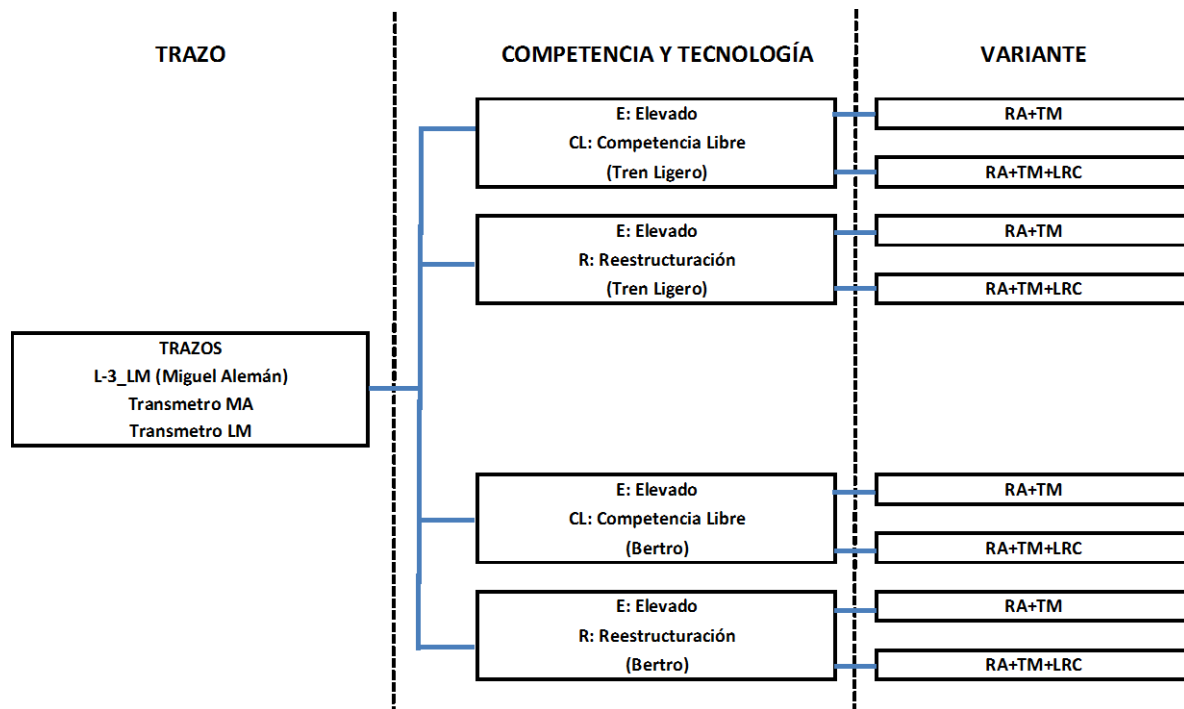
Implica una búsqueda de acuerdos para integrar servicios de alimentación a la Línea 3, bajo la idea de reducir costos a los actuales prestadores del servicio e incentivar la demanda para el corredor principal y las zonas de alimentación.

Tarifa Metro. Se consideró la tarifa para el servicio metro Línea 3 Miguel Alemán a 7.50 y para los servicios metro de Línea 1 y 2 de 4.50.

A partir de los criterios definidos anteriormente se definieron los niveles de variación a considerar para el análisis de las variantes de trazo resultando en 3 asignaciones para cada una de las alternativas de trazo conforme al árbol de simulaciones indicado en el siguiente esquema. Estas asignaciones fueron identificadas de la siguiente forma:

- a) MA: ECL(TREN)-RA+TM
- b) MA: ECL(TREN)-RA+TM+LRC
- c) MA: ER(TREN)-RA+TM
- d) MA: ER(TREN)-RA+TM+LRC
- e) MA: ECL(BTRO)-RA+TM
- f) MA: ECL(BTRO)-RA+TM+LRC
- g) MA: ER(BTRO)-RA+TM
- h) MA: ER(BTRO)-RA+TM+LRC

Figura 50. Estimaciones de demanda realizadas para seleccionar el trazo más conveniente en términos de demanda para la L3.



Los resultados del análisis de variantes por trazo, competencia y tecnología pueden consultarse en la Tabla 15, de esta tabla se obtienen las siguientes conclusiones:

- En condiciones actuales, que se identifica en la tabla como “Base” se puede ver que durante el periodo de modelación de 8 a 9 AM, la línea 1 y 2 del Metro captan casi 32,000 usuarios/HMD. Estos valores constituyen el valor de referencia de demanda.
- La alternativa de trazo de mayor captación, en todas las variantes de captación analizadas, es la que utiliza tren con reestructuración de rutas. Esta alternativa en condiciones con competencia y alimentada por los servicios de METROBUS/TRANSMETRO alcanza una captación de más de 14 mil pasajeros en la HMD en el caso del tren y del BERTRO (alternativas b,d,f y h de la tabla de referencia). Por otra parte, esta alternativa induce una mayor captación de las líneas 1 y 2 del Metro gracias a la interconexión entre estas dos líneas y la línea 3 propiciadas por la configuración de los servicios de alimentación.
- El escenario más conservador posible sería aquel en que aún con alguna reestructuración quedaran ciertos niveles de competencia (así sea para tramos cortos o con rutas de paso desde y hacia otras cuencas), de hecho los datos resultantes lo demuestran pues es fácil observar que la opción más alta captaría casi 55,000 pax en el sistema (opciones b y d) pero con implicaciones de una reestructuración mayor e integración con el sistema Lincoln-Ruiz Cortines

(ECOVIA), por el contrario opciones posibles (con competencia a tarifas de \$ 7.50) reducen la captación a 51,000 pax (opción e) e incluso menos por que en una re estructuración amplia dejarían de atenderse viajes con origen o destino en cuencas distintas a las que se pretende servir (opción g).

- d) El análisis de los datos presentados se puede reducir a señalar la alternativa seleccionada (opción e) pues se considera, en razón de experiencias y los análisis previos, que este sería un opción accesible desde el punto de vista de los recursos y conservadora pues valora la demanda en un escenario de reacomodo de la oferta como resultado de la introducción de los servicios de alimentación.
- e) En la opción base el conjunto de servicios principales (L1, L2 y BERTRO L3) captaría 51,200 pax en HMD, desagregadas por servicio (incluso los servicios alimentadores) como se indica en la opción “e” de la Tabla 16 .

Tabla 15. Captación de las alternativas de trazo Líneas del Metro

id	Trazo	Asignación	L1	L2	L3_MA	Suma (3 líneas)
Base		CA	15,479	17,425		32,904
a	MA	ECL(TREN)-RA+TM75	17,367	21,854	12,955	52,176
b	MA	ECL(TREN)-RA+TM+LRC75	18,824	21,819	14,597	55,240
c	MA	ER(TREN)-RA+TM75	18,283	20,215	13,355	51,853
d	MA	ER(TREN)-RA+TM+LRC75	18,047	21,988	14,871	54,906
e	MA	ECL(BTRO)-RA+TM75	16,591	21,087	13,522	51,200
f	MA	ECL(BTRO)-RA+TM+LRC75	17,190	20,999	14,095	52,284
g	MA	ER(BTRO)-RA+TM75	16,485	20,220	13,816	50,521
h	MA	ER(BTRO)-RA+TM+LRC75	18,824	20,638	14,215	53,677

Fuente: Resultados modelo Transcad

Tabla 16. Captación de las alternativas de trazo Líneas del Metro por componente

id	Trazo	Asignación	L1	L2	L3_MA	TMTRO_MA	TMTRO_LM	ALIMENTACIÓN	TOTAL
Base		CA	15,479	17,425					32,904
a	MA	ECL(TREN)-RA+TM75	17,367	21,854	12,955	1,194	6,552	12,064	71,986
b	MA	ECL(TREN)-RA+TM+LRC75	18,824	21,819	14,597	1,287	7,250	14,328	78,105
c	MA	ER(TREN)-RA+TM75	18,283	20,215	13,355	833	6,127	33,533	92,346
d	MA	ER(TREN)-RA+TM+LRC75	18,047	21,988	14,871	1,263	7,710	35,691	99,570
e	MA	ECL(BTRO)-RA+TM75	16,591	21,087	13,522	1,477	6,514	15,555	74,746
f	MA	ECL(BTRO)-RA+TM+LRC75	17,190	20,999	14,095	1,392	6,805	15,792	76,273
g	MA	ER(BTRO)-RA+TM75	16,485	20,220	13,816	1,476	6,411	36,249	94,657
h	MA	ER(BTRO)-RA+TM+LRC75	18,824	20,638	14,215	1,458	6,929	36,163	98,227

Fuente: Resultados modelo Transcad

Si los datos señalados se expresan como pasajeros diarios resulta entonces que el servicio BERTRO serviría 175,786 pax/día, los servicios complementarios (TMTRO_MA y TMTRO_LM) 103,883 pax/día y el paquete de servicios alimentadores 202,215 pax/día para un total de 481,884 pax/día.

2.3.3 Proyección de la demanda

Los resultados de la modelación proporcionan los usuarios a captar por el proyecto integral, en el año base. A partir de ello se efectúa la proyección de la demanda a 30 años teniendo presente tres fenómenos:

- En la historia del Sistema se ha registrado un incremento de la demanda tras cada intervención, particularmente en la puesta en servicio de la ampliación de la Línea 2 (8 kilómetros Metro y 5 servicios alimentadores) con tasas promedio del 22% anual (2008-2011). Por tanto se asume un periodo de aprendizaje caracterizado por tasas de dos dígitos pero menores a los registrados para ubicar el proyecto en un entorno conservador.
- Crecimiento dinámico de la población en la zona de influencia inmediata del proyecto, en el municipio de Apodaca. CONAPO pronostica 3.4% de crecimiento anual de la población de ese municipio en el periodo 2007 – 2030, 1.5 veces más que el promedio de Metropolitana..
- Consideración de un nivel de saturación para el servicio BERTRO, que se alcanza en el año 12 del periodo de evaluación del proyecto. A partir de ese año, se detiene el crecimiento de la demanda captada por este servicio.

De estos principios derivan las tasas que se aplican a las proyecciones de la demanda:

- Tendencial hasta que termina el periodo de construcción, igual al crecimiento general de los viajes que indica el Plan Sectorial de Transporte y Vialidad (2% anual).
- A partir del año de puesta en operación una tasa del 12% anual por dos años.
- Un año con tasa del 6% anual.
- Luego una tasa del 5% anual, excepto en los servicios BERTRO.

Tabla 17. Evolución de la demanda por tipo de servicio

T	AÑO	SERVICIO BERTRO		SERVICIOS COMPLEMENTARIOS		SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN	
		Pasajeros diarios totales	TMCA de la Demanda	Pasajeros diarios totales	TMCA de la Demanda	Pasajeros diarios totales	TMCA de la Demanda
		pax/día laborable	(%)	pax/día laborable	(%)	pax/día laborable	(%)
0	2012	182,888		104,659		210,384	
1	2013	186,546	2%	106,752	2%	214,592	2%
2	2014	190,276	2%	108,887	2%	218,884	2%
3	2015	213,110	12%	121,953	12%	245,150	12%
4	2016	238,683	12%	136,588	12%	274,568	12%
5	2017	253,004	6%	144,783	6%	291,042	6%
6	2018	265,654	5%	152,022	5%	305,594	5%
7	2019	278,937	5%	159,623	5%	320,874	5%
8	2020	292,883	5%	167,604	5%	336,918	5%
9	2021	307,528	5%	175,985	5%	353,764	5%
10	2022	322,904	5%	184,784	5%	371,452	5%
11	2023	339,049	5%	194,023	5%	390,024	5%
12	2024	356,002	5%	203,724	5%	409,526	5%
13	2025	356,002	0%	213,910	5%	430,002	5%
14	2026	356,002	0%	224,606	5%	451,502	5%
15	2027	356,002	0%	235,836	5%	474,077	5%
16	2028	356,002	0%	247,628	5%	497,781	5%
17	2029	356,002	0%	260,010	5%	522,670	5%
18	2030	356,002	0%	273,010	5%	548,803	5%
19	2031	356,002	0%	286,661	5%	576,244	5%
20	2032	356,002	0%	300,994	5%	605,056	5%
21	2033	356,002	0%	316,043	5%	635,309	5%
22	2034	356,002	0%	331,845	5%	667,074	5%
23	2035	356,002	0%	348,438	5%	700,428	5%
24	2036	356,002	0%	365,860	5%	735,449	5%
25	2037	356,002	0%	384,152	5%	772,222	5%
26	2038	356,002	0%	403,360	5%	810,833	5%
27	2039	356,002	0%	423,528	5%	851,374	5%
28	2040	356,002	0%	444,705	5%	893,943	5%
29	2041	356,002	0%	466,940	5%	938,640	5%
30	2042	356,002	0%	490,287	5%	985,572	5%

Fuente: Resultados modelo Transcad

2.4 Descripción de la Situación Actual Optimizada

En la situación actual la demanda es atendida mediante un sistema de rutas mayormente radiales en un sistema de equilibrios territoriales, es decir tienen una cierta “exclusividad” en las zonas más externas y confluyen en las vialidades del centro metropolitano. Lo relevante en esta primer definición implica que los actuales servicios sirven al corredor y sus zonas de alimentación, como se muestra en la Figura 51 e implica que los procesos de reestructuración y optimización se trabajarán con 25 rutas que suman 293 unidades.

Figura 51. Servicios directamente asociados al corredor por intervenir

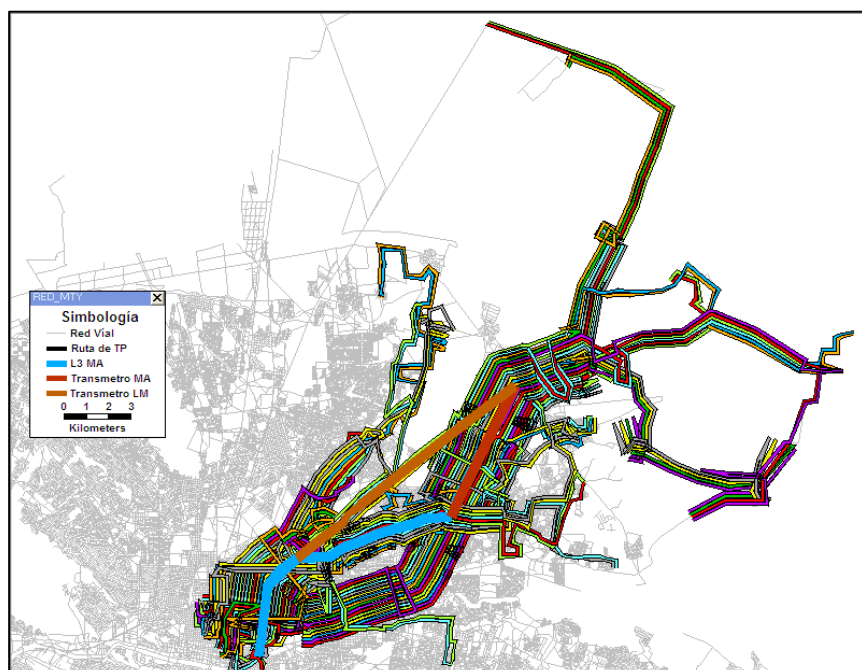


Tabla 18. Rutas asociadas al sistema por intervenir

RUTA	RAMAL	RUTA	RAMAL
104	Real de Palmas-Apodaca-Citadel	117	Unidad Laboral- Independencia
104	Artemio Treviño-Apodaca-Ctadel	117	Santa Rosa
105	Apodaca – Centro	117	Quinta Colonial
105	Pueblo Nuevo- San Isidro	117	Paseo Prados
105	Misión de Huinala	124	Directo
109	Apodaca	124	Unidad Laboral
109	San Isidro	124	Mezquital - Nuevo Amanecer
111	Directo Pesqueria Col. Une	211	San Miguel
111	Real de Palmas - La Fe	211	York
111	Pesquería- Zacatecas	322	Nogalar Amp 30 Matamoros
111	Parques Monterrey	324	Carmen Romano - Matamoros
111	Ramones	325	Matamoros
117	Fomerrey 11		

La situación actual optimizada se define como las acciones que las entidades o gobiernos ejecutarían de no tener los recursos para ejecutar el proyecto, es decir medidas de bajo costo que permitan mejorar los actuales servicios generando el máximo de beneficios sociales con las menores inversiones posibles.

En la práctica reorganizar (optimizar) un sistema de transporte que se asemeja a una organización monopólica regional (cierta exclusividad en las zonas de alimentación con mercados compartidos en las zonas centrales) resulta casi imposible pues coordinar los servicios introduciendo ciertos grados de integración, más tarifaria que física, implica cambiar el modelo de negocios y por ende “poner en riesgo” los equilibrios y la rentabilidad de los operadores. No obstante es posible plantear un proceso de optimización en donde coincida lo alcanzable con la necesidad de identificar y excluir del análisis los beneficios que podrían lograrse sin las inversiones que el proyecto requiere.

Así se plantea una optimización en dos etapas: la práctica o alcanzable y la de orden metodológico que sirve a los propósitos de calcular los beneficios de este proyecto. En la primera se plantean acciones posibles, de bajo costo y de alto impacto; pueden ser ejecutadas sin cambios estructurales y no requieren fuertes incentivos para la reorganización. La segunda es hipotética y requeriría desarrollar un proyecto de reorganización para troncalizar los actuales servicios utilizando los vehículos existentes sobre la infraestructura con que se cuenta; en la práctica resulta casi imposible de realizar pues los incentivos que genera para los prestadores no son suficientes y en general, **las capacidades institucionales no son suficientes para imponer una medida de esa naturaleza**. No obstante, esta optimización si es útil pues resulta en costos generalizados de viaje menores a los de la situación actual y estos sirven de base para el cálculo de los indicadores del proyecto.

En la aproximación práctica se asume que en la optimización podrían ejecutarse las siguientes acciones:

- a) Coordinación de semáforos para aumentar la velocidad comercial de las unidades
- b) Gestión y optimización de los servicios para que la frecuencia de paso sea regular
- c) Revisión del diseño de los servicios que tengan más de 10 minutos de frecuencia de paso.
- d) Mejoras en geometría (bajo costo) y superficie de rodamiento.

Si este es el caso no hay grandes procesos de re estructuración, en términos prácticos el tema se puede expresar como un aumento en la velocidad comercial (20 km/hr) un aumento en la frecuencia y por ende una disminución en el número de unidades de 57 unidades como se indica en la Tabla 19.

Tabla 19. Situación actual optimizada

RUTA	RAMAL	Unidades en servicio sin optimización	Unidades en servicio con optimización	Diferencia
104	Real de Palmas-Apodaca-Citadel	11	9	2
104	Artemio Treviño-Apodaca-Citadel	11	9	2
105	Apodaca – Centro	9	7	2
105	Pueblo Nuevo- San Isidro	15	12	3
105	Misión de Huinala	13	10	3
109	Apodaca	18	14	4
109	San Isidro	21	17	4
111	Directo Pesquería Col. Une	15	12	3
111	Real de Palmas - La Fe	10	8	2
111	Pesquería- Zacatecas	5	5	
111	Parques Monterrey	3	3	
111	Ramones	2	2	
117	Fomerrey 11	10	8	2
117	Unidad Laboral- Independencia	13	10	3
117	Santa Rosa	5	5	
117	Quinta Colonial	10	8	2
117	Paseo Prados	13	10	3
124	Directo	4	4	
124	Unidad Laboral	16	13	3
124	Mezquital - Nuevo Amanecer	14	11	3
211	San Miguel	18	14	4
211	York	20	16	4
322	Nogalar Amp 30 Matamoros	16	13	3
324	Carmen Romano - Matamoros	10	8	2
325	Matamoros	16	13	3
		298	241	57

El efecto de una disminución en la flota es menor consumo de combustibles, menores emisiones contaminantes a la atmósfera y menor congestión y accidentes.

Luego en la aproximación metodológica a la optimización se puede plantear la posibilidad de troncalizar los servicios mediante mecanismos de integración y nulas o casi nulas acciones de infraestructura. En este escenario, que sirve de base al cálculo de los beneficios, la demanda por atender es la misma que se atendería con las modalidades BERTRO, que para 2011 arroja una demanda de 196,880 pasajeros/día laboral; esta demanda podría ser atendida con 298 autobuses (incluye reserva) de 71 pasajeros de capacidad por autobús, en un servicio troncal sin transbordos; mientras que, en la situación con proyecto, dicha demanda podría ser atendida utilizando solamente 40 autobuses (incluyendo reserva) bi-articulados de 240 pasajeros de capacidad. De esta manera, los ahorros estimados en vehículos-Km al utilizar los autobuses bi-articulados en lugar de los convencionales serían del orden de 10.3 millones de vehículos-km/año, con los consiguientes ahorros en costos de operación vehicular (más ahorros en emisiones contaminantes y en accidentes) y su

correspondiente beneficio económico. Así mismo, los ahorros en tiempos de traslado serían del orden de 16.9 millones de horas-hombre/año.

Por último, en lo que concierne a este apartado, conviene resaltar que:

- a) Estas rutas son las que con el proyecto resultarían objeto de un proceso de re estructuración y transformación.
- b) Acorde a los lineamientos para la preparación de los análisis de costo beneficio (ACB) está es la base para la estimación de los beneficios y no la situación actual.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) ha crecido aceleradamente tanto en población como en extensión territorial urbanizada, sobre todo la zona norte. Lo anterior ha implicado que crezca la tasa de motorización, la demanda de servicios de transporte y de nueva infraestructura vial.

Considerando lo anterior y con el propósito de dotar a la población de una alternativa de transporte masivo, que mejore sustancialmente las condiciones actuales de la prestación del servicio de transporte público, el gobierno del Estado de Nuevo León a través Metrorrey, ha puesto en marcha los proyectos que permitan desarrollar nuevos sistemas de transporte masivo tipo *BRT (Bus Rapid Transit)* o Metro Ligero (LRT o Light Rail Train) para el Corredor L3 y los municipios en su entorno.

3.1 Objetivo

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

- a) Una oferta de transporte limitada, por su composición y por su capacidad diferente (midibuses y autobuses).
- b) Desorden y congestionamientos viales
- c) Falta de certidumbre en el tiempo de traslado de los usuarios del transporte público y privado.
- d) Externalidades significativas en materia de emisiones contaminantes y de accidentes por excesos en vehículos-Km de los vehículos de transporte público

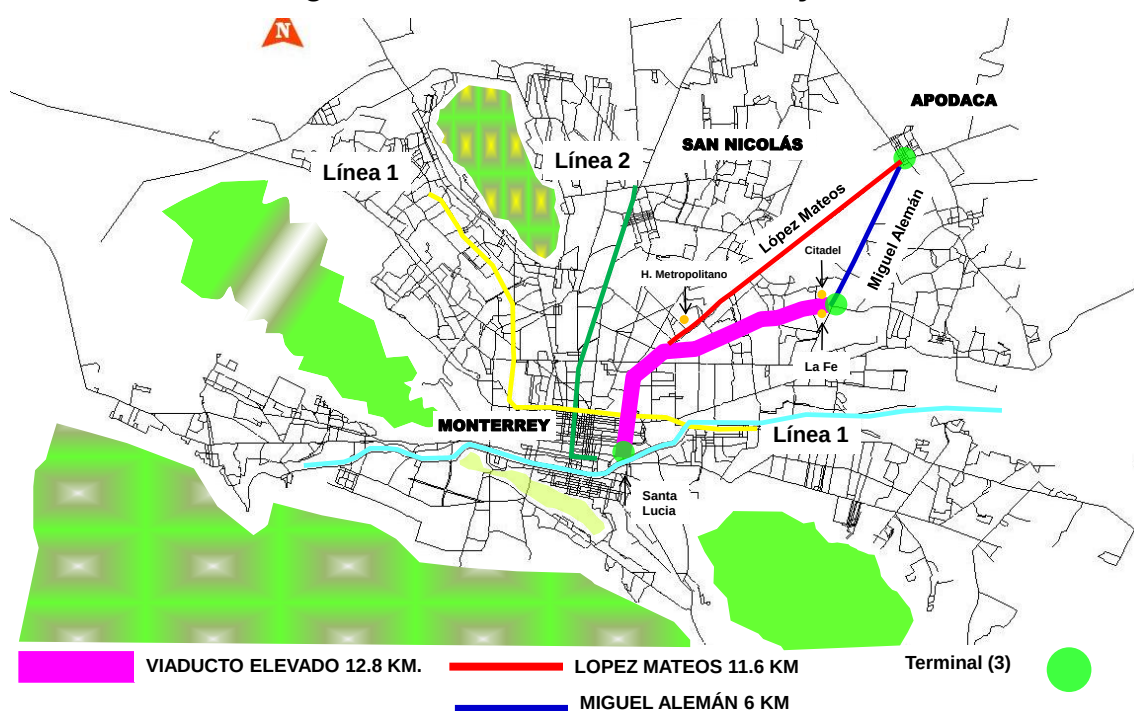
Los principales objetivos del proyecto son:

- a) Ofrecer un conjunto de servicios de transporte masivo, seguro, competitivo y eficiente, dentro de un corredor con capacidad para atender hasta 481,884 pasajeros/día de inicio, incluyendo un servicio troncal, dos servicios alimentación – continuación y una red de 10 rutas alimentadoras.
- b) Ahorrar en el tiempo de transporte a los usuarios, por contar con un transporte público más veloz en las vialidades: Félix U. Gómez, Rómulo Garza, Miguel Alemán y López Mateos.
- c) Contribuir en la solución del congestionamiento vial, de la contaminación ambiental y del excesivo consumo de energéticos, además de coadyuvar en la planeación ordenada del desarrollo urbano en la zona.
- d) Contribuir a la equidad social de la Zona Conurbada de Monterrey, al ofrecer un sistema de transporte integrado de forma física y tarifaria, con reducciones potenciales en el gasto dedicado al transporte de las familias de estratos medio bajo y bajo.

3.2 Localización y componentes

El corredor de Monterrey – Apodaca, tiene su inicio en las orillas del río Santa Catarina a la altura de la zona de hospitales, localizada al inicio de la Av. Félix Uresti Gómez, continúa por la Av. Los Ángeles, sigue por Av. Nogalar, continua por Rómulo Garza y finaliza en la Av. Miguel Alemán en Apodaca. Tiene una longitud de 19.3 Km. (incluye cola de maniobras y rampas); un servicios complementario por la Avenida López Mateos (10 km) y un paquete de servicios de alimentación hacen parte integral del proyecto. Su trazo tiene influencia directa en los municipios de Monterrey, San Nicolás de los Garza, Guadalupe y Apodaca (Figura 52).

Figura 52. Localización del Proyecto



Fuente: FOA Consultores

Asociado al Corredor Línea L-3 se ubican los predios para Patios de guardado, Talleres y Terminales los cuales se ubican a lo largo del corredor como se ilustra en la figura adjunta. En el anexo 8.2 se realiza un análisis de los predios ubicados para el efecto, y de las dimensiones requeridas dependientes de su función, o uso previsto, y de las etapas del proyecto.

Figura 53. Trazo de la Línea L-3. Ubicación de Estaciones y Predios.



En los siguientes capítulos se hace una amplia descripción del proyecto, sus costos, la demanda, los beneficios y los indicadores de rentabilidad social.

3.3 Tamaño del proyecto y proceso de operación

El proyecto se puede describir por su tamaño, sus principales características físicas y por su operación:

Principios básicos de operación. Integración física y tarifaria entre los servicios BERTRO y los actuales servicios Metro con precio al público de \$ 7.50 sin cargos por transbordo.

Demanda. Se construyó, actualizó y calibro un modelo de planeación de transporte a situación actual (software TRASCAD) y luego se introdujo el sistema propuesto con sus variables operacionales (servicios BERTRO, complementarios y alimentadores), una vez asignadas las matrices resultó en una demanda total 481,884 pasajeros/día en dónde el servicio principal (BERTRO) aporta el 36% de la demanda global del proyecto, los servicios complementarios el 22% (López Mateos y Miguel Alemán) y una red de alimentación el 42% de la demanda total.

La matriz utilizada corresponde a la matriz del Área Metropolitana (demanda) y la oferta está representada por todo el “system route” actual en libre competencia con los nuevos servicio, lo cual implica que la demanda estimada es conservadora.

Material Rodante. Se elige en función de la demanda de los servicios a frecuencias de paso razonables, para los servicios BERTRO Autobuses Bi-Articulados con capacidad de

hasta 240 pasajeros por unidad. Los servicios complementarios y los alimentadores operarían con autobuses low entry de 110 pasajeros.

En principio, sujeto a la evolución de la demanda, se ha previsto que una vez se haga la migración tecnológica los autobuses articulados serían sustituidos por vehículos Metro (tren ligero) con 2 trenes 3 carros dobles para una capacidad de 900 pasajeros por tren.

Estaciones y Terminales. Se realizó un análisis de la demanda y se establecieron un total de 28 estaciones, 12 de las cuales se ubican en el tramo elevado, 16 a nivel en los corredores complementarios (9 en Miguel Alemán y 7 en López Mateos). En este arreglo hay cinco puntos o estaciones importantes: Santa Lucia, Félix U. Gómez (existente en L1), Los Ángeles (transferencia con servicio complementario de López Mateos), La Fe (transferencia con servicio complementario Miguel Alemán) y la terminal de transferencia Apodaca en la que se da la mayor parte de los transbordos con servicios de alimentación.

Derechos de Vías. El Corredor tiene tres componentes: el de Santa Lucia – La Fe con 12.9 km., el de López Mateos con 11.6 km. y el de Miguel Alemán 6.4 km., para un total de 30.9 km.

La selección de tipo de infraestructura por utilizar en cada uno de ellos se definió en función del derecho de vía disponible, las condiciones del tráfico y la demanda por servir quedando como sigue:

Santa Lucia – La Fe	Elevado	12.9 km.
López Mateos	A nivel	11.6 km.
Miguel Alemán	A nivel	6.4 km.
		30.9 km

Inversión. La inversión requerida asciende a \$ 4,772 millones de pesos, incluye lo necesario para construir y operar el servicio BERTRO, los servicios complementarios y los servicios de alimentación.

Horario de Servicio. Se supone que los autobuses articulados del servicio Corredor Metropolitano circularán entre las 05:00 y 24:00 horas, en horarios compatibles con la operación del Sistema Metrorrey .

Conectividad con el Sistema de Transporte. La conectividad del proyecto es muy importante para el éxito del mismo. Dicha conectividad está prevista en tres ámbitos:

Con el Transporte Público de Superficie	Dadas las características del sistema tradicional es claro que no es posible una re estructuración en que solo quedase el servicio propuesto, eso dejaría amplias zonas de la ciudad sin servicio. Lo que se asume es reorganizar los servicios existentes para que alimenten al servicio principal.
Con el Metro	Complementariamente se contempla la conexión con la Línea 1 del Metro, en Félix U. Gómez y su conexión con la extensión de la L2 en santa Lucía desde Zaragoza.
Con otros medios	Por lo cual se ha previsto que el entorno de las estaciones y terminales reciba tratamiento de accesibilidad universal, esté ampliamente señalizado y tenga condiciones de seguridad.

Requerimientos del Sistema de Comunicaciones. Esta especificación es una descripción de los requerimientos para el sistema de comunicaciones con el que será satisfecha toda la demanda de comunicaciones necesarias para las operaciones del Contratista. Este sistema constará de equipos de última generación e incluirá: Sistema de Radio, Sistema de teléfonos, Sistema de Altavoces y Sistema de Transmisión de Comunicaciones.

Cada uno de los sistemas de comunicación señalados, deberá cumplir con las características bajo los estándares de las Agencias Internacionales y las leyes Mexicanas.

3.4 Componentes

Especificaciones del Carril Exclusivo. Se considera que en el corredor metropolitano se transitaría en un carril exclusivo por el centro de las vialidades, con un ancho promedio de 3.5 m, el material de construcción del carril exclusivo se considera que sea de concreto en estructura elevada.

Estaciones. En el Corredor Santa Lucía - Apodaca se contempla la construcción de 19 estaciones, 12 elevadas y 7 a nivel. Una de las estaciones ya existe y servirá de transferencia con la Línea 1; 7 son a nivel y 3 servirán como terminales y son Santa Lucía, La Fe y Apodaca. Se considera que las estaciones sean de piso alto, para tener un mayor control de los usuarios, las características físicas de las vialidades y la optimización de espacios en las unidades de transporte. Se consideró la demanda y las restricciones físicas del tramo. Las estaciones propuestas son congruentes con la densidad poblacional y la generación de viajes actuales.

Equipo de Transporte. Por los altos volúmenes de demanda del Corredor Metropolitano se recomienda la operación de autobuses bi-articulados con una capacidad de hasta 240 pasajeros por unidad, del tipo BRT (Bus Rapid Transit). En este corredor se considera que las unidades puedan transitar con una velocidad promedio de 35 Km/h, utilizando puertas izquierdas y piso alto.

Instalaciones de Mantenimiento. El proyecto dispondrá de instalaciones de mantenimiento y patios de depósito. Se construirán talleres en las cercanías de las terminales y las instalaciones del patio de depósito para maximizar la operación eficiente, el mantenimiento

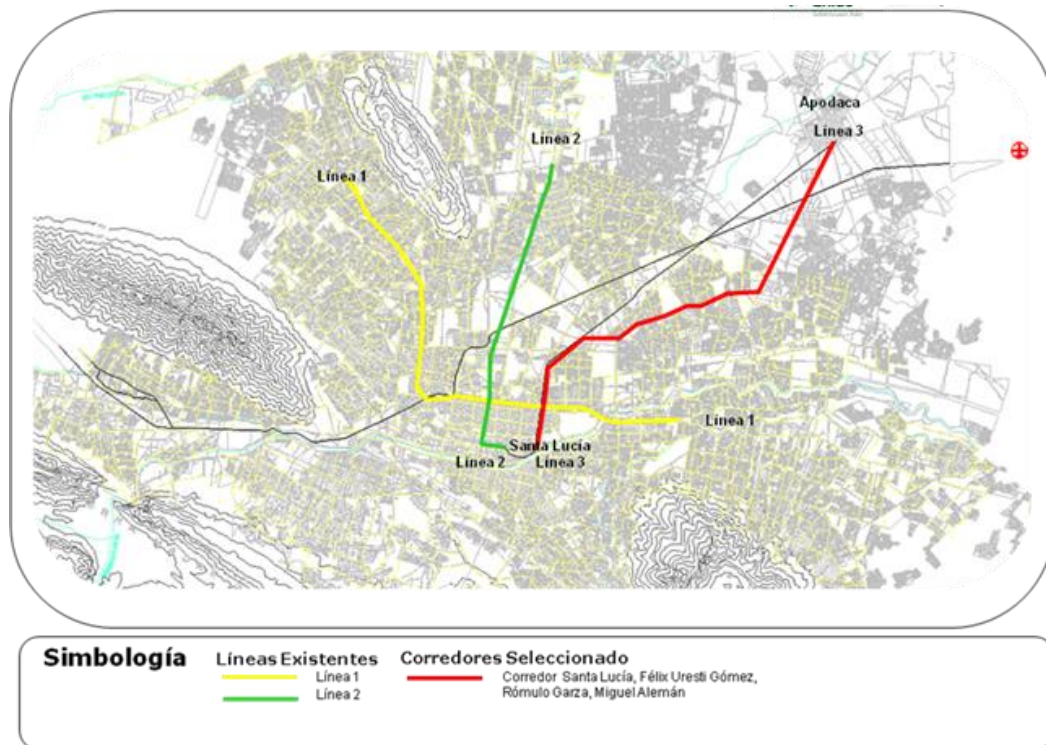
y el movimiento del equipo de transporte de pasajeros, proveer todo el equipamiento, herramientas, y accesorios necesarios para mantener el equipo rodante e instalaciones según sea requerido.

3.4.1 Ubicación, aforos, tamaño y tipología de las estaciones de la Línea 3 del STC Metrorrey

Localización del Proyecto

El servicio del Corredor Metropolitano Santa Lucía - Apodaca correrá en dirección Centro-Noreste y servirá para interconectar con el Sistema 1 del Metro. Su recorrido iniciaría en la Terminal Santa Lucía, después se conectará con la estación Félix U. Gómez de Línea 1 y terminaría su recorrido en la terminal de Apodaca centro del municipio del mismo nombre. En la figura siguiente se muestra el recorrido que tendría este corredor metropolitano.

Figura 54. Recorrido del Corredor Metropolitano Santa Lucía - Apodaca



Fuente: FOA Consultores

La longitud del Corredor por la Ave. Miguel Alemán será de 19.3 kilómetros (incluye cola de maniobras y rampa), circulando a través de un corredor exclusivo, con 2 terminales en los extremos, una intermedia, 12 estaciones elevadas y 7 a nivel.

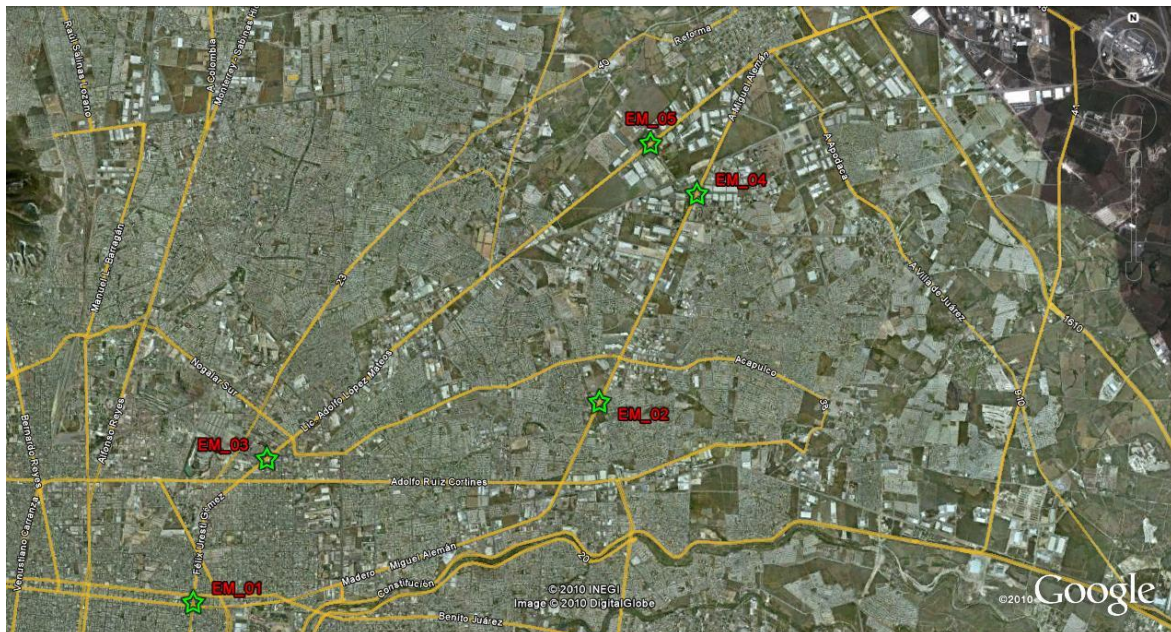
Aforos.

Se realizaron aforos vehiculares de 14 horas (de 6:00 a 20:00 horas) continuas en cinco estaciones maestras durante un día hábil sobre puntos clave del corredor de proyecto Línea 3. La localización de éstas son las siguientes:

- a) Av. Félix U. Gómez y Av. Francisco I. Madero
- b) Av. Miguel Alemán y Av. Las Torres
- c) Av. Félix U. Gómez y Av. Ruíz Cortínes
- d) Av. Miguel Alemán y Camino a Huinala
- e) Av. Adolfo López Mateos y Camino al Mezquital

La figura siguiente muestra su ubicación en la red vial.

Figura 55. Ubicación de estaciones maestras de aforo vehicular



Fuente: FOA Consultores

Se seleccionaron estos puntos por ser los que mejor caracterizan la movilidad vehicular en los diferentes tramos de la zona de estudio.

El objetivo principal de este estudio es conocer la variación horaria del tránsito e identificar la hora de máxima demanda (HMD) en la mañana, medio día y tarde, así mismo permite identificar la composición vehicular durante el periodo de observación. La información permite estimar posteriormente los parámetros cuantitativos y cualitativos de la calidad y eficiencia del tránsito, tales como la capacidad y el nivel de servicio actual de diversos tramos.

Los aforos se realizaron en un día típico de la semana de manera simultánea en periodo normal de actividades, en el cual se registró el volumen máximo horario por sentido y para ambos sentidos de circulación y por tipo de vehículo. En el cuadro siguiente se presenta el resultado de las horas de máxima demanda identificadas en cada una de las cinco estaciones realizadas.

Como se puede observar en el cuadro siguiente, las horas de máxima demanda para cada una de las cinco estaciones maestras presentan variación en los tres periodos indicados, esto se deriva a los diferentes usos del suelo localizados en la zona de influencia a cada uno de los corredores en estudio, en el cuadro siguiente se muestra la composición vehicular en cada una de las estaciones por ambos sentidos de circulación.

Tabla 20. Resumen de las volúmenes en hora de máxima demanda en ambos sentidos de 14 horas en un día hábil de la semana en estaciones maestras.

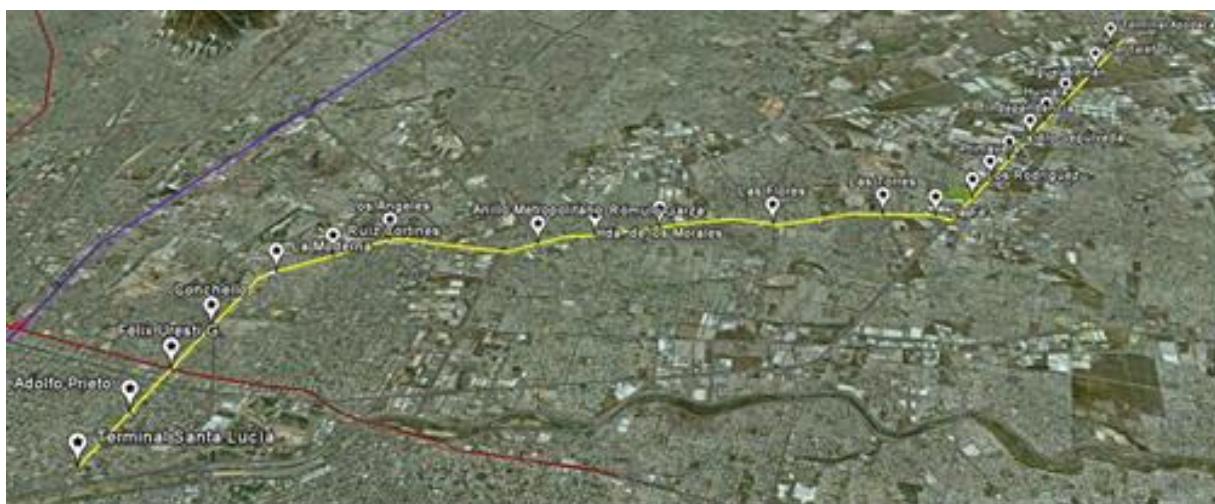
Núm	Ubicación	HMD	Automóviles	Autobuses	Camiones	Total
1	Av. Félix U. Gómez y Av. Francisco I. Madero	07:30 a 08:30	3,447	251	40	3,738
			92%	7%	1%	
		11:45 a 12:45	2,719	253	79	3,051
			89%	8%	3%	
		17:00 a 18:00	3,273	220	14	3,507
			93%	6%	0%	
2	Av. Miguel Alemán y Av. Las Torres	08:00 a 09:00	7,556	259	299	8,114
			93%	3%	4%	
		12:00 a 13:00	7,945	132	505	8,582
			93%	2%	6%	
		18:00 a 19:00	7,037	215	304	7,556
			93%	3%	4%	
3	Av. Félix U. Gómez y Av. Ruiz Cortínez	07:30 a 08:30	2,869	200	193	3,262
			88%	6%	6%	
		12:30 a 13:30	2,562	171	291	3,024
			85%	6%	10%	
		15:45 a 16:45	2,831	168	480	3,479
			81%	5%	14%	
4	Av. Miguel Alemán y Camino a Huinala	06:45 a 07:45	8,900	295	395	9,590
			93%	3%	4%	
		13:30 a 14:30	6,359	196	746	7,301
			87%	3%	10%	
		17:15 a 18:15	6,686	247	839	7,772
			86%	3%	11%	
5	Av. Adolfo López Mateos y Camino al Mezquital	07:00 a 08:00	2,638	76	99	2,813
			94%	3%	4%	
		11:00 a 12:00	1,382	51	258	1,691
			82%	3%	15%	
		18:00 a 19:00	2,159	90	250	2,499
			86%	4%	10%	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la campaña de trabajos de campo.

Tamaño y Tipología de las estaciones de la Línea 3 del STC Metrorrey.-

El proyecto consta de 28 estaciones, de ellas 12 son de tipo elevado y 16 a nivel; 3 de ellas funcionarán como terminales.

Figura 56. Estaciones a lo largo del corredor Santa Lucía – Apodaca, variante Av. Miguel Alemán



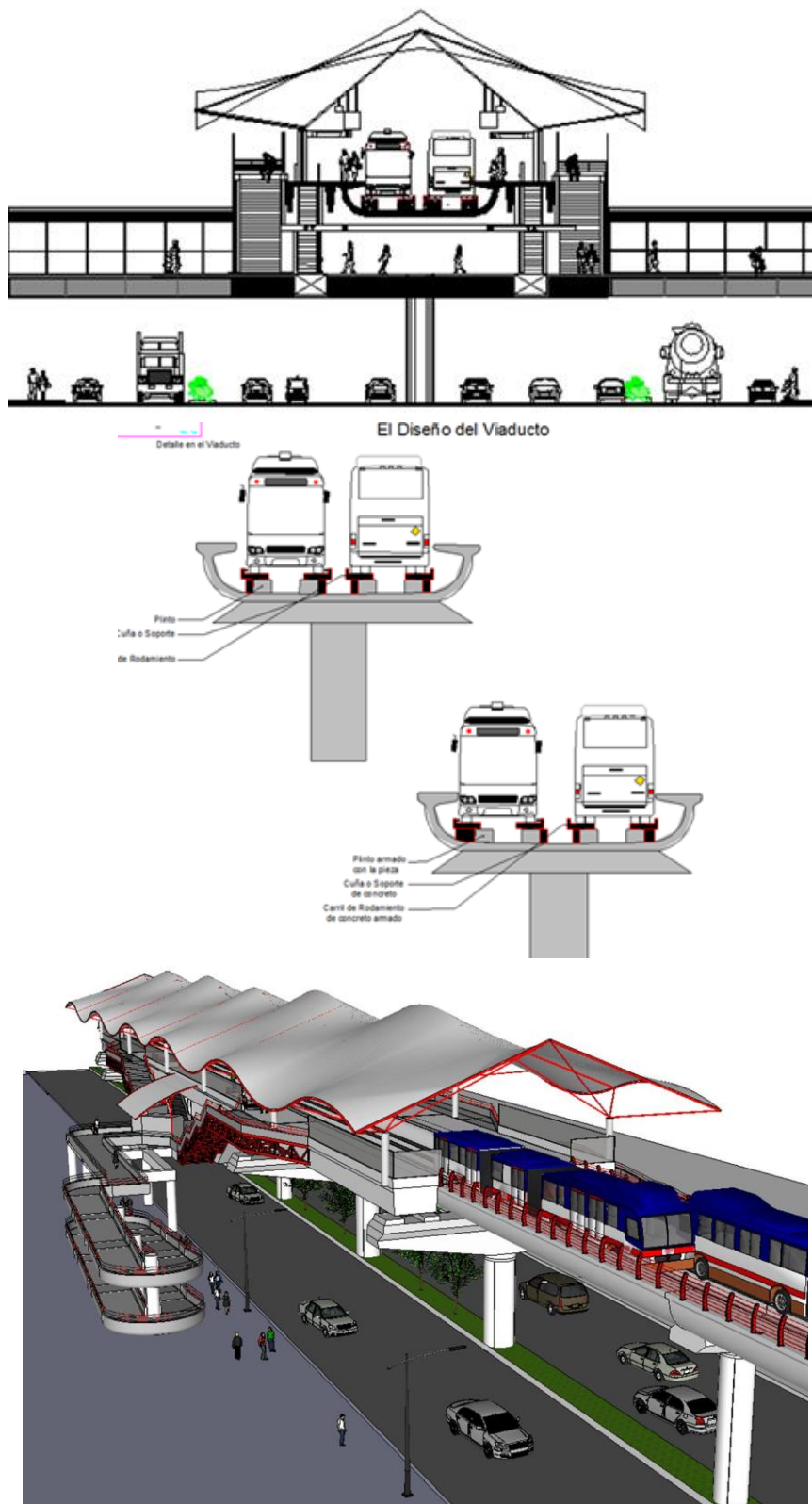
Estaciones Elevadas		
Terminal : Santa Lucía		
1. Estación: Santa Lucía	7. Estación: Cd. de los Angeles	Estaciones A nivel
2. Estación: Adolfo Prieto	8. Estación: Anillo Metropolitano	
3. Estación de Transferencia Félix Uresti	9. Estación: Rómulo Garza	
4. Estación: José Angel Conchelo	10. Estación: Hacienda los Morales	
5. Estación: La Moderna	11. Estación: Las Flores	
6. Estación: Rulz Cortines	12. Estación: Las Torres	
	Terminal: La Fe	
		Terminal: Apodaca

Fuente: Elaboración propia.

Las 12 estaciones elevadas seguirán el modelo estructural de las utilizadas para Línea 2, estando contemplada su adaptación para emigrar a tecnología de Tren Ligero.

Reunida toda la información de los estudios, se procuró que la ubicación de las estaciones elevadas quedaran en el mejor sitio en virtud de que éstas ya no se desplazarían una vez que el BRT migre a LRT, evitando así un cierto “desperdicio en la inversión realizada, por lo que en la zona central de la ciudad, éstas se ubicaron en los centros de mayor demanda no importando que la distancia fuera menor o superior a lo que suele ser la norma (de 800 a 1,000 metros). La ubicación preliminar, se reforzó con trabajos de campo de Ascenso y Descenso sobre el corredor.

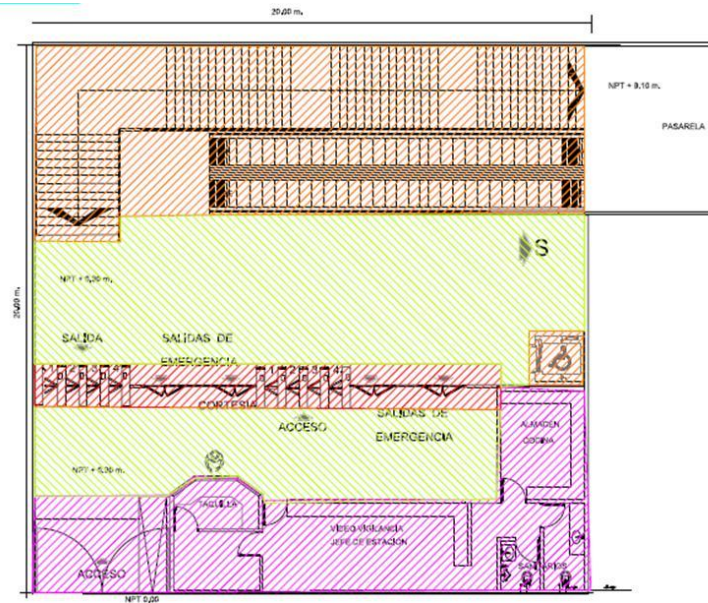
Figura 57. Vistas para Estación Tipo Elevada



Fuente: FOA Consultores

El diseño mostrado en la siguiente figura, concibe la estación totalmente construida, con la idea de que el operador mantenga total control de los accesos a sus instalaciones. El esquema contempla: Zona 1 Acceso, taquilla, áreas de servicio de la estación; Zona 2 vestíbulo externo; Zona 3 Control de accesos; Zona 4 Vestíbulo Interno y Zona 5 Núcleo de comunicaciones verticales.

Figura 58. Propuesta de diseño de Estación Tipo



Fuente: FOA Consultores

De estas 12 estaciones elevadas, una realizará funciones de estación de transferencia, entre las Líneas 1 y 3, en la estación Félix U. Gómez.

Estación de transferencia

La nueva línea 3 propuesta tendrá una estación en común con la Línea 1 de Metrorrey, en la estación de transferencia Félix U. Gómez, según se previó en anteriores estudios que la nueva línea pasará encima de la actual. Esto podría ser poco atractivo para los usuarios en virtud del esfuerzo físico que es necesario realizar para acceder y realizar el intercambio (entorno a los 20 metros).

Una manera de atenuar estos impactos es dotar de escaleras eléctricas, para que la transferencia y acceso no representen mayores inconvenientes al usuario, como sucede en muchos sistemas de este tipo en el mundo. La siguiente figura muestra la problemática señalada.

Figura 59. Esquema de Problemática de Cruce de Viaductos Elevados



Fuente: FOA Consultores

A nivel urbano habrá que realizar los estudios necesarios para mitigar los efectos visuales que impondría una estructura tan alta y esbelta, así como atenuar las reacciones sociales que pudiera despertar tal solución.

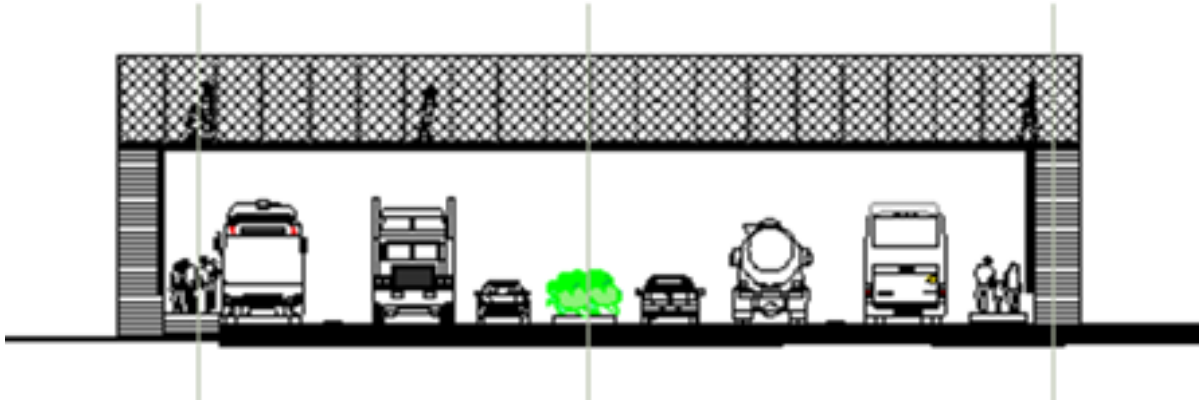
Ya que el trazo del viaducto con esta altura iría en la Av. Félix U. Gómez, desde la calle de Adolfo Prieto pasaría sobre la actual estación de Félix U. Gómez y retomaría su altura normal entorno a los 7.5 metros en la intersección con la calle de Miguel Ángel Conchello, pensando en que se pudiera utilizar un gradiente combinado del 2%.

Estaciones a nivel

Para las estaciones a nivel, la regla fue más sencilla, en virtud de que se encuentran a lo largo del corredor Miguel Alemán, cuyo desarrollo urbano se encuentra en vías de consolidación, la propuesta fue ubicarlas lo más cerca posible a los puentes peatonales, con el objeto de usarlos para el acceso y salidas de las estaciones.

Debido a que el cobro del viaje se realiza a bordo de la unidad o en la estación del servicio troncal, no se requiere una infraestructura completamente cerrada como en las estaciones elevadas.

Figura 60. Vista Estación a Nivel

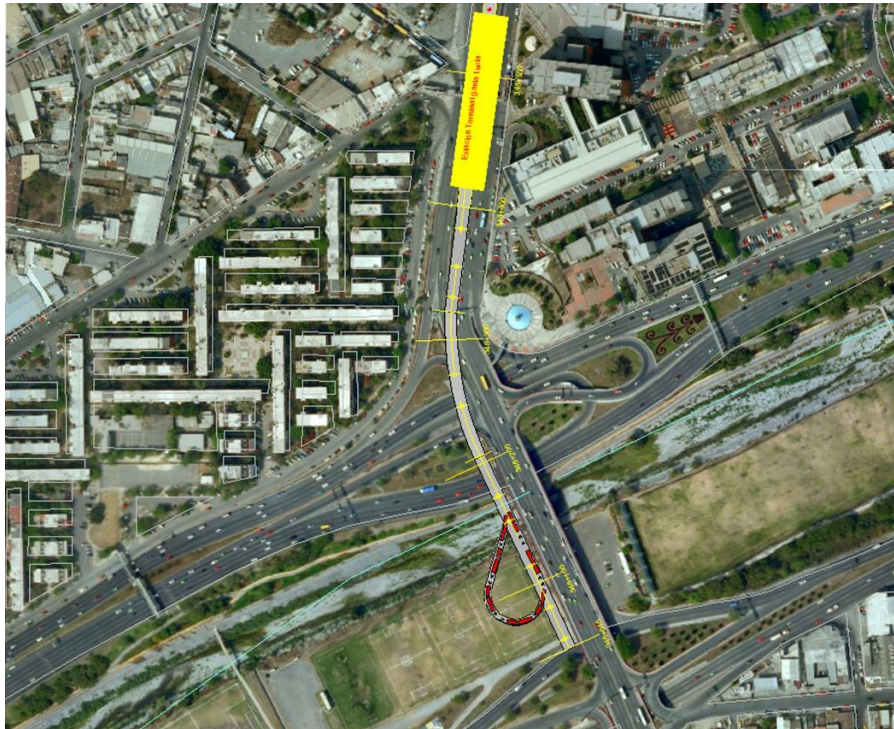


Fuente: Elaboración propia.

Estaciones Terminales

Las tres estaciones terminales corresponden al inicio y término del corredor pero además existe una estación terminal intermedia, ubicada en las inmediaciones de las plazas comerciales La Fe – Ciudad, donde se hará el cambio de servicio troncal a servicio de alimentación en la variante Av. Miguel Alemán. Así en cada terminal, se extiende el trazo del corredor para dar paso a la infraestructura de cola de maniobra.

Figura 61. Ubicación Estación Terminal Santa Lucía.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 62. Ubicación Estación Terminal La Fe.



Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Número y tipología de material rodante

La tipología y el número de material rodante al estar relacionado directamente con la demanda cambian de acuerdo al servicio a cumplir en el proyecto integral del corredor Línea 3 Santa Lucía - Apodaca. Todos los datos relacionados con el tamaño de la flota, que se refieren en este apartado, corresponden a la flota que sería necesaria en el año base de las estimaciones de demanda.

Servicio BERTRO.

Se contempla la adquisición de 37 autobuses bi – articulados, con las siguientes características técnicas:

Autobuses transporte masivo:

- a) De 25 metros de largo promedio (biarticulado)
- b) Capacidad mínima 240 pasajeros.
- c) Piso a nivel de plataforma (1 m) para fácil acceso y salida.
- d) Cinco puertas de servicio ubicadas en el costado izquierdo, 1.2 m. de ancho cada una.
- e) Telemática, GPS y comunicaciones.
- f) Una unidad lógica que incluye un dispositivo de recepción GPS (Global Position System) en caso que se considere necesario y una aplicación para identificar los casos en los que se produce una situación de excepción;
- g) Un monitor de interacción con el conductor que estará conectado con la unidad lógica e incluirá indicadores para la autorregulación de velocidad y despliegue de mensajes Predefinidos;
- h) Un sistema de comunicación por voz, y;
- i) Equipos que registren la posición de la flota, velocidad, calentamiento de motor, puertas abiertas entre otros.
- j) Sistema de revisión de presión de llantas

Figura 63. Unidad tipo para servicio troncal



Servicio Complementario-

Se contempla la adquisición inicial de 54 autobuses low entry con una capacidad mínima de 110 pasajeros.

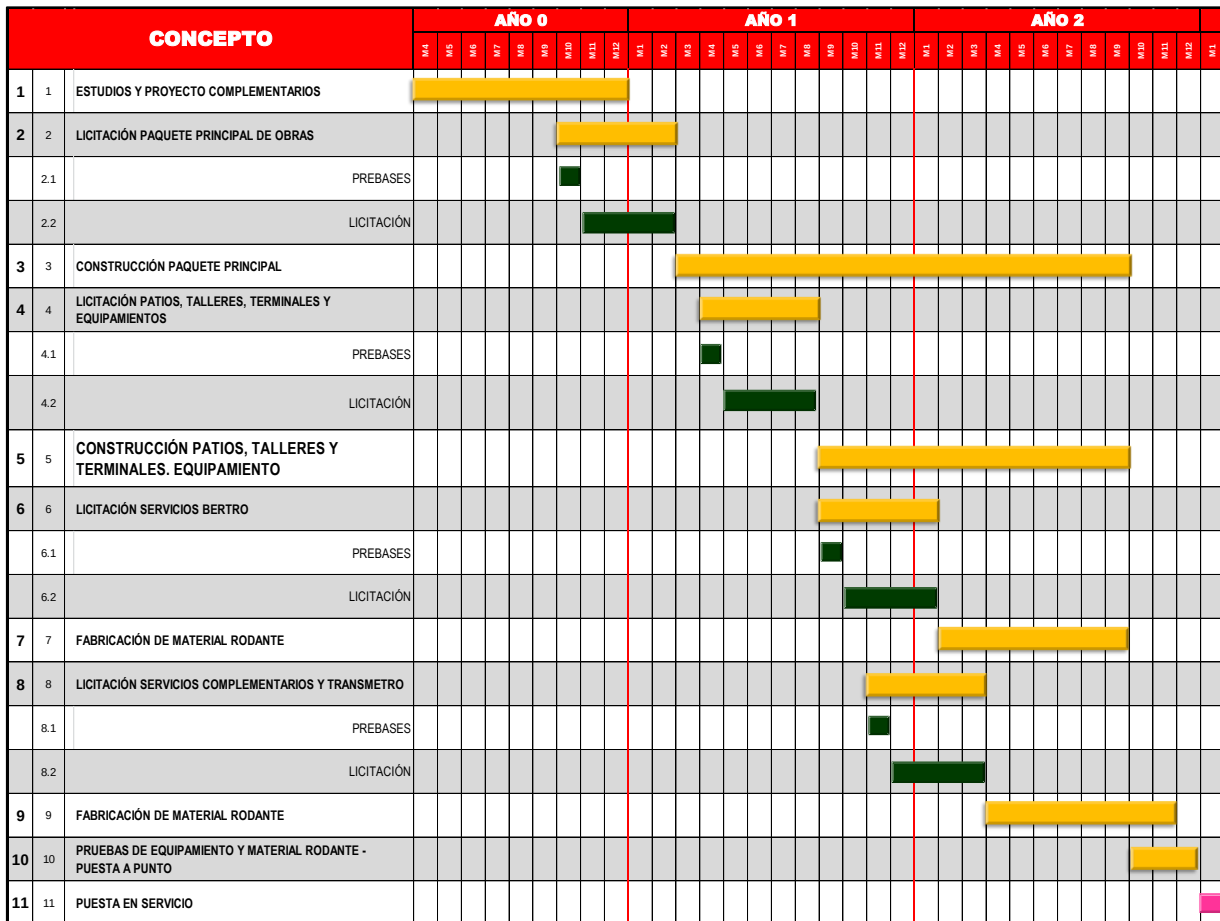
Servicio de Alimentación-

Se contempla la adquisición inicial de 101 unidades low entry con una capacidad mínima de 110 pasajeros.

3.5 Cronograma

En la siguiente gráfica se muestra el cronograma para el inicio de obras, luego se estima una duración de las mismas del orden de los 18 meses y la puesta en marcha para la primavera del 2013.

Figura 64. Programa de Trabajo para la realización de Línea 3



3.6 Tipo de proyecto y sector económico

3.6.1 Tipo de proyecto

De acuerdo a lo establecido en los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de programas y proyectos de inversión” de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el proyecto de construcción de la Línea 3 del STC Metrorrey es un Proyecto de Infraestructura Económica, que se define como “un proyecto de construcción, adquisición y ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios en los sectores de electricidad, hidrocarburos, comunicaciones y transportes, y agua”.

El proyecto se considera de largo plazo dentro de las definiciones de los mismos lineamientos en donde “bajo esta denominación, se incluyen todos los proyectos de infraestructura productiva de largo plazo a que se refieren los artículos 18, tercer párrafo de la Ley General de Deuda Pública, y 30, segundo párrafo de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal, así como los de rehabilitación y mantenimiento cuyo objeto sea incrementar la vida útil o capacidad original de los activos fijos destinados a la producción de bienes y servicios de los sectores mencionados.”

3.6.2 Sector Económico

El sector económico de este proyecto basado en los apartados de clasificación de Cuentas Nacionales se ubica en la Gran División 7: Transporte, Almacenaje y Comunicaciones. Las partidas específicas corresponden a la Rama 64, Grupo 640 y Subgrupo 6403 en la categoría de Metro (con CIIU Rev 3. 6021 y clase CENSAL 1994 711103).

3.7 Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación

Se estima que en este tipo de proyectos la infraestructura tienen una vigencia de más de 30 años mediante el mantenimiento adecuado (reparación y reposición de carriles, estaciones y terminales) y los equipos de transporte reciben mantenimiento, rehabilitación, reposición y sustitución por obsolescencia tecnológica, de manera que el sistema permanece operativo por más tiempo del período mencionado siempre y cuando reciba el mantenimiento adecuado. Al término de dicho periodo será revisada la continuación de la operación del mismo.

3.8 Capacidad instalada y evolución

Las instalaciones y los servicios se han diseñado para servir la demanda durante todo el plazo de evaluación del proyecto (30 años), así el número de buses previstos para cada servicio, el tamaño de las estaciones y terminales y otros equipamientos es útil para servir las demandas que se describen en el apartado de demanda y su evolución a las tasas que se refieren (numerales 2.3.2 y 2.3.3), esos mismos valores se incorporaron al proceso de dimensionamiento de la flota y en consecuencia a la construcción de flujos económicos.

Alternativamente, en previsión del éxito en cuanto a la evolución de la demanda se ha perfilado la posibilidad de una migración de tecnologías lo cual implica tomar la decisión de capturar mayores beneficios aumentando la capacidad de los servicios introduciendo una tecnología de mayor capacidad (Metro Ligero), de ser así se trataría de un nuevo proyecto que se perfila en el Anexo de Migración Tecnológica (numeral 8.1)

3.9 Resumen de aspectos relevantes

3.9.1 Alternativas de trazo evaluadas para la Línea 3 del STC Metrorrey

El proceso de selección de alternativas incluyó:

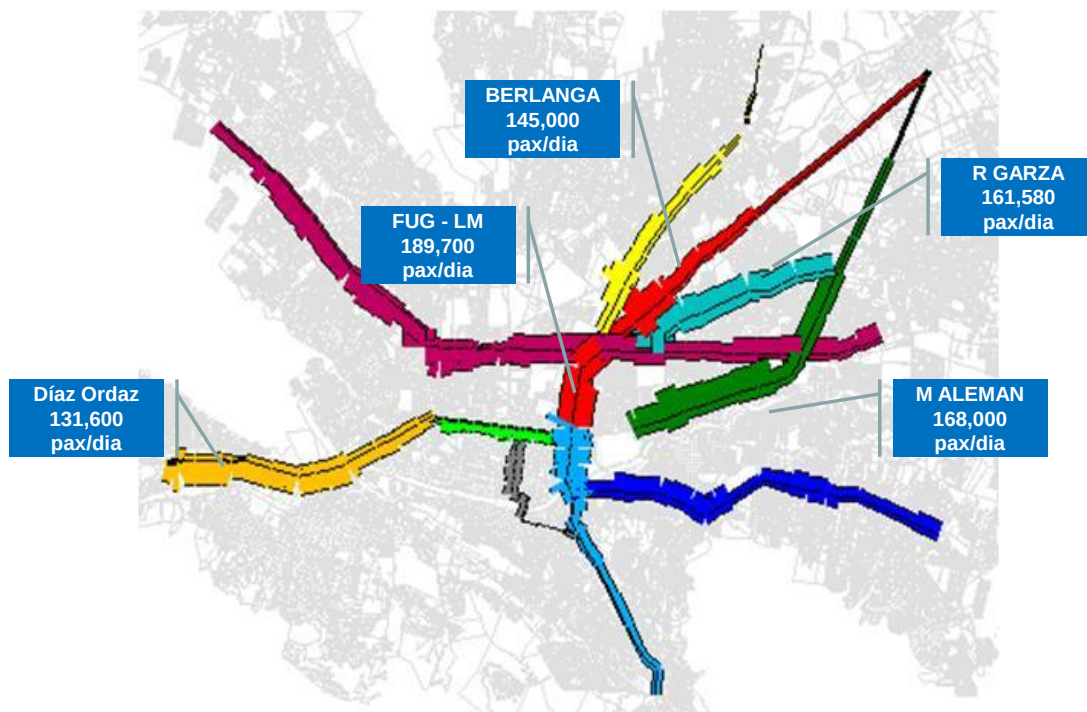
- a) Identificar corredores de alta demanda, con base en estudios previos, o relacionados con el crecimiento natural de la red Metro.
- b) Trabajo de acopio de información documental y de campo para los corredores más atractivos.
- c) Pre evaluación socioeconómica a nivel perfil de los tres corredores con mayor potencial, evaluando combinaciones de trazo, tecnología, competencia y tarifa.
- d) Una vez elegido un corredor se procedió a evaluar la mejor tecnología para ese corredor en específico.
- e) La evaluación socioeconómica del corredor elegido (con tarifa, trazo, tecnología y condiciones de competencia seleccionadas); y

- f) Al final, de manera complementaria, una evaluación de ciclo completo para la migración tecnológica con foco en BRT-Metro y BERTO-Metro.

En las dos primeras etapas se identificaron seis posibilidades, destacando por la demanda potencial dos al nor oriente (Felix U. Gómez – Miguel Alemán, Félix U. Gómez – López Mateos) y una al poniente (Santa Catarina por Díaz Ordaz). Los corredores en análisis fueron:

- Félix Uresti Gómez / Adolfo López Mateos
- Félix Uresti Gómez / Rómulo Garza / Miguel Alemán
- Fleteros / Díaz Ordaz / Santa Catarina
- Extensión de la Línea 2 al Norte
- Extensión de la Línea 2 al Sur
- Corredor Ferroviario

Figura 65. Corredores con alta demanda potencial



De este primer análisis se hizo una prelación y se mantuvieron:

- Félix Uresti Gómez – Adolfo López Mateos
- Félix Uresti Gómez – Los Ángeles – Rómulo Garza – Miguel Alemán
- Fleteros – Santa Catarina

Para cada uno de estos corredores se profundizo la tarea de acopio de información y análisis en cinco grandes temas:

- Condicionantes Físicas del Corredor

- b) Condicionantes Urbanas
- c) Condicionantes Sociales y
- d) Las posibles afectaciones previstas en los trazos de cada corredor.
- e) Cumplimiento de las normas de diseño del STC Metrorrey

Para cada tema se seleccionaron los aspectos más relevantes, se construyeron inventarios, se cuantificaron las variables involucradas o se revisó el cumplimiento de normas urbanas o de diseño. Algunas de las variables de trabajo fueron:

Condicionantes Físicas:

- a) Topografía
- b) Alineamiento horizontal
- c) Alineamiento vertical
- d) Cruceos e intersecciones
- e) Líneas de Transmisión Eléctricas
- f) Líneas Subterráneas de Hidrocarburos (Gas, Combustóleo)
- g) Telefonía y Fibra Óptica
- h) Puentes Vehiculares
- i) Puentes Peatonales
- j) Disposición de Predios en las Cabeceras

Usos del suelo:

- a) Habitacional
- b) Comercios
- c) Servicios
- d) Diversión y Entretenimiento
- e) Educación
- f) Industrial
- g) Crecimiento Urbano

Aspectos sociales:

- a) Nivel de conflictividad social

Afectaciones:

- a) Grado o cantidad de afectaciones

Aspectos técnicos de Metrorrey:

- a) Elementos del Trazo Geométrico del Proyecto

b) Vía común alineamiento horizontal

c) Vía común alineamiento vertical

En lo que respecta a la evaluación de las “Condicionantes Urbanas”, especialmente a los usos del suelo, se acopió e incorporaron al análisis las siguientes variables:

a) Habitacional

b) Comercios

c) Servicios

d) Diversión y Entretenimiento

e) Educación

f) Industrial

g) Crecimiento Urbano

Aunque es más complicado, porque tiene mayor grado de subjetividad, también se recogió información para evaluar afectaciones y la posibilidad de conflictos sociales, una premisa por categoría (si – no) y en el caso del “sí” la cuantificación de las mismas. Al final también se revisó la posibilidad de tener segmentos que por condiciones físicas u otras limitantes no pudiesen cumplir con las normas de diseño del STC Metrorrey, esta tarea se hizo a partir de trazos a nivel conceptual sobre planos de fondo 1:5000.

Ahora bien la información recopilada no es útil de por sí sola para elegir trazo o tecnología, pero si es útil para descartar alternativas inalcanzables, identificar limitantes y cuantificar los costos de cada alternativa. A partir de este punto, agregando los análisis de demanda, fue posible construir evaluaciones socioeconómicas a nivel perfil (trazo, tarifa, condiciones de competencia, tecnología, etc.), el resultado se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Evaluación preliminar de alternativas de trazo, tecnología, tarifa y condiciones de mercado (nivel perfil, solo tramo tronca)

INDICADOR	UNIDAD	LÓPEZ MATEOS (ELEVADO)	LÓPEZ MATEOS (ELEVADO-NIVEL)	MIGUEL ALEMÁN (ELEVADO)	MIGUEL ALEMÁN (ELEVADO-NIVEL)	DÍAZ ORDAZ-CLOUTIER (ELEVADO)	DÍAZ ORDAZ (ELEVADO-NIVEL)
Longitud	KM	17.00	17.00	18.30	18.30	14.70	14.70
Longitud elevada	KM	17.00	10.50	18.30	12.00	14.70	14.70
Demanda diaria	PAX/DÍA	77,200	75,270	139,830	134,770	17,520	12,990
Demanda hmd	PAX/HR	5,940	5,790	10,756	10,367	1,348	999
Inversión inicial	MDP	\$4,453	\$3,228	\$4,762	\$3,531	\$4,774	\$4,540
VPN (i=12%)	MDP	-\$976	-\$376	\$1,460	\$1,537	-\$3,782	-\$3,734
B/c		0.77	0.88	1.32	1.45	0.15	0.12
Tir	%	9.30%	10.60%	15.40%	16.70%	ND	ND
Inversión incremental		-\$321	-\$1,546	-\$12	-\$1,243	BASE	-\$234

Fuente: FOA Consultores

De esta primer evaluación y otras variantes se concluyó que:

- a) Las alternativas del poniente (Santa Catarina) no eran viables.
- b) La alternativa Metro podría ser tan costosa que los indicadores sociales no fuesen de la magnitud suficiente.
- c) Que la tarifa podía ser mayor de \$ 4.50 pero menor de \$ 9.00, se optó por manejar una tarifa integrada de \$ 7.50.
- d) La opción más viable sería la de Félix U. Gómez-Rómulo Garza-Miguel Alemán, toma la mayor demanda posible a costos razonable.
- e) Debía precisarse la tecnología por utilizar en dicho corredor y luego afinar el diseño acorde a demanda y maximización de cobertura

3.9.2 Alternativas de tecnologías evaluadas para la Línea 3 del STC Metrorrey

A la preselección de trazo y otras variables siguió un proceso de análisis para minimizar costos y maximizar la demanda, se señaló el tramo común que compartían los corredores López Mateos y Miguel Alemán. Así como la concentración del volumen de demanda en este tramo. Asimismo, se anotó que la demanda en las extensiones del corredor tanto por la Av. Miguel Alemán y López Mateos, si bien representan un gran potencial, aún se encuentran en etapa de consolidación, por lo cual pueden ser atendidas en una primera etapa con un mínimo de infraestructura y utilizando autobuses.

Así, el análisis de alternativas de tecnologías se efectuó sobre el tramo de mayor demanda comprendido entre la Av. Félix U. Gómez, iniciando en la intersección con el complejo urbano – turístico Santa Lucía, siguiendo por Av. Cd. de Los Ángeles y terminar en Av. Rómulo Garza en el punto de La Fe.

De acuerdo a los umbrales de demanda se consideraron tres tipos de tecnología:

- a) Carril confinado a nivel para autobuses de tránsito rápido (BRT)
- b) Metro Ligero (LRT)
- c) Infraestructura elevada para autobuses de tránsito rápido con posibilidad de emigrar al siguiente nivel de tecnología de mayor capacidad (BERTRO)

Para cada una de estas tecnologías en los 12 Km. del tramo de mayor demanda de la cuenca potencial, se elaboró un análisis de rentabilidad económica.

A cada una de estas tecnologías corresponde un grupo de ventajas y desventajas y por supuesto de indicadores de rentabilidad socio económica.

El balance de ventajas y desventajas se presenta a continuación.

Autobús de Transito Rápido (BRT): Es una alternativa de transporte basada en autobuses operando sobre infraestructura especializada con altos niveles de aplicación tecnológica y gestión, de tal forma que ofrecen alta calidad con respecto al servicio tradicional de bus urbano. Es necesario dotar de señales preferenciales para los autobuses que circulan en la arteria principal o troncal, para una mayor efectividad del sistema,

particularmente en las intersecciones, posiblemente extender la duración del semáforo en verde o activación del semáforo en verde cuando detecte al bus.

Ventajas:

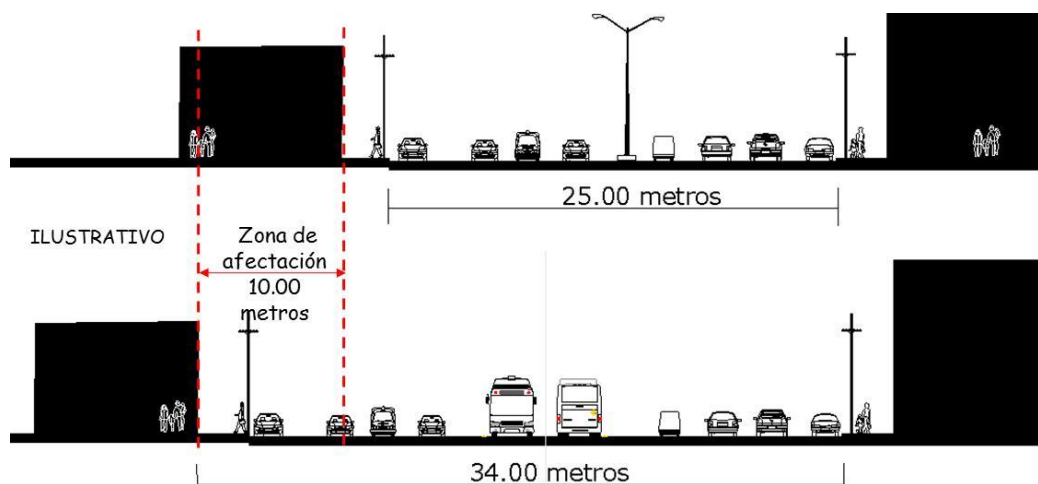
- a) En términos tanto de costo de inversión inicial como de costo de operación y mantenimiento durante la vida útil este tipo de sistemas son sustancialmente menores en costo con respecto a otras alternativas como el metro, el tranvía o el tren ligero.
- b) Los diferenciales de costo tienen origen en el tipo de infraestructura utilizada, los BRT generalmente son a nivel, no requieren de viaductos elevados y sus terminales suelen ser de menores dimensiones.
- c) El mercado de material rodante en este tipo de servicios está muy bien dotado, hay una gran variedad en la capacidad de los vehículos, la tecnología usada, el tipo de combustible y en el equipamiento.
- d) Las demandas que se pueden alcanzar suelen estar entre 20,000 y 25,000 pasajeros/hora/sentido y en algunos casos superiores, siempre que se dote de ciertas características tales como: servicios express, carriles de rebase, terminales y paraderos con plataformas amplias, autobuses biarticulados, entre otras. Incluso más en condiciones de excepción, como en el caso de TRANSMILENIO.

Desventajas:

- a) A lo largo del corredor se presentan diferentes anchos de vialidad. La Av. Félix Uresti Gómez, tiene un ancho de vialidad que fluctúa entre los 25.00 y los 25.80 metros, la Av. Ciudad de Los Ángeles muestra un ancho que varía de 19.00 a 19.30 metros, la Av. Rómulo Garza presenta anchos viales superiores a los 35 .00 metros, la Av. Miguel Alemán presenta anchos superiores a los 35 metros, contando con reservas explícitas para futuras ampliaciones.
- b) Al implementar una solución a nivel, se eliminarían carriles actuales, en los tramos con un ancho menor a los 35 metros. Para poder hacer la restitución de carriles y no disminuir la capacidad actual de tránsito, sería necesario incurrir en afectaciones en las laterales de esas secciones.
- c) La principal franja por afectar comprende la fracción del corredor que inicia en Santa Lucía culminando en el entronque de la Av. Cd. de los Ángeles con la Av. Nogalar; tiene una longitud de 6.1 Kilómetros, por ser esta la franja cuyas vialidades presentan anchos que van desde los 19.00 a los 25.80 metros.
- d) La magnitud de esta franja es de 10 metros de ancho a lo largo de 6.1 Km. por lo tanto el área a afectar es de 6.1 Ha. Los componentes de estas afectaciones son: compra de predios, compra de construcciones, en la actividad que se realiza actualmente en el predio afectado y lucro cesante.
- e) Si no se hacen las previsiones pertinentes y el proyecto es exitoso, en términos de atracción de la demanda, puede ser necesario destruir una buena parte de la

infraestructura original, pues pasar de una solución a nivel a otra de mayor capacidad a desnivel forzosamente implica inhabilitar lo originalmente construido.

Figura 66. Condiciones de Diseño solución a nivel Sección Félix U. Gómez



Fuente: Elaboración FOA Consultores

Se identificaron los predios y construcciones que sería necesario adquirir, sumando 203 afectaciones, con la siguiente composición: el 53% realizan actividades comerciales, el 22% corresponden a viviendas, el 12% pertenecen al sector servicios, el 9% a industrias el 2% a educación y el 2% restante son predios baldíos. Esto equivaldría a un desembolso de \$MDP 576.91.

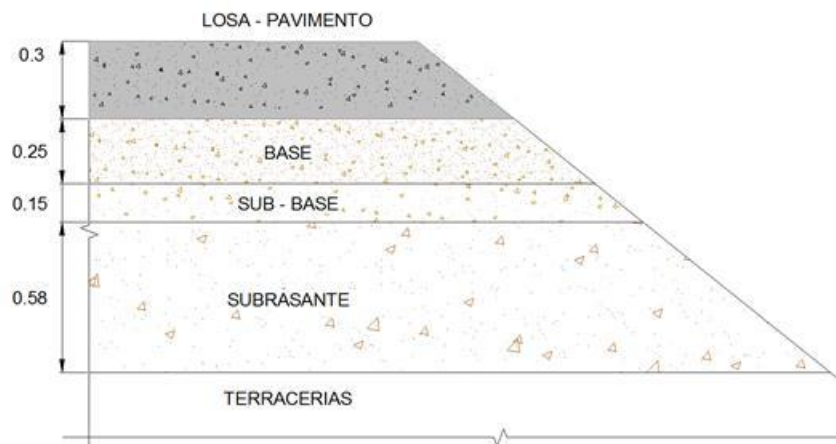
Dicha cantidad no incluye los gastos administrativos que de esta actividad se desprenden (negociadores, valuadores, topógrafos, abogados etc.). Se deberá considerar que durante la cuantificación del dimensionamiento de las afectaciones, podría resultar un padrón superior o el monto del costo incrementarse; esto debido a que la afectación estimada podría dejar el predio y la construcción en condiciones de inhabitabilidad o de no poder hacer nada con la fracción restante. Por lo que, se deberá de adquirir todo el predio e indemnizar el total de la construcción. Asimismo, en esta estimación de monto por afectación no se considera la actividad económica que se interrumpe ni el lucro cesante. De existir, la estimación para estas componentes deberá ser detallada y calculada una vez que se tenga una aproximación del padrón a afectar.

Para la solución a nivel también es necesario considerar un gasto en el carril de rodamiento. Para el cálculo del carril de rodamiento, se consideraron los siguientes aspectos:

- Ancho del carril
- carriles
- Retiro de mobiliario urbano
- Demolición de instalaciones existentes
- Reubicación de coladeras

- f) Dispositivos de desvíos de obra
- g) Carril de rodamiento
- h) Banquetas, guarniciones, camellones
- i) Balizamiento
- j) Señalización vertical
- k) Reubicación de alumbrado público
- l) Obras inducidas
- m) Drenaje pluvial y pozos de visita
- n) Supervisión
- o) Proyecto

Figura 67. Ilustrativo corte carril de rodamiento



Fuente FOA Consultores

Considerando las condiciones del suelo del Área Metropolitana de Monterrey, se estima un costo por Kilómetro de \$14,000,000 de pesos, lo cual multiplicado por la longitud del corredor (Santa Lucía a Apodaca), arroja un monto de inversión de \$ 260,095,526 (sin I.V.A.). Así, para la solución a nivel es necesario considerar estos montos de afectaciones y gasto en carril de rodamiento, resultando en una inversión total por estos dos conceptos de MDP\$ 836.91.

Supuestos de evaluación:

- d) Velocidad comercial de 25 km/hora
- e) Autobuses articulados de 160 pax/unidad o bi-articulados de 240 pax/unidad
- f) Intervalo de paso mínimo de 0.66 min. en HMD

Metro Ligero: En general se conciben como sistemas de transporte de pasajeros de alta capacidad, se espera que tengan derecho de vía exclusivo sea elevado, subterráneo o a nivel.. En el caso de la Zona Conurbada de Monterrey, se han implementado en viaductos elevados para la mayor parte de la red troncal y se ha buscado que su cobertura sea

metropolitana y permite la conexión entre las zonas centrales de la ciudades y sus periferias, alentando el desarrollo en nuevos núcleos urbanos.. Estos sistemas se aproximan a la capacidad de pasajeros de los sistemas de metro convencional, con una capacidad hora sentido de entre 25,000 a 40,000 pasajeros e incluso mayores dependiendo de los niveles de equipamiento y tecnología.

Ventajas:

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

Desventajas:

La demanda estimada en este corredor no es suficiente en el corto plazo, para aprovechar los potenciales que pueden ser transportados por la tecnología en mención. De acuerdo a las estimaciones de rentabilidad económica y previsiones operativas, en el corto plazo se puede plantear un sistema BERTRO (BRT elevado) y emigrar, en un periodo de 8 a 10 años, hacia una tecnología de Metro Ligero. Por tal razón más adelante se menciona que la rentabilidad económica de utilizar un sistema LRT, no se encuentra en los niveles requeridos, pero en el corto plazo al crecer la demanda, se justificaría la inversión necesaria desde el punto de vista económico.

Supuestos evaluación:

- d) Velocidad comercial 35 km/hora.
- e) Capacidad de 900 pax/tren
- f) Intervalo de paso mínimo 1 minuto en HMD.

Servicios BERTRO.- La implementación de un sistema BRT que correrá sobre una infraestructura elevada, con un sistema de estaciones fijas a lo largo del corredor, con sistemas de cobro, boletaje y comunicaciones que permitirán ofrecer un sistema regular y seguro.

El sistema BERTRO resultó rentable desde el punto de vista económico; sin embargo el éxito en atracción de demanda hace previsible trabajar con frecuencias de paso reducidas en plazos relativamente cortos. De alcanzarse las estimaciones de demanda obligaría a operar cerca del intervalo crítico (poco menos de 1 min.) lo cual exige un estándar alto en seguridad y gestión pero también hace factible la migración a Metro Ligero.

Esta alternativa (BERTRO), combina autobuses de alta capacidad (hasta 240 pasajeros), con un sistema de alimentación y una operación flexible, minimizando transbordos.

Ventajas:

- a) Factibilidad financiera para la implementación, con costos de inversión y operación más bajos que otras alternativas
- b) Factibilidad técnica, considerando la traza urbana de la ciudad, minimizando afectaciones
- c) Posibilidad de transición a Metro Ligero en el momento de saturación del sistema, coincidente con la vida útil de la unidades.
- d) Traslados con mayor confort y seguridad
- e) Integración física y tarifaria con todo el sistema Metrorrey
- f) Mejora en la economía del usuario y tiempo de traslado
- g) Seguridad para el usuario
- h) Menores tasas de accidentalidad respecto del sistema tradicional
- i) Participación conjunta entre inversionistas privados y públicos fomentando la derrama económica en la ciudad (disminución de riesgos económicos)
- j) Evolución de esquemas empresariales. Mayor rentabilidad para concesionarios (eliminación de ineficiencias operacionales)
- k) Mayor seguridad y garantías laborales

Desventajas:

- a) Implica migración de tecnologías en el futuro y una nueva etapa de construcción con ciertos efectos sobre la calidad de los servicios durante la segunda etapa de construcción.
- b) Genera algunos riesgos adicionales, asociados a la migración de tecnologías
- c) Agrega algunos costos de transacción por la complejidad de los contratos derivados

Supuestos de evaluación

- d) Velocidad comercial de 35 km/hora.
- e) Operado por autobuses biarticulados de 240 pax/unidad
- f) Intervalo de paso mínimo de 0.66 minuto en HMD.

Las variables cualitativas descritas sirven para establecer las diferencias entre las tecnologías evaluadas, pero también tienen efectos prácticos pues generan diferenciales cuantitativos y de eficiencia, es decir en las variables de operación resultantes y captura de demanda, en los costos y en los indicadores de evaluación socioeconómica. En la Tabla 22 se presentan el comparativo entre variables de operación y en la Tabla 23 el contraste en indicadores socioeconómicos resultantes.

Tabla 22. Variables de operación y demanda según tecnología

Concepto	Unidad	BRT	BERTRO	Metro Ligero)
Demanda (atendida) al inicio	Miles Pax/día lab.	134.8	175.8	168.5
Tipo de vehículo	Vehículo	Autobús Bi-articulado	Autobús Bi-articulado	Tren
Capacidad	Pax/Vehículo	240	240	450
Velocidad promedio (comercial)	Km/hr	25	35	350
Longitud proyecto (sencillo)	Km	18.3	12.2	12.2
Distancia Media	Km/Pax-tramo viaje	5.6	7.0	5.6
Ahorro en tiempo a distancia media (a)	min	4.8	9.0	8.4
Ahorro en tiempo en 12 km (b)	min	10.3	15.4	18.0
Intervalo de paso inicial	min	1.76	1.35	3.45
Intervalo de paso límite	min	0.66	0.66	1.0
Año de saturación	Núm. año	16	12	30
Demanda servida en el año de saturación	Pax/día lab	252.2	328.9	611.3
Capacidad máxima (c)	Pax/día lab.	354.8	362.6	611.3

Fuente FOA Consultores (a) Con respecto a velocidad promedio actual 20 kph en el AMM- (b) Para hacer comparables los ahorros. (c) Con un carril por sentido.

Tabla 23. Resumen de Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica por Alternativa Tecnológica (Servicio Troncal, sin externalidades)

Indicador	BRT	BERTRO	Metro Ligero
Demanda inicial (Pax/día) (*)	134,771	175,786	168,415
VP a 12% anual real Inversión inicial (mdp)	\$1,812	\$3,211	\$4,563
VPN a 12% anual real (mdp)	\$865	\$1,956	-\$1,047
TIR	16.5%	18.2%	10.2%
Beneficio Costo	1.40	1.53	0.82
TRI	12.8%	14.3%	5.2%

Fuente FOA Consultores (*) La cifra de demanda para las tecnologías BRT y BERTRO se refieren al año base 2010; la cifra para Metro Ligero corresponde al año 2012.

Los datos presentados en la tabla permiten una síntesis de la evaluación de tecnologías en la cual se destaca:

- e) Que la demanda máxima posible que se puede captar es del orden de los 170,000 pasajeros por día, la opción BRT por su menor velocidad comercial se queda muy por debajo, con 40,000 pasajeros menos que la mejor opción.
- f) De las dos tecnologías con las que se podría captar más demanda la más costosa es la de Metro Ligero, con \$ 1,350 millones adicionales.
- g) El efecto del diferencial en costos incide directamente en los indicadores socioeconómicos de tal forma que la opción de Metro Ligero se queda debajo de los mínimos necesarios ($TIR=10.20$ y $B/C=0.82$).
- h) En adición, como se explicó en párrafos anteriores, la opción BRT implica un alto costo social y de gestión, por las afectaciones, y problemas de tráfico al ubicarse en las adyacencias del centro del AMM.

Dadas las apreciaciones generales, se puede decir que la opción tecnológica BERTRO presentó los mejores indicadores de rentabilidad socioeconómica y que:

- f) Atiende un Corredor con alto potencial de crecimiento
- g) Alta concentración en HMD requiere oferta flexible en el futuro
- h) Oferta de buses podría quedar rebasada en el mediano plazo (frecuencia inferior a 1 minuto)
- i) La opción de Metro Ligero arroja un TIR actual por debajo del 12%, con un tiempo óptimo de puesta en marcha de 7-10 años
- j) Factible iniciar con BRTRO y migrar en 8-10 años a Metro Ligero, al término de la vida útil de las unidades

3.10 Aspectos relevantes del impacto ambiental

Descripción del sistema ambiental regional

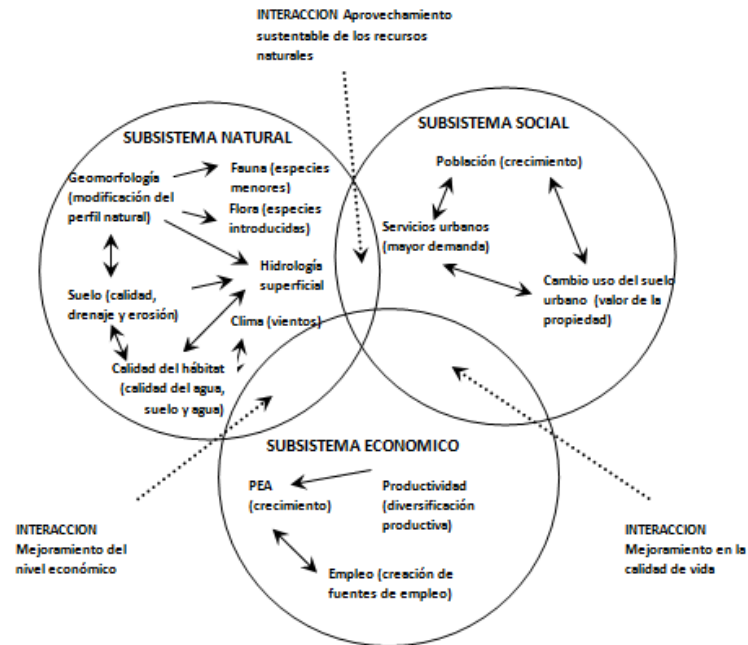
El sistema ambiental regional donde se desarrollara el proyecto, implica el análisis de los elementos que involucran los subsistemas natural, social y económico, dentro de un contexto temporal y territorial, derivado de ello, las interacciones definidas por el proyecto, producen impactos relacionados con la reducción o incremento en la calidad de los recursos naturales, de las actividades productivas y con la calidad de vida de las personas.

De acuerdo con esto, la constitución del sistema ambiental del área de proyecto, se observa en la siguiente figura.

Las principales interrelaciones dentro del sistema ambiental regional, se establecen en primer término entre los componentes geomorfología, edafología, hidrología superficial, flora y calidad del hábitat (calidad del aire).

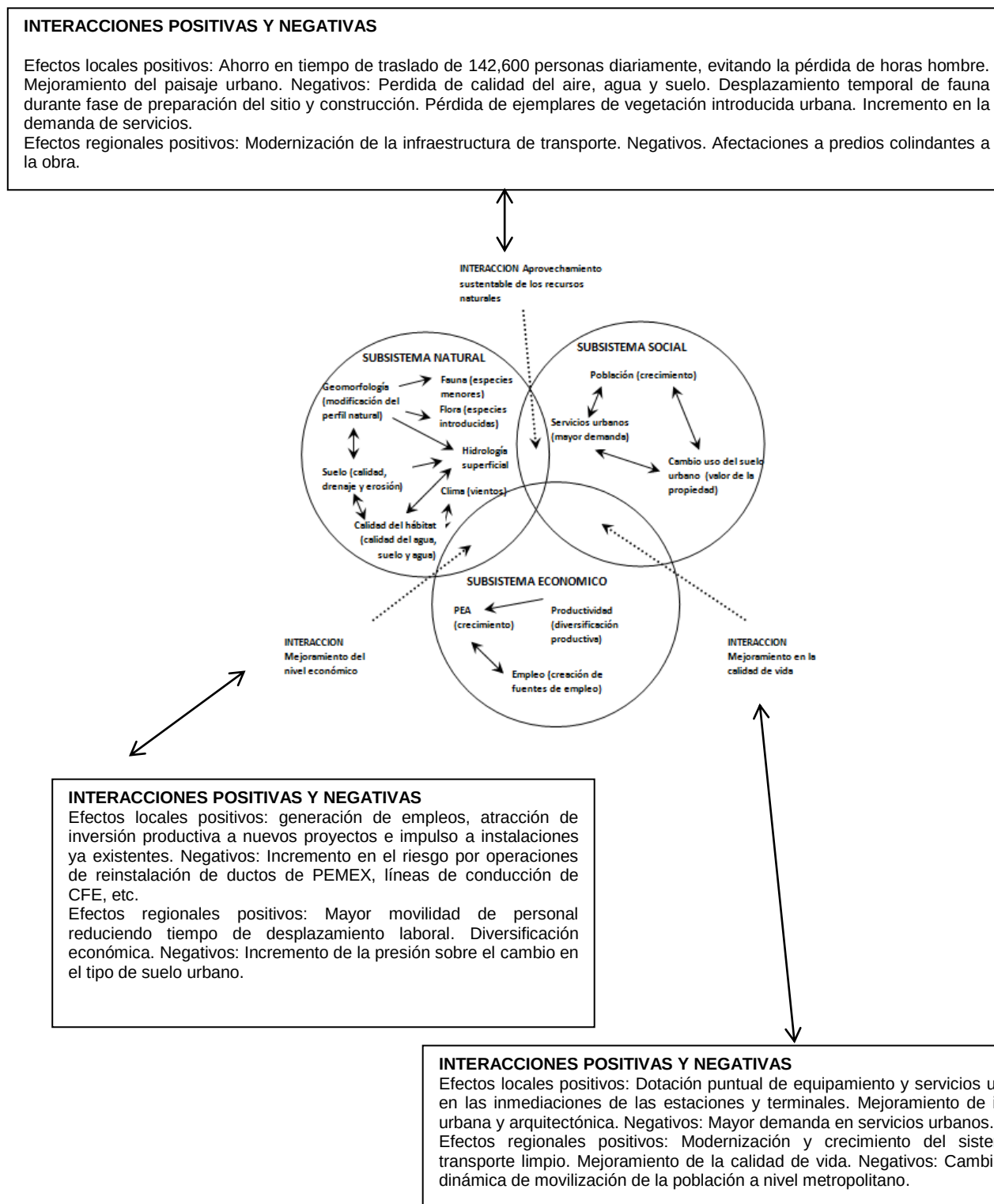
Los subsistemas social y económico se interrelacionan con el subsistema natural a través de los componentes de 1) Aprovechamiento de recursos naturales, y 2) Pérdida de calidad ambiental.

Figura 68. Sistema Ambiental Regional



Fuente: FOA Consultores

Figura 69. Interacciones del proyecto con el sistema ambiental regional



Fuente: FOA Consultores

De acuerdo con lo anterior se hace el análisis de los componentes del proyecto como se describe a continuación.

CLIMA

Climas tipo cálido con una temporada seca semi fría en el invierno y tipo cálido seco con vientos dominantes provenientes del este a noreste en época cálida y durante el invierno los vientos provienen del norte y noroeste con bajas velocidades, situación que incrementa la acumulación de contaminantes.

Resultaran determinantes los vientos sobre la dinámica de la contaminación del aire. El ruido se incrementara durante la preparación del sitio y la construcción.

GEOLOGIA

Se presentan rocas con estratos de yeso y caliza, así como zonas de lutita arenosa interestratificada con arenisca Berrisiano. La zona de estudio se encuentra conectada a zonas de fracturamiento y fallamiento de bloques rocosos asociado a las fuerzas tectónicas de tensión y compresión, sin embargo no presenta movimientos sísmicos de riesgo para la estabilidad de los asentamientos humanos

GEOMORFOLOGIA

Lomerío suave asociado a bajadas y valles; lo que permite procesos erosivos, de tipo laminar y en algunas ocasiones en surcos, en zonas muy localizadas.

Las geoformas se verán modificadas por procesos constructivos.

EDAFOLOGÍA

Los suelos primarios son litosol, vertisol, feozem y regosol. Tienen predisposición a la erosión dado que se encuentran intemperizados por procesos de erosión eólica e hídrica.

HIDROLOGIA

El proyecto en su extremo sur se localiza cercano (aprox. 250 m) a un segmento del Río Santa Catarina. Los arrastres derivados de la construcción del proyecto podrían afectar la calidad del agua de cuerpos de agua intermitentes que viertan al Río Santa Catarina.

FLORA

Se presenta vegetación introducida correspondiente a árboles y arbustos de ornato, así como vegetación herbácea de tipo ruderal. Se considera el desmonte de pequeñas áreas verdes de camellones que incluye 42 árboles en diferentes estados fenológicos dentro de aproximadamente 14 Km de vialidad; así como del posible desmonte de vegetación arbórea de 186 ejemplares en los predios propuestos para la construcción de las estaciones maestras y de conexión.

FAUNA

Se distribuyen en predios asociados al proyecto, ejemplares de especies de anfibios y reptiles; así como de mamíferos pequeños y aves. Sus hábitats serán afectados.

PAISAJE NATURAL

Las zonas con vegetación natural se vinculan a especies introducidas de ornato cuya función se relaciona a la demarcación de límites camellones y áreas jardinadas, proporcionar aislamiento o crear barreras visuales, y dar protección al viento, del sol o del ruido a personas y edificaciones.

CALIDAD AMBIENTAL

Aire. Vientos invernales de baja velocidad que determinan mala calidad del aire por contaminantes.

Suelo: Tendencia a la erosión, permeabilidad baja.

Agua: Buena calidad de acuerdo a la NOM-179-SSA1-1998¹².

Se podrán modificar las condiciones ambientales (agua, suelo y aire) de la zona si no se tienen buenas prácticas durante las acciones de preparación y construcción.

POBLACION

Generación de fuentes de empleo. Zona de alto atractivo por creación de empleos

Crecimiento poblacional. Efectos sobre la imagen y movilidad urbana.

SISTEMA PRODUCTIVO

Mayor especialización económica al sector terciario.

IMPACTOS GENERADOS

Durante la preparación del sitio, los componentes geomorfológico y edáfico resultan ser los que en mayor proporción serán impactados, siguiéndole los componentes calidad ambiental (calidad del aire, suelo y agua), flora y fauna. Mientras que en términos de actividades durante la Construcción se afectara la calidad ambiental, el paisaje y movilidad urbana, la dotación de servicios los cuales resultan mayormente impactados.

MEDIDAS DE MITIGACION

CLIMA. Aire: Monitoreo de maquinaria, equipo y vehículos por debajo de los valores de la NOM-045-SEMARNAT-2006, NOM-044-SEMARNAT-2006 y NOM-050-SEMARNAT-1993. Se manejará el uso de paredes y techumbres verdes forestadas, con el fin de mantener la humedad del aire, manteniendo un coeficiente de albedo bajo que reduzca el calentamiento del aire en la zona de proyecto, para lograr un equilibrio de superficies frías y calientes. Las actividades de carga y descarga de transportes se realizaran entre las 10 pm y las 5 am, buscando evitar conflictos viales. Ruido: Monitorear maquinaria, equipos y vehículos por debajo de valores de la NOM-081-SEMARNAT-1993 y la NOM-011-STPS-2001. En todos los frentes de trabajo de demolición o perforación será necesaria la utilización de deflactores y amortiguadores de ruido adecuados a las necesidades propias del proyecto.

GEOLOGIA. El desalojo del material pétreo deberá ser encargado a una empresa especializada, a la cual se le deberá aprobar su Programa de Manejo de Residuos Sólidos. Se

¹² Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. 2009

elaborará un programa específico de mitigación de los impactos por demolición y/o excavación de material pétreo para el emplazamiento de edificaciones.

GEOMORFOLOGIA. Mantener el control estricto sobre el límite de las demarcaciones de los frentes de trabajo con el fin de que no afecten de ninguna manera superficies con uso no constructivo.

EDAFOLOGÍA. Transporte de material edáfico regado con agua tratada y con cubiertas. El almacenaje de los residuos peligrosos se realizará en condiciones y áreas que reúnan los requisitos de seguridad necesaria. Se deberá prever el deslizamiento y erosión de materiales finos y sueltos del suelo orgánico, sobretodo en época de lluvias, los cuales se pueden presentar en las zonas de excavaciones para cimentaciones y pozos de infiltración, zanjas y ductos para instalaciones eléctricas, de energía, de telecomunicaciones, así como también durante los tendidos de materiales.

HIDROLOGIA. Considerar obras de drenaje para encauzar caudales producto de abatimiento de aguas freáticas.

FLORA. Trasplante de individuos localizados en camellones y predios de estaciones hacia áreas verdes cercanas. Reforestación de tramos de camellón central al finalizarse la construcción. Acondicionamiento de espacios de reubicación y recuperación de ejemplares de vegetación arbórea en viveros.

FAUNA. Se promoverá la reubicación de la fauna que se encuentre en los espacios a desarrollar y se trasladará hacia áreas verdes cercanas.

PAISAJE NATURAL. Diseño de islas verdes naturales para reubicación de especímenes de flora desmontados.

CALIDAD AMBIENTAL. Calidad del agua: uso de letrinas portátiles, evitar escurrimientos de productos químicos. Calidad del suelo: Riego de superficies con agua tratada para reducir emisiones de polvo, transporte de residuos sólidos a sitios autorizados según su tipo; colocar recipientes específicos por tipo de residuo sólido dentro de áreas de obra. Calidad del aire: Selección de rutas de flujo vial alternas durante la preparación del sitio y la construcción reduciendo congestionamientos; equipos y maquinarias con certificados como no contaminantes y darles mantenimiento continuo.

POBLACION. El personal contratado deberá de capacitarse en la aplicación de medidas de mitigación y control ambiental.

SISTEMA PRODUCTIVO. Creación de empleos dentro del sistema productivo de servicios y comercio.

Considerando lo propuesto por el Marco de Salvaguarda Ambiental y Social para el Transporte Urbano (MASTU), la Categoría del proyecto es B, significando que las acciones seleccionadas del proyecto no ocasionan impactos ambientales irreversibles, se limitan al área de ejecución y pueden adoptarse medidas de mitigación relativamente fáciles de ejecutar. Tal es el caso de zonas con topografía ondulada; en las cercanías hay áreas con industrias que contaminen suelos; se encuentra cerca de canalizaciones o ríos urbanos; y/o (v) se requiere del orden de los 280 árboles.

3.11 Aspectos sociales

Afectaciones a las avenidas por la construcción del corredor Santa Lucía - Av. Félix U. Gómez – Cd. De los Ángeles –Rómulo Garza – Miguel Alemán

En las avenidas por las que transitará el Viaducto Elevado y que cuenten con amplios camellones, como es el caso de Cd. de los Ángeles en su tramo comprendido entre Nogalar y Churubusco, así como en Rómulo Garza, las afectaciones serán mínimas y en la mayoría de los casos imperceptibles, no así en los donde la circulación es a nivel, como es el caso de la Av. Miguel Alemán, donde el sistema puede circular al centro o en los carriles laterales. En ambos casos la política de Metrorrey sugiere la restitución de los carriles tomados para el sistema, de ser este el caso se requerirá de una afectación de una franja de 10.0 metros de ancho a lo largo de aproximadamente 6.1 Km. lo cual implica la adquisición de tierra a lo largo del corredor de 6.1 Ha.

Problemática Urbana por la Construcción del Corredor Santa Lucía - Av. Félix U. Gómez – Cd. De Los Ángeles – Rómulo Garza – Miguel Alemán

La estación en común de la Línea 1 de Metrorrey con la línea 3 en la estación de transferencia Félix U. Gómez, será elevada, asimismo el trazo del viaducto con altura de 14.5m en el tramo de la Av. Félix U. Gómez, desde la calle de Adolfo Prieto y su intersección con la calle de Miguel Ángel Conchello; condiciones que podrían ser poco atractivos para los usuarios causando efectos visuales negativos.

Por otra parte, los puntos de contacto entre la infraestructura eléctrica y el corredor se encuentran en:

- a) Félix Uresti Gómez donde se localizan cables de baja tensión cruzando de lado a lado la calle.
- b) Av. De los Ángeles, donde al final de la calle se localizan cables de alta tensión que cruzan de un lado al otro.
- c) Av. Rómulo Garza, las interferencias se localizan en la intersección de la Av. Rómulo Garza con el Corredor Ferroviario donde se ubican líneas de alta tensión.
- d) Av. Miguel Alemán, a lo largo de los 6.3 Km. que el corredor tiene sobre esta avenida, existen interferencias por cables de baja tensión.
- e) El caso de la infraestructura de PEMEX, las interferencias con el corredor se presentan en la Av. De los Ángeles, en ambos lados de la vialidad dado que se localizan señalamientos de ductos y tuberías. Asimismo, se localizan en la Av. Miguel Alemán señalamientos que indican la existencia de instalaciones con vapor a presión y tuberías a presión.

Una afectación relevante del proyecto es la demanda de suelo urbano en 23 Has. Para ser utilizadas como terminal de integración, patios y talleres. Estos predios se ubican en la Av. Miguel Alemán, las cuales predominantemente son propiedad de empresas o industrias, situación que facilita las negociaciones de expropiación.

3.12 Costo total del proyecto

3.12.1 Costos en la etapa de ejecución

Con base en los estudios desarrollados por FOA Consultores se realizó una estimación de la inversión total (sin IVA) para la construcción, equipamiento y puesta en marcha del corredor metropolitano Santa Lucía – Apodaca. La inversión inicial asciende a \$4,772 millones de pesos a precios de mercado de diciembre de 2011.

3.12.2 Costos en la etapa de operación

La base de cálculo para comparar entre la Situación Sin y Con Proyecto, es la estimación de los Vehículos-Kilómetro (Veh-Km) para cada uno de los casos, para esto se debe tomar en cuenta la composición actual de los modos de transporte (Midibuses y Autobuses), y sus características operativas como son: ocupación promedio y velocidades.

Un aspecto importante para el cálculo de los Veh-Km, son los relacionados con la duración del periodo de hora de máxima demanda (HDM), el horario de operación del sistema y las horas valle con las que operaría el Sistema de Corredores.

Para hacer posible la comparación entre la situación sin y con proyecto se debe efectuar un proceso de homologación de la situación sin proyecto, que se explica en la siguiente sección.

La situación anterior dificulta la comparación de la situación sin proyecto por lo que se procedió a estimar una flota actual equivalente que sustituiría los segmentos de tramos sobre el corredor atendido por las rutas actuales, por un sistema homólogo operado con los mismos parámetros actuales.

En la tabla siguiente se muestran los resultados de la flota equivalente utilizada en la situación sin proyecto.

Tabla 24. Parámetros utilizados en la Situación Sin Proyecto

Concepto	Midibús	Autobús
Composición Vehicular (%)	11.70%	88.30%
Pasajeros en HDM (Pax)	1,230	9,286
Velocidad HDM (Km/h)	14	14
Velocidad Horas Valle (Km/h)	16	16
Ocupación promedio HDM	42.75	66.5
Ocupación Promedio Hora Valle	42.75	66.5
Equipo Requerido en HDM (Flota equivalente)	51	249
Equipo Requerido en Hora Valle (Flota equivalente)	18	86
Costo de Operación Vehicular HDM (\$/Veh-Km)	\$14.39	\$21.20
Costo de Operación Vehicular Hora Valle (\$/Veh-Km)	\$13.45	\$19.66
Vehículos-Kilómetro anuales (millones)	2.3	11.0

Fuente: Estimación FOA Consultores

Los costos de operación vehicular provienen del modelo VOC (Vehicle Operating Cost) actualizado para diciembre de 2011, con vehículos operando sobre terreno plano a las velocidades consignadas en la tabla anterior.

Con base en la información anterior se obtuvieron la proyección de costos de operación vehicular, valor del tiempo de los usuarios¹³, emisiones de contaminantes y accidentes para la situación sin proyecto, que se presenta en la siguiente tabla.

¹³El valor del tiempo de los usuarios se tomó en \$22.52/hr de tiempo ahorrado

Tabla 25. Estimación de los Costos Económicos de la Situación Sin Proyecto (Servicio Troncal, millones de pesos por año)

Periodo / AÑO	COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR	COSTOS EN TIEMPOS DE TRASLADO	COSTOS DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES	COSTOS DE ACCIDENTES	COSTOS ECONÓMICOS SITUACIÓN SIN PROYECTO
1	256.05	657.04	30.47	3.31	946.86
2	261.17	670.18	31.08	3.37	965.80
3	292.51	750.60	34.81	3.78	1,081.69
4	327.61	840.67	38.98	4.23	1,211.50
5	347.27	891.11	41.32	4.49	1,284.19
6	364.63	935.67	43.39	4.71	1,348.40
7	382.86	982.45	45.56	4.94	1,415.82
8	402.01	1,031.58	47.83	5.19	1,486.61
9	422.11	1,083.15	50.23	5.45	1,560.94
10	443.21	1,137.31	52.74	5.72	1,638.98
11	465.37	1,194.18	55.37	6.01	1,720.93
12	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
13	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
14	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
15	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
16	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
17	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
18	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
19	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
20	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
21	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
22	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
23	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
24	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
25	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
26	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
27	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
28	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
29	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
30	488.64	1,253.89	58.14	6.31	1,806.98
Totales	13,248.97	33,997.79	1,576.47	171.12	48,994.35

Fuente: Estimación FOA Consultores

3.13 Calendario de Inversiones y Programa de Producción

Las inversiones iniciales, señaladas en tablas anteriores, se considera que pueden realizarse en dos años, una vez concluido el proyecto ejecutivo, las bases de licitación y/o las especificaciones funcionales.

3.14 Fuentes de Recursos y Financiamiento

Cobro de Tarifas y Boletaje. La tecnología y las características que debe poseer el sistema para la venta de boletaje y el cobro de tarifas, debe permitir un cobro eficiente y oportuno de las tarifas así como un control adecuado del acceso a los BRTs, pero al mismo tiempo debe ser conveniente y sencillo para los usuarios a través de la introducción de “tarjetas inteligentes” que no requieran “contacto físico”. Deberá tenderse hacia un sistema inteligente, que permita su plena y compatible utilización en otros sistemas en desarrollo en la ZMM.

El sistema incluirá: máquinas expendedoras de tarjetas, torniquetes de descuento de tarjetas y equipo de comunicación necesario para asegurar un servicio de cobranza y boletaje confiable que permita el registro contable y el reporte oportuno de los ingresos. Se establecerán controles para evitar la evasión en el pago de tarifas.

Fuentes de Financiamiento. Para tratar de garantizar el éxito del proyecto, se plantea involucrar a distintos actores en la realización de las inversiones según rentabilidad de los negocios, riesgos y capacidades de los actores.

En principio se ha previsto un arreglo en el que el Estado, con aportaciones de FONADIN, hace la provisión de la infraestructura básica y coordina la producción de los servicios y los privados aportan infraestructura secundaria, equipamientos y servicios. En este arreglo las partes aportarían recursos para los siguientes paquetes:

- a) Un paquete para el sector público en donde se incluyen carriles exclusivos, viaducto y terrenos para patios y terminales.
- b) Un segundo paquete a ser financiado por privados que incluiría equipamientos tecnológicos, estaciones, patios y talleres.
- c) Un tercer paquete con el material rodante y la prestación de los servicios.

En todo caso los porcentajes de aportación se basan en dos principios:

- a) Las reglas de operación de FONADIN, y
- b) La rentabilidad de los negocios derivados del proyecto.

4. SITUACIÓN CON PROYECTO

Situación Futura Con Proyecto

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

Se deberá reestructurar la operación de las rutas actuales existentes, puesto que deseablemente no existiría convivencia de otros servicios de transporte público sobre el Corredor de L3. Se pretende que existan servicios de alimentación al Sistema, como se indicó en el punto de estimación de la demanda.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la flota equivalente utilizada en la situación con proyecto.

Tabla 26. Parámetros utilizados en la Situación Con Proyecto (Servicio BERTRO)

Concepto	Autobús Articulado
Composición Vehicular (%)	100.00%
Pasajeros en HDM (Pax)	10,516
Velocidad HDM (Km/h)	35
Velocidad Horas Valle (Km/h)	35
Ocupación promedio HDM	228
Ocupación Promedio Hora Valle	228
Equipo Requerido en HDM (Flota equivalente)	34
Equipo Requerido en Hora Valle (Flota equivalente)	13
Costo de Operación Vehicular HDM (\$/Veh-Km)	\$ 16.23
Costo de Operación Vehicular Hora Valle (\$/Veh-Km)	\$ 16.23
Vehículos-Kilómetro anuales (millones)	3.7

Fuente: Estimación FOA Consultores

4.1 Descripción de Beneficios Atribuibles al Proyecto

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

Se identificaron los siguientes conceptos o rubros de beneficios:

- a) Ahorros en costos de operación vehicular
- b) Ahorros en tiempo de los usuarios del transporte
- c) Beneficios por reducción de accidentes mortales
- d) Beneficios por reducción de emisiones

De estos solo los dos primeros son útiles a los cálculos de los indicadores de rentabilidad socioeconómica, los otros se identifican y se estiman pero no se imputan en el proceso de cálculo

Tabla 27. Ahorros en Costos de Operación Vehicular (Millones de Pesos)

AÑO	SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORROS COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR EN MDP (A-B)
	BERTRO	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	ALIMENTACIÓN	SUMA (A)	BERTRO	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	ALIMENTACIÓN	SUMA (B)	
1									0.00
2									0.00
3	292.51	135.14	194.28	621.92	70.47	77.37	111.54	259.39	362.54
4	327.61	151.35	217.59	696.55	78.93	86.66	124.93	290.51	406.04
5	347.27	160.43	230.65	738.35	83.66	91.85	132.43	307.94	430.40
6	364.63	168.46	242.18	775.27	87.85	96.45	139.05	323.34	451.92
7	382.86	176.88	254.29	814.03	92.24	101.27	146.00	339.51	474.52
8	402.01	185.72	267.00	854.73	96.85	106.33	153.30	356.48	498.25
9	422.11	195.01	280.35	897.47	101.69	111.65	160.96	374.31	523.16
10	443.21	204.76	294.37	942.34	106.78	117.23	169.01	393.02	549.32
11	465.37	215.00	309.09	989.46	112.12	123.09	177.46	412.67	576.78
12	488.64	225.75	324.54	1,038.93	117.72	129.25	186.34	433.31	605.62
13	488.64	237.03	340.77	1,066.44	117.72	135.71	195.65	449.09	617.36
14	488.64	248.89	357.81	1,095.33	117.72	142.50	205.44	465.66	629.68
15	488.64	261.33	375.70	1,125.67	117.72	149.62	215.71	483.05	642.62
16	488.64	274.40	394.48	1,157.52	117.72	157.10	226.49	501.32	656.20
17	488.64	288.12	414.21	1,190.96	117.72	164.96	237.82	520.50	670.47
18	488.64	302.52	434.92	1,226.08	117.72	173.21	249.71	540.64	685.44
19	488.64	317.65	456.66	1,262.95	117.72	181.87	262.19	561.78	701.17
20	488.64	333.53	479.50	1,301.67	117.72	190.96	275.30	583.99	717.68
21	488.64	350.21	503.47	1,342.32	117.72	200.51	289.07	607.30	735.02
22	488.64	367.72	528.65	1,385.00	117.72	210.53	303.52	631.78	753.23
23	488.64	386.10	555.08	1,429.82	117.72	221.06	318.70	657.48	772.34
24	488.64	405.41	582.83	1,476.88	117.72	232.11	334.63	684.47	792.41
25	488.64	425.68	611.97	1,526.29	117.72	243.72	351.37	712.81	813.49
26	488.64	446.96	642.57	1,578.18	117.72	255.90	368.93	742.56	835.62
27	488.64	469.31	674.70	1,632.65	117.72	268.70	387.38	773.80	858.85
28	488.64	492.78	708.44	1,689.85	117.72	282.13	406.75	806.61	883.25
29	488.64	517.41	743.86	1,749.91	117.72	296.24	427.09	841.05	908.86
30	488.64	543.29	781.05	1,812.98	117.72	311.05	448.44	877.22	935.76
Totales	12,731.75	8,486.81	12,201.01	33,419.57	3,067.33	4,859.03	7,005.22	14,931.58	18,487.99

Tabla 28. Ahorros en Tiempos de Traslado (Millones de Pesos)

AÑO	SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORROS EN TIEMPOS DE TRASLADO EN MDP (A-B)
	BERTRO	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	ALIMENTACIÓN	SUMA (A)	BERTRO	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	ALIMENTACIÓN	SUMA (B)	
1									
2									
3	750.60	440.95	433.65	1,625.21	338.05	352.76	346.92	1,037.73	587.47
4	840.67	493.86	485.69	1,820.23	378.61	395.09	388.55	1,162.26	657.97
5	891.11	523.50	514.83	1,929.44	401.33	418.80	411.87	1,231.99	697.45
6	935.67	549.67	540.58	2,025.92	421.40	439.74	432.46	1,293.59	732.32
7	982.45	577.15	567.61	2,127.21	442.47	461.72	454.08	1,358.27	768.94
8	1,031.58	606.01	595.99	2,233.57	464.59	484.81	476.79	1,426.19	807.38
9	1,083.15	636.31	625.78	2,345.25	487.82	509.05	500.63	1,497.50	847.75
10	1,137.31	668.13	657.07	2,462.51	512.21	534.50	525.66	1,572.37	890.14
11	1,194.18	701.53	689.93	2,585.64	537.82	561.23	551.94	1,650.99	934.65
12	1,253.89	736.61	724.42	2,714.92	564.71	589.29	579.54	1,733.54	981.38
13	1,253.89	773.44	760.65	2,787.97	564.71	618.75	608.52	1,791.98	995.99
14	1,253.89	812.11	798.68	2,864.68	564.71	649.69	638.94	1,853.34	1,011.33
15	1,253.89	852.72	838.61	2,945.22	564.71	682.17	670.89	1,917.78	1,027.44
16	1,253.89	895.35	880.54	3,029.78	564.71	716.28	704.43	1,985.43	1,044.35
17	1,253.89	940.12	924.57	3,118.58	564.71	752.10	739.65	2,056.46	1,062.11
18	1,253.89	987.13	970.80	3,211.81	564.71	789.70	776.64	2,131.05	1,080.76
19	1,253.89	1,036.48	1,019.34	3,309.71	564.71	829.19	815.47	2,209.37	1,100.34
20	1,253.89	1,088.31	1,070.30	3,412.50	564.71	870.65	856.24	2,291.60	1,120.90
21	1,253.89	1,142.72	1,123.82	3,520.43	564.71	914.18	899.06	2,377.95	1,142.48
22	1,253.89	1,199.86	1,180.01	3,633.76	564.71	959.89	944.01	2,468.61	1,165.15
23	1,253.89	1,259.85	1,239.01	3,752.75	564.71	1,007.88	991.21	2,563.80	1,188.95
24	1,253.89	1,322.85	1,300.96	3,877.69	564.71	1,058.28	1,040.77	2,663.76	1,213.94
25	1,253.89	1,388.99	1,366.01	4,008.88	564.71	1,111.19	1,092.81	2,768.71	1,240.17
26	1,253.89	1,458.44	1,434.31	4,146.63	564.71	1,166.75	1,147.45	2,878.91	1,267.73
27	1,253.89	1,531.36	1,506.03	4,291.27	564.71	1,225.09	1,204.82	2,994.62	1,296.65
28	1,253.89	1,607.93	1,581.33	4,443.14	564.71	1,286.34	1,265.06	3,116.11	1,327.03
29	1,253.89	1,688.32	1,660.39	4,602.60	564.71	1,350.66	1,328.31	3,243.68	1,358.92
30	1,253.89	1,772.74	1,743.41	4,770.04	564.71	1,418.19	1,394.73	3,377.63	1,392.41
Totales	32,670.57	27,692.46	27,234.33	87,597.36	14,713.85	22,153.95	21,787.45	58,655.24	28,942.12

5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Apartado en que se presenta la evaluación socioeconómica del proyecto. El planteamiento inicia con una descripción de la metodología, se calculan los beneficios y costos sociales, las externalidades del proyecto que aún y cuando no imputan para los indicadores son importantes y los indicadores.

5.1 Aspectos Metodológicos

Una vez obtenidos los vehículos – kilómetro asociados para la situación Sin y Con Proyecto se procede a aplicar los siguientes parámetros:

- a) Costos de operación vehicular, provenientes del modelo VOC.
- b) Costos en tiempo de transporte de los usuarios, se estimó un valor del tiempo de \$22.63 por hora¹⁴.
- c) Consumo promedio de combustible por tipo de vehículo.
- d) Emisiones de contaminantes por tipo de vehículo
- e) Índice de accidentes mortales por vehículo-kilómetro en vialidades urbanas, con un valor de \$7.7 millones de pesos por vida

Para obtener la estimación de los ahorros socioeconómicos asociados del proyecto del Corredor Metropolitano Santa Lucía - Apodaca, a los vectores de los costos de la situación Sin Proyecto se le restan los costos de la situación Con Proyecto y al vector de costos marginales resultantes son los Ahorros Socioeconómicos asociados al Proyecto.

Por otra parte los costos asociados al proyecto son:

- a) Inversión inicial del proyecto: estaciones, terminales, carriles, talleres y equipo de transporte.
- b) Costos de mantenimiento de la infraestructura
- c) Inversiones adicionales en equipo de transporte

Con lo anterior se obtiene el vector de costos asociados al proyecto y finalmente para obtener el flujo socioeconómico del proyecto, este resulta de restar al vector de los ahorros el vector de los costos.

Al vector de los costos se le aplican los indicadores de rentabilidad socioeconómica que se describen más adelante, el esquema de evaluación se muestra en la figura que se presenta a continuación.

¹⁴El valor del tiempo de los usuarios se tomó en \$22.63 /hr .

Figura 70. Síntesis de la Metodología de Evaluación

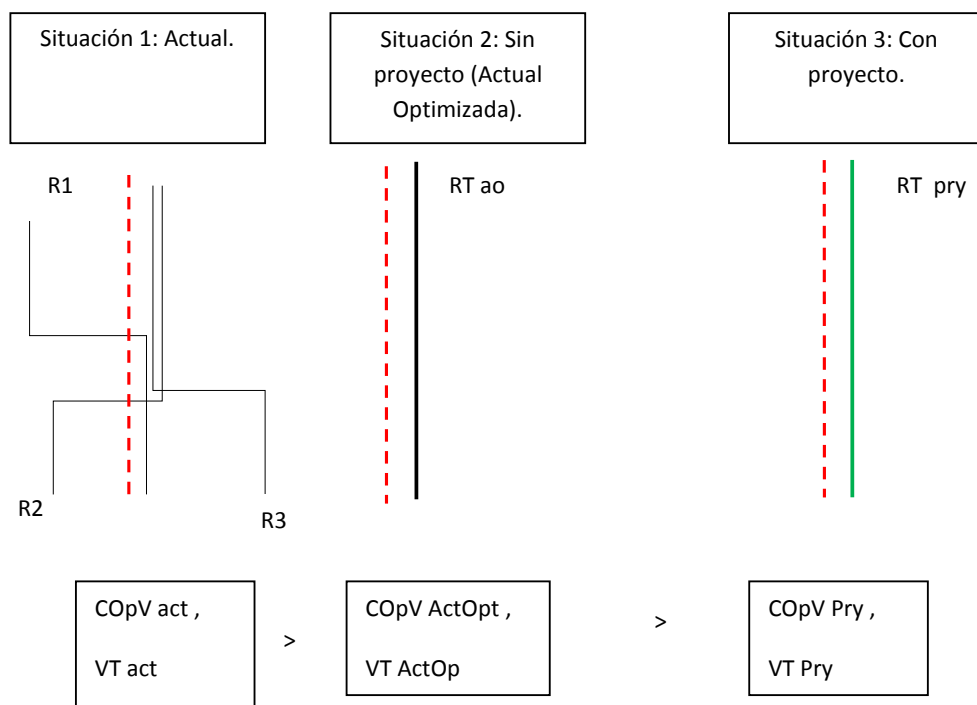


Fuente: FOA Consultores

Los lineamientos de la Unidad de Inversiones definen el proceso metodológico y particularmente para el cálculo de los beneficios instruye a que se haga sobre la situación actual optimizada, lo cual se entiende como la forma segura de no cargarle al proyecto los costos que podrían obtenerse con recursos propios y medidas de gestión o bajo costo.

Por lo anterior los beneficios y los costos se calculan por diferencia entre la situación con proyecto versus la situación actual optimizada; considerando que con la situación actual - optimizada se pueden obtener beneficios derivados de mejoras sobre las rutas actuales pero siempre trabajando con la demanda del Corredor, se asume entonces que la demanda se serviría reorganizando los actuales en una ruta troncal, utilizando los mismos vehículos pero con una mejor gestión que redunde en menos recorridos y más velocidad. De esta manera los beneficios obtenidos por diferencia entre la situación con proyecto (con vehículos de mayor capacidad) versus la situación actual optimizada resultan en una estimación conservadora de los beneficios pues se asume que la autoridad local, sin los recursos del proyecto, ya eliminó las ineficiencias del actual sistema, el proceso se ilustra en la Figura 71.

Figura 71. Proceso metodológico utilizado para comparar la situación con proyecto versus la situación actual optimizada



Fuente: Elaboración propia.

Si sigue figura de izquierda a derecha lo primero que se indica es la situación, luego en la Situación 2, situación actual optimizada, se puede ver que los costos de operación vehicular y el valor del tiempo de los usuarios son menores con respecto a la Situación Actual. Dichos diferenciales se derivan del retiro del exceso de flota ofertada en los traslapes de las rutas 1, 2 y 3 y se operaría con los vehículos actuales pero con una troncalización que en figura se llama “RT ao”.

En tanto, en la situación 3 (Con proyecto), se atendería la ruta troncal del corredor (RT Pry) con otros vehículos de mayor capacidad unitaria y menores costos de operación vehicular. También, con el proyecto, al segregar los vehículos de mayor capacidad del resto de los vehículos del corredor se obtiene una mayor velocidad de operación y por consiguiente menores costos operación y tiempos de recorrido para los usuarios. Por tanto, los beneficios del proyecto se calculan, conservadoramente, contrastando los costos operacionales y el valor del tiempo de los usuarios entre las situaciones 3 (con proyecto) y 2 (actual optimizada).

5.2 Beneficios sociales

5.2.1 Beneficios por ahorro de tiempo de los usuarios

En la situación sin proyecto, durante su operación la flota equivalente transporta a los usuarios a una velocidad promedio inferior (20 km/h) a la que lo haría el servicio BRT (32 km/h en HDM). Se estimó comparable la distancia a recorrer en ambos sistemas sería (36.6 Km en viaje redondo), de manera que las ventajas o ahorros en tiempo de los usuarios en la situación con proyecto se deberían al menor tiempo de traslado en el sistema BRT, con una diferencia estimada de 21 minutos por persona.

Por otra parte, para valorar el tiempo utilizado fue de \$22.63 por hora de los usuarios. Se han estimado los beneficios por tipo y servicio, en la Tabla 29 se presenta la síntesis por tipo de servicio y quinquenios y en las siguientes por tipo de servicio y año.

Tabla 29. Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios(Millones de pesos)

Concepto	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Todos los servicios	\$697.45	\$890.14	\$1,027.44	\$1,120.90
BERTRO	\$489.78	\$625.10	\$689.17	\$689.17
Servicios complementarios	\$104.70	\$133.63	\$170.54	\$217.66
Servicios de Alimentación	\$102.97	\$131.42	\$167.72	\$214.06

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 30. Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios, BERTRO
(Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Horas Año (millones)	Horas Día	Año	Día
	Horas Año (millones)	Horas Año (millones)	Millones Hrs.	Miles Hrs.	mdp Año	Miles de \$
1						
2						
3	33.32	15.01	18.32	50.18	412.55	1,130.28
4	37.32	16.81	20.51	56.20	462.06	1,265.92
5	39.56	17.82	21.74	59.57	489.78	1,341.87
6	41.54	18.71	22.83	62.55	514.27	1,408.96
7	43.62	19.64	23.97	65.68	539.99	1,479.41
8	45.80	20.63	25.17	68.96	566.98	1,553.38
9	48.09	21.66	26.43	72.41	595.33	1,631.05
10	50.49	22.74	27.75	76.03	625.10	1,712.60
11	53.02	23.88	29.14	79.83	656.36	1,798.23
12	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
13	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
14	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
15	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
16	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
17	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
18	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
19	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
20	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
21	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
22	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
23	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
24	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
25	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
26	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
27	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
28	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
29	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
30	55.67	25.07	30.60	83.82	689.17	1,888.15
Totales	1,450.40	653.22	797.19	2,184.07	17,956.72	49,196.50

Tabla 31. Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios, Servicio Complementarios (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Horas Año (millones)	Horas Día	Año	Día
	Horas Año (millones)	Horas Año (millones)	Millones Hrs.	Miles Hrs.	mdp Año	Miles de \$
1						
2						
3	19.6	15.7	3.92	10.7	88.2	241.6
4	21.9	17.5	4.39	12.0	98.8	270.6
5	23.2	18.6	4.65	12.7	104.7	286.8
6	24.4	19.5	4.88	13.4	109.9	301.2
7	25.6	20.5	5.12	14.0	115.4	316.2
8	26.9	21.5	5.38	14.7	121.2	332.1
9	28.2	22.6	5.65	15.5	127.3	348.7
10	29.7	23.7	5.93	16.3	133.6	366.1
11	31.1	24.9	6.23	17.1	140.3	384.4
12	32.7	26.2	6.54	17.9	147.3	403.6
13	34.3	27.5	6.87	18.8	154.7	423.8
14	36.1	28.8	7.21	19.8	162.4	445.0
15	37.9	30.3	7.57	20.7	170.5	467.2
16	39.7	31.8	7.95	21.8	179.1	490.6
17	41.7	33.4	8.35	22.9	188.0	515.1
18	43.8	35.1	8.76	24.0	197.4	540.9
19	46.0	36.8	9.20	25.2	207.3	567.9
20	48.3	38.7	9.66	26.5	217.7	596.3
21	50.7	40.6	10.15	27.8	228.5	626.2
22	53.3	42.6	10.65	29.2	240.0	657.5
23	55.9	44.7	11.19	30.6	252.0	690.3
24	58.7	47.0	11.75	32.2	264.6	724.8
25	61.7	49.3	12.33	33.8	277.8	761.1
26	64.7	51.8	12.95	35.5	291.7	799.1
27	68.0	54.4	13.60	37.3	306.3	839.1
28	71.4	57.1	14.28	39.1	321.6	881.1
29	75.0	60.0	14.99	41.1	337.7	925.1
30	78.7	63.0	15.74	43.1	354.5	971.4
Totales	1,229.4	983.5	245.9	673.6	5,538.5	15,174.0

Tabla 32. Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios, Servicio de Alimentación (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Horas Año (millones)	Horas Día	Año	Día
	Horas Año (millones)	Horas Año (millones)	Millones Hrs.	Miles Hors.	mdp Año	Miles de \$
1						
2						
3	19.25	15.40	3.85	10.55	86.73	237.62
4	21.56	17.25	4.31	11.81	97.14	266.13
5	22.86	18.28	4.57	12.52	102.97	282.10
6	24.00	19.20	4.80	13.15	108.12	296.21
7	25.20	20.16	5.04	13.81	113.52	311.02
8	26.46	21.17	5.29	14.50	119.20	326.57
9	27.78	22.23	5.56	15.22	125.16	342.90
10	29.17	23.34	5.83	15.98	131.42	360.04
11	30.63	24.50	6.13	16.78	137.99	378.04
12	32.16	25.73	6.43	17.62	144.89	396.95
13	33.77	27.01	6.75	18.50	152.13	416.79
14	35.46	28.37	7.09	19.43	159.74	437.63
15	37.23	29.78	7.45	20.40	167.72	459.51
16	39.09	31.27	7.82	21.42	176.11	482.49
17	41.05	32.84	8.21	22.49	184.91	506.62
18	43.10	34.48	8.62	23.62	194.16	531.95
19	45.25	36.20	9.05	24.80	203.87	558.54
20	47.52	38.01	9.50	26.04	214.06	586.47
21	49.89	39.91	9.98	27.34	224.76	615.79
22	52.39	41.91	10.48	28.70	236.00	646.58
23	55.01	44.00	11.00	30.14	247.80	678.91
24	57.76	46.20	11.55	31.65	260.19	712.86
25	60.64	48.51	12.13	33.23	273.20	748.50
26	63.68	50.94	12.74	34.89	286.86	785.93
27	66.86	53.49	13.37	36.64	301.21	825.22
28	70.20	56.16	14.04	38.47	316.27	866.48
29	73.71	58.97	14.74	40.39	332.08	909.81
30	77.40	61.92	15.48	42.41	348.68	955.30
Totales	1,209.06	967.25	241.81	662.50	5,446.88	14,922.97

Tabla 33. Beneficios por Ahorros en Tiempo de los Usuarios, todos los servicios (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Horas Año (millones)	Horas Día	Año	Día
	Horas Año (millones)	Horas Año (millones)	Millones Hrs.	Miles Hors.	mdp Año	Miles de \$
1						
2						
3	72.15	46.07	26.08	71.45	587.47	1,609.52
4	80.81	51.60	29.21	80.03	657.97	1,802.66
5	85.66	54.69	30.96	84.83	697.45	1,910.82
6	89.94	57.43	32.51	89.07	732.32	2,006.36
7	94.44	60.30	34.14	93.53	768.94	2,106.68
8	99.16	63.32	35.84	98.20	807.38	2,212.01
9	104.12	66.48	37.64	103.11	847.75	2,322.61
10	109.32	69.81	39.52	108.27	890.14	2,438.74
11	114.79	73.30	41.49	113.68	934.65	2,560.68
12	120.53	76.96	43.57	119.37	981.38	2,688.72
13	123.77	79.55	44.22	121.14	995.99	2,728.74
14	127.18	82.28	44.90	123.01	1,011.33	2,770.77
15	130.75	85.14	45.61	124.97	1,027.44	2,814.91
16	134.51	88.14	46.36	127.02	1,044.35	2,861.24
17	138.45	91.30	47.15	129.18	1,062.11	2,909.90
18	142.59	94.61	47.98	131.45	1,080.76	2,960.99
19	146.93	98.08	48.85	133.83	1,100.34	3,014.63
20	151.50	101.74	49.76	136.33	1,120.90	3,070.95
21	156.29	105.57	50.72	138.96	1,142.48	3,130.09
22	161.32	109.59	51.73	141.72	1,165.15	3,192.19
23	166.60	113.82	52.78	144.61	1,188.95	3,257.39
24	172.15	118.26	53.89	147.65	1,213.94	3,325.85
25	177.97	122.92	55.06	150.84	1,240.17	3,397.74
26	184.09	127.81	56.28	154.19	1,267.73	3,473.22
27	190.51	132.95	57.56	157.71	1,296.65	3,552.47
28	197.25	138.34	58.91	161.41	1,327.03	3,635.69
29	204.33	144.00	60.33	165.28	1,358.92	3,723.07
30	211.76	149.95	61.82	169.36	1,392.41	3,814.81
Totales	3,888.87	2,603.99	1,284.88	3,520.22	28,942.12	79,293.47

5.2.2 Beneficios por ahorro en costos de operación vehicular

Bajo la situación actual, sin proyecto, la demanda de transporte de personas que captaría el proyecto del BERTRO L3 Corredor Monterrey - Apodaca es satisfecha mediante un sistema de transporte público mediante midi buses y autobuses. En la situación sin proyecto se incurre en un costo anual de operación y mantenimiento de dicho sistema. Se consideró la situación optimizada con el cálculo de la flota equivalente.

En la situación con proyecto se dejaría de operar la flota equivalente de dicho sistema, lo cual acarrearía importantes ahorros en los vehículos-kilómetro, debido a que se requiere de menos unidades por la mayor capacidad de los vehículos utilizados y a las mayores velocidades de operación, principalmente en hora de máxima demanda.

En la siguiente tabla se muestran los ahorros en los costos de operación vehicular resultantes del análisis.

Tabla 34. Ahorros en los Costos de Operación Vehicular en todos los servicios (millones de pesos)

Concepto	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Todos los servicios	\$430.40	\$549.32	\$642.62	\$717.68
Servicio BERTROr	\$263.60	\$336.43	\$370.92	\$370.92
Servicios complementarios	\$68.58	\$87.53	\$111.71	\$142.57
Servicios de Alimentación	\$98.22	\$125.36	\$159.99	\$204.19

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 35. Ahorros en los Costos de Operación Vehicular, Servicio BERTRO
(millones de pesos)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Ahorros Año	Ahorros Día
	mdp Año	mdp Año	mdp Año	\$ miles Día
1			0.00	
2			0.00	
3	292.51	70.47	222.04	608.32
4	327.61	78.93	248.68	681.32
5	347.27	83.66	263.60	722.20
6	364.63	87.85	276.78	758.31
7	382.86	92.24	290.62	796.23
8	402.01	96.85	305.15	836.04
9	422.11	101.69	320.41	877.84
10	443.21	106.78	336.43	921.73
11	465.37	112.12	353.25	967.82
12	488.64	117.72	370.92	1,016.21
13	488.64	117.72	370.92	1,016.21
14	488.64	117.72	370.92	1,016.21
15	488.64	117.72	370.92	1,016.21
16	488.64	117.72	370.92	1,016.21
17	488.64	117.72	370.92	1,016.21
18	488.64	117.72	370.92	1,016.21
19	488.64	117.72	370.92	1,016.21
20	488.64	117.72	370.92	1,016.21
21	488.64	117.72	370.92	1,016.21
22	488.64	117.72	370.92	1,016.21
23	488.64	117.72	370.92	1,016.21
24	488.64	117.72	370.92	1,016.21
25	488.64	117.72	370.92	1,016.21
26	488.64	117.72	370.92	1,016.21
27	488.64	117.72	370.92	1,016.21
28	488.64	117.72	370.92	1,016.21
29	488.64	117.72	370.92	1,016.21
30	488.64	117.72	370.92	1,016.21
Totales	12,731.75	3,067.33	9,664.42	26,477.87

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 36. Ahorros en los Costos de Operación Vehicular, Servicio Complementario (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Ahorros Año	Ahorros Día
	mdp Año	mdp Año	mdp Año	\$ miles Día
1				
2				
3	135.14	77.37	57.77	158.26
4	151.35	86.66	64.70	177.25
5	160.43	91.85	68.58	187.89
6	168.46	96.45	72.01	197.28
7	176.88	101.27	75.61	207.15
8	185.72	106.33	79.39	217.50
9	195.01	111.65	83.36	228.38
10	204.76	117.23	87.53	239.80
11	215.00	123.09	91.90	251.79
12	225.75	129.25	96.50	264.38
13	237.03	135.71	101.32	277.60
14	248.89	142.50	106.39	291.48
15	261.33	149.62	111.71	306.05
16	274.40	157.10	117.29	321.35
17	288.12	164.96	123.16	337.42
18	302.52	173.21	129.32	354.29
19	317.65	181.87	135.78	372.01
20	333.53	190.96	142.57	390.61
21	350.21	200.51	149.70	410.14
22	367.72	210.53	157.18	430.64
23	386.10	221.06	165.04	452.17
24	405.41	232.11	173.30	474.78
25	425.68	243.72	181.96	498.52
26	446.96	255.90	191.06	523.45
27	469.31	268.70	200.61	549.62
28	492.78	282.13	210.64	577.10
29	517.41	296.24	221.17	605.96
30	543.29	311.05	232.23	636.26
Totales	8,486.81	4,859.03	3,627.78	9,939.11

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 37. Ahorros en los Costos de Operación Vehicular, Servicio de Alimentación (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Ahorros Año	Ahorros Día
	mdp Año	mdp Año	mdp Año	\$ miles Día
1				
2				
3	194.3	111.5	82.73	226.7
4	217.6	124.9	92.66	253.9
5	230.6	132.4	98.22	269.1
6	242.2	139.0	103.13	282.6
7	254.3	146.0	108.29	296.7
8	267.0	153.3	113.70	311.5
9	280.4	161.0	119.39	327.1
10	294.4	169.0	125.36	343.4
11	309.1	177.5	131.63	360.6
12	324.5	186.3	138.21	378.6
13	340.8	195.7	145.12	397.6
14	357.8	205.4	152.37	417.5
15	375.7	215.7	159.99	438.3
16	394.5	226.5	167.99	460.2
17	414.2	237.8	176.39	483.3
18	434.9	249.7	185.21	507.4
19	456.7	262.2	194.47	532.8
20	479.5	275.3	204.19	559.4
21	503.5	289.1	214.40	587.4
22	528.6	303.5	225.12	616.8
23	555.1	318.7	236.38	647.6
24	582.8	334.6	248.20	680.0
25	612.0	351.4	260.61	714.0
26	642.6	368.9	273.64	749.7
27	674.7	387.4	287.32	787.2
28	708.4	406.7	301.69	826.5
29	743.9	427.1	316.77	867.9
30	781.1	448.4	332.61	911.3
Totales	12,201.0	7,005.2	5,195.8	14,235.1

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 38. Ahorros en los Costos de Operación Vehicular, todos los servicios (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Ahorros Año	Ahorros Día
	mdp Año	mdp Año	mdp Año	\$ miles Día
1				
2				
3	621.92	259.39	362.54	993.25
4	696.55	290.51	406.04	1,112.44
5	738.35	307.94	430.40	1,179.19
6	775.27	323.34	451.92	1,238.15
7	814.03	339.51	474.52	1,300.06
8	854.73	356.48	498.25	1,365.06
9	897.47	374.31	523.16	1,433.31
10	942.34	393.02	549.32	1,504.98
11	989.46	412.67	576.78	1,580.23
12	1,038.93	433.31	605.62	1,659.24
13	1,066.44	449.09	617.36	1,691.39
14	1,095.33	465.66	629.68	1,725.15
15	1,125.67	483.05	642.62	1,760.59
16	1,157.52	501.32	656.20	1,797.81
17	1,190.96	520.50	670.47	1,836.89
18	1,226.08	540.64	685.44	1,877.93
19	1,262.95	561.78	701.17	1,921.01
20	1,301.67	583.99	717.68	1,966.25
21	1,342.32	607.30	735.02	2,013.76
22	1,385.00	631.78	753.23	2,063.63
23	1,429.82	657.48	772.34	2,116.00
24	1,476.88	684.47	792.41	2,170.99
25	1,526.29	712.81	813.49	2,228.73
26	1,578.18	742.56	835.62	2,289.36
27	1,632.65	773.80	858.85	2,353.02
28	1,689.85	806.61	883.25	2,419.86
29	1,749.91	841.05	908.86	2,490.04
30	1,812.98	877.22	935.76	2,563.73
Totales	33,419.57	14,931.58	18,487.99	50,652.04

Fuente: Estimación FOA Consultores

5.2.3 Beneficios por ahorros por reducción en la emisión de contaminantes

Debido, principalmente, a la reducción en los volúmenes de vehículos – kilómetro y al aumento en las velocidades de operación, las emisiones de contaminantes disminuiría, por tal razón inicialmente se calculó el consumo promedio de combustible en la situación con y sin proyecto. Al resultado anterior se les aplicó los parámetros de factores de emisión por tipo de contaminante, y posteriormente se le aplicó el costo económico asociado. En las siguientes tablas se muestra el resultado de los ahorros económicos en contaminantes, primero por tipo de servicio y quinquenio y luego por tipo de servicio y año.

Tabla 39. Beneficios por Reducción en Emisiones de Contaminantes por quinquenio y tipo de servicio (Millones \$)

Concepto	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Servicio BERTRO	\$31.03	\$39.60	\$43.66	\$43.66
Servicios Complementarios	\$6.90	\$8.81	\$11.24	\$14.35
Servicios de Alimentación	\$8.42	\$10.74	\$13.71	\$17.50

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 40. Beneficios por Reducción en Emisiones de Contaminantes, Servicio BERTRO (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Ahorros Año	Ahorros Día
	mdp Año	mdp Año	mdp Año	\$ miles Día
1			0.00	
2			0.00	
3	34.81	8.67	26.13	71.60
4	38.98	9.71	29.27	80.19
5	41.32	10.29	31.03	85.00
6	43.39	10.81	32.58	89.25
7	45.56	11.35	34.21	93.72
8	47.83	11.92	35.92	98.40
9	50.23	12.51	37.71	103.32
10	52.74	13.14	39.60	108.49
11	55.37	13.80	41.58	113.91
12	58.14	14.49	43.66	119.61
13	58.14	14.49	43.66	119.61
14	58.14	14.49	43.66	119.61
15	58.14	14.49	43.66	119.61
16	58.14	14.49	43.66	119.61
17	58.14	14.49	43.66	119.61
18	58.14	14.49	43.66	119.61
19	58.14	14.49	43.66	119.61
20	58.14	14.49	43.66	119.61
21	58.14	14.49	43.66	119.61
22	58.14	14.49	43.66	119.61
23	58.14	14.49	43.66	119.61
24	58.14	14.49	43.66	119.61
25	58.14	14.49	43.66	119.61
26	58.14	14.49	43.66	119.61
27	58.14	14.49	43.66	119.61
28	58.14	14.49	43.66	119.61
29	58.14	14.49	43.66	119.61
30	58.14	14.49	43.66	119.61
Totales	1,514.93	377.42	1,137.51	3,116.47

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 41. Beneficios por Reducción en Emisiones de Contaminantes, Servicio Complementarios (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Ahorros Año	Ahorros Día
	mdp Año	mdp Año	mdp Año	\$ miles Día
1			-	
2			-	
3	16.17	10.35	5.81	15.93
4	18.11	11.60	6.51	17.84
5	19.19	12.29	6.90	18.91
6	20.15	12.91	7.25	19.86
7	21.16	13.55	7.61	20.85
8	22.22	14.23	7.99	21.89
9	23.33	14.94	8.39	22.98
10	24.50	15.69	8.81	24.13
11	25.72	16.47	9.25	25.34
12	27.01	17.29	9.71	26.61
13	28.36	18.16	10.20	27.94
14	29.77	19.07	10.71	29.33
15	31.26	20.02	11.24	30.80
16	32.83	21.02	11.80	32.34
17	34.47	22.07	12.40	33.96
18	36.19	23.18	13.01	35.66
19	38.00	24.34	13.67	37.44
20	39.90	25.55	14.35	39.31
21	41.90	26.83	15.07	41.28
22	43.99	28.17	15.82	43.34
23	46.19	29.58	16.61	45.51
24	48.50	31.06	17.44	47.78
25	50.92	32.61	18.31	50.17
26	53.47	34.24	19.23	52.68
27	56.14	35.95	20.19	55.32
28	58.95	37.75	21.20	58.08
29	61.90	39.64	22.26	60.99
30	64.99	41.62	23.37	64.03
Totales	1,015.30	650.19	365.11	1,000.30

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 42. Beneficios por Reducción en Emisiones de Contaminantes, Servicio de Alimentación (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Ahorros Año	Ahorros Día
	mdp Año	mdp Año	mdp Año	\$ miles Día
1			0.00	
2			0.00	
3	20.4	13.3	7.09	19.4
4	22.8	14.9	7.94	21.8
5	24.2	15.8	8.42	23.1
6	25.4	16.6	8.84	24.2
7	26.7	17.4	9.28	25.4
8	28.0	18.3	9.74	26.7
9	29.4	19.2	10.23	28.0
10	30.9	20.1	10.74	29.4
11	32.4	21.1	11.28	30.9
12	34.0	22.2	11.84	32.4
13	35.7	23.3	12.43	34.1
14	37.5	24.5	13.06	35.8
15	39.4	25.7	13.71	37.6
16	41.4	27.0	14.39	39.4
17	43.4	28.3	15.11	41.4
18	45.6	29.7	15.87	43.5
19	47.9	31.2	16.66	45.7
20	50.3	32.8	17.50	47.9
21	52.8	34.4	18.37	50.3
22	55.4	36.1	19.29	52.8
23	58.2	37.9	20.25	55.5
24	61.1	39.8	21.27	58.3
25	64.2	41.8	22.33	61.2
26	67.4	43.9	23.45	64.2
27	70.7	46.1	24.62	67.4
28	74.3	48.4	25.85	70.8
29	78.0	50.9	27.14	74.4
30	81.9	53.4	28.50	78.1
Totales	1,279.3	834.1	445.2	1,219.7

Fuente: Estimación FOA Consultores

5.2.4 Beneficios por reducción de accidentes mortales

En la situación actual, sin proyecto, los recorridos de los autobuses ocasionan accidentes de tráfico mortales medidos mediante un índice de accidentes mortales por cada millón de vehículos-kilómetro. Se utilizó el índice de 0.03, al disminuir los vehículos-kilómetro el número de accidentes se abate. Por otra parte, según estándares nacionales, el valor estadístico de la vida se estimó en \$ 7.7 millones de pesos que representa lo que la sociedad estaría dispuesta a pagar para no perder una vida humana.

La Tabla 43 presenta una síntesis de ahorros por reducción de accidentes por tipo de servicio y quinquenio y las siguientes por tipo de servicio y año.

Tabla 43. Beneficios por Reducción de Accidentes Mortales por tipo de servicio y quinquenio (Millones \$)

Concepto	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Servicios BERTRO	\$3.23	\$4.12	\$4.54	\$4.54
Servicios complementarios	\$0.94	\$1.20	\$1.53	\$1.96
Servicios de Alimentación	\$1.35	\$1.72	\$2.20	\$2.80

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 44. Beneficios por Reducción de Accidentes Mortales, servicio BERTRO por año (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Veh-Km Año (millones)	Día	Año	Día
	Veh-Km / Año (millones)	Veh-Km / Año (millones)	Veh-Km / Año (millones)	Veh-Km / Año (miles)	mdp Año	Miles de \$
1					-	
2					-	
3	15.46	4.34	11.11	30.45	2.72	7.44
4	17.31	4.86	12.45	34.10	3.04	8.34
5	18.35	5.16	13.19	36.15	3.23	8.84
6	19.27	5.41	13.85	37.95	3.39	9.28
7	20.23	5.68	14.55	39.85	3.56	9.74
8	21.24	5.97	15.27	41.84	3.73	10.23
9	22.30	6.27	16.04	43.94	3.92	10.74
10	23.42	6.58	16.84	46.13	4.12	11.28
11	24.59	6.91	17.68	48.44	4.32	11.84
12	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
13	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
14	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
15	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
16	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
17	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
18	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
19	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
20	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
21	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
22	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
23	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
24	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
25	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
26	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
27	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
28	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
29	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
30	25.82	7.25	18.56	50.86	4.54	12.43
Totales	672.72	189.01	483.71	1,325.24	118.24	323.94

Tabla 45. Beneficios por Reducción de Accidentes Mortales, Servicio Complementario (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Veh-Km Año (millones)	Día	Año	Día
	Veh-Km / Año (millones)	Veh-Km / Año (millones)	Veh-Km / Año (millones)	Veh-Km / Año (miles)	mdp Año	Miles de \$
1					-	
2					-	
3	8.15	4.91	3.25	8.89	0.79	2.17
4	9.13	5.49	3.63	9.96	0.89	2.43
5	9.68	5.82	3.85	10.56	0.94	2.58
6	10.16	6.11	4.05	11.08	0.99	2.71
7	10.67	6.42	4.25	11.64	1.04	2.84
8	11.20	6.74	4.46	12.22	1.09	2.99
9	11.76	7.08	4.68	12.83	1.14	3.14
10	12.35	7.43	4.92	13.47	1.20	3.29
11	12.97	7.80	5.16	14.15	1.26	3.46
12	13.62	8.19	5.42	14.85	1.33	3.63
13	14.30	8.60	5.69	15.60	1.39	3.81
14	15.01	9.03	5.98	16.37	1.46	4.00
15	15.76	9.49	6.28	17.19	1.53	4.20
16	16.55	9.96	6.59	18.05	1.61	4.41
17	17.38	10.46	6.92	18.96	1.69	4.63
18	18.25	10.98	7.26	19.90	1.78	4.87
19	19.16	11.53	7.63	20.90	1.86	5.11
20	20.12	12.11	8.01	21.94	1.96	5.36
21	21.12	12.71	8.41	23.04	2.06	5.63
22	22.18	13.35	8.83	24.19	2.16	5.91
23	23.29	14.01	9.27	25.40	2.27	6.21
24	24.45	14.72	9.74	26.67	2.38	6.52
25	25.67	15.45	10.22	28.01	2.50	6.85
26	26.96	16.22	10.73	29.41	2.62	7.19
27	28.31	17.04	11.27	30.88	2.75	7.55
28	29.72	17.89	11.83	32.42	2.89	7.93
29	31.21	18.78	12.43	34.04	3.04	8.32
30	32.77	19.72	13.05	35.74	3.19	8.74
Totales	511.86	308.06	203.81	558.37	49.82	136.49

Tabla 46. Beneficios por Reducción de Accidentes Mortales, Servicio Alimentación (Millones \$)

Periodo / Año	Sin Proyecto	Con Proyecto	Veh-Km Año (millones)	Día	Año	Día
	Veh-Km / Año (millones)	Veh-Km / Año (millones)	Veh-Km / Año (millones)	Veh-Km / Año (miles)	mdp Año	Miles de \$
1					-	
2					-	
3	11.72	7.07	4.65	12.73	1.14	3.11
4	13.12	7.92	5.20	14.26	1.27	3.48
5	13.91	8.40	5.52	15.11	1.35	3.69
6	14.61	8.82	5.79	15.87	1.42	3.88
7	15.34	9.26	6.08	16.66	1.49	4.07
8	16.10	9.72	6.38	17.49	1.56	4.28
9	16.91	10.20	6.70	18.37	1.64	4.49
10	17.75	10.72	7.04	19.29	1.72	4.71
11	18.64	11.25	7.39	20.25	1.81	4.95
12	19.57	11.81	7.76	21.26	1.90	5.20
13	20.55	12.40	8.15	22.32	1.99	5.46
14	21.58	13.02	8.56	23.44	2.09	5.73
15	22.66	13.68	8.98	24.61	2.20	6.02
16	23.79	14.36	9.43	25.84	2.31	6.32
17	24.98	15.08	9.90	27.14	2.42	6.63
18	26.23	15.83	10.40	28.49	2.54	6.96
19	27.54	16.62	10.92	29.92	2.67	7.31
20	28.92	17.45	11.47	31.41	2.80	7.68
21	30.37	18.33	12.04	32.98	2.94	8.06
22	31.88	19.24	12.64	34.63	3.09	8.47
23	33.48	20.21	13.27	36.36	3.24	8.89
24	35.15	21.22	13.94	38.18	3.41	9.33
25	36.91	22.28	14.63	40.09	3.58	9.80
26	38.76	23.39	15.37	42.10	3.76	10.29
27	40.69	24.56	16.13	44.20	3.94	10.80
28	42.73	25.79	16.94	46.41	4.14	11.34
29	44.86	27.08	17.79	48.73	4.35	11.91
30	47.11	28.43	18.68	51.17	4.57	12.51
Totales	735.88	444.12	291.75	799.32	71.32	195.39

5.3 Costos Sociales

Los costos resultantes de la realización del proyecto se identificaron, fueron cuantificados y valorados sobre la base de las situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto en un horizonte de evaluación de 30 años.

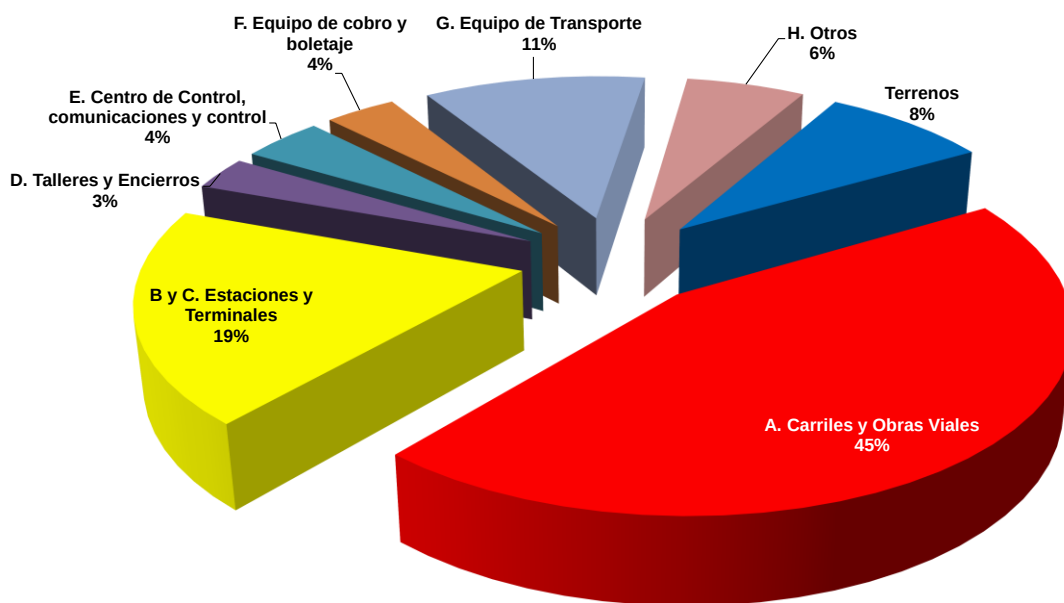
Se identificaron los siguientes conceptos o rubros de costos:

- a) Costos de inversión
- b) Costos de operación y mantenimiento

5.3.1 Costo de la inversión total

Los conceptos más significativos de inversión corresponden a los Carriles y Obras Viales con el 45% y las Estaciones y Terminales con el 19%, de la inversión inicial total de \$4,772 millones de pesos (a precios de mercado) para la construcción, equipamiento y puesta en marcha del corredor metropolitano Santa Lucía - Apodaca.

Figura 72. Desglose de la Inversión por Principales Rubros (Proyecto Integral). Porcentajes



Fuente: Estimación FOA Consultores

5.3.2 Costos de operación y mantenimiento

En la situación futura se tendrían los costos de operación y mantenimiento del proyecto (ya antes mencionados). Se ha estimado que el proyecto iniciaría operaciones el año 2015.

Las tablas que se presentan a continuación presentan los costos de mantenimiento por tipo de servicio y quinquenio.

Tabla 47. Costos de Mantenimiento por Servicio (Millones \$)

CONCEPTO	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
BERTRO				
Mantenimiento de terminales, estaciones y otros	12.52	12.52	12.52	12.52
Mantenimiento de carriles	31.99	31.99	31.99	31.99
Servicios Complementarios				
Mantenimiento de terminales y otros	2.62	2.62	2.62	2.62
Servicios de Alimentación				
Mantenimiento de terminales y otros	0.71	0.71	0.71	0.71
Suma	47.85	47.85	47.85	47.85

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 48. Costos de Mantenimiento Anuales por Servicio (Millones \$)

Periodo / Año	BERTRO		Servicios Complementarios	Servicios de Alimentación	Total Servicios		
	Mantenimiento de terminales, estaciones y otros	Mantto.de carriles	Mantenimiento de terminales y otros	Mantenimiento de terminales y otros	Mantenimiento de terminales, estaciones y otros	Mantto.de carriles	SUMA
1							
2							
3	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
4	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
5	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
6	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
7	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
8	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
9	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
10	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
11	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
12	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
13	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
14	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
15	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
16	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
17	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
18	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
19	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
20	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
21	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
22	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
23	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
24	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
25	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
26	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
27	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
28	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
29	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
30	12.52	31.99	2.62	0.71	15.86	31.99	47.85
Totales	350.66	895.85	73.33	20.00	443.99	895.85	1,339.84

Fuente: Estimación FOA Consultores

5.4 Externalidades del proyecto

El balance social también incluye las externalidades, desafortunadamente para nuestro medio, los valores unitarios de cada una de ellas están poco estudiados, por ende se identifican, se estiman pero no se imputan en el proceso de cálculo de los indicadores sociales. Para este ejercicio se consideraron solo dos: la reducción de emisiones y la reducción de accidentes mortales.

La realización del proyecto traerá consigo la reducción de los vehículos-Km de transporte público a base de autobuses y midibuses de otras unidades de menor capacidad ya que la demanda antes mencionada será atendida por un sistema de transporte BRT que en principio contaminaría en menor medida al ambiente. Se estimaron las reducciones anuales que se tendrían en las siguientes emisiones contaminantes:

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

Tabla 49. Estimación Reducción de Emisiones, Servicio BERTRO (Ton/año)

Concepto	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
CO ₂	25,383.01	32,395.87	35,716.45	35,716.45
HC	56.88	72.60	80.04	80.04
CO	332.76	424.69	468.22	468.22
NO _x	112.36	143.40	158.09	158.09
SO _x	7.64	9.75	10.74	10.74
PST	22.81	29.12	32.10	32.10

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 50. Estimación de Reducción de Emisiones, Servicio Complementarios (Ton/año)

Concepto	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
CO ₂	3,306.83	4,220.45	5,386.49	6,874.67
HC	14.66	18.71	23.88	30.48
CO	97.52	124.46	158.84	202.73
NO _x	26.30	33.56	42.83	54.67
SO _x	1.05	1.34	1.71	2.18
PST	6.04	7.71	9.84	12.55

Fuente: Estimación FOA Consultores

Tabla 51. Estimación de Reducción de Emisiones Contaminantes, Servicios de Alimentación (Ton por año)

Concepto	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
CO ₂	0.29	0.37	0.47	0.60
HC	20.99	26.79	34.20	43.64
CO	139.85	178.49	227.80	290.73
NO _x	37.60	47.99	61.25	78.18
SO _x	0.00	0.00	0.00	0.00
PST	8.64	11.02	14.07	17.95

Fuente: Estimación FOA Consultores

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

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

5.5 Flujos Anuales del Proyecto

Una vez se estiman los costos por cada rubro se construyen el flujo de costos económicos del proyecto, año por año; los beneficios resultan del diferencial con proyecto y sin proyecto. De estos flujos es que se calculan los indicadores del proyecto.

Tabla 52. Flujo Económico del Proyecto (Todos los servicios en millones de \$, a precios de mercado)

Periodo	COSTOS				BENEFICIOS			Valor de Rescate	BENEFICIO NETO	VPN	TIR (%)
	INVERSIONES (1)	COSTOS POR MOLESTIAS (2)	COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (3)	COSTOS TOTALES	AHORROS EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR	AHORROS EN TIEMPOS DE TRASLADO	TOTAL BENEFICIOS				
	mdp Año	mdp Año	mdp Año	mdp Año	mdp Año	mdp Año	mdp Año	mdp Año	mdp Año	mdp	% Real Anual
1	-2,064.2	-56.2	0.0	-2,120.4	0.00	0.00	0.0		-2,120.4	-1,893.2	
2	-2,707.5	-57.9	0.0	-2,765.4	0.00	0.00	0.0		-2,765.4	-4,097.8	
3	-93.0	-0.1	-47.9	-141.0	362.54	587.47	950.0		809.0	-3,521.9	
4	-72.3	-0.1	-47.9	-120.3	406.04	657.97	1,064.0		943.7	-2,922.2	-40.51%
5	-44.9	-0.1	-47.9	-92.8	430.40	697.45	1,127.9		1,035.0	-2,334.9	-19.69%
6	-32.5	-0.1	-47.9	-80.5	451.92	732.32	1,184.2		1,103.8	-1,775.7	-7.09%
7	-44.3	-0.1	-47.9	-92.3	474.52	768.94	1,243.5		1,151.2	-1,254.9	0.88%
8	-37.0	-0.1	-47.9	-85.0	498.25	807.38	1,305.6		1,220.7	-761.9	6.29%
9	-47.1	-0.1	-47.9	-95.1	523.16	847.75	1,370.9		1,275.8	-301.9	10.04%
10	-44.3	-0.1	-47.9	-92.3	549.32	890.14	1,439.5		1,347.2	131.9	12.76%
11	-48.7	-0.1	-47.9	-96.7	576.78	934.65	1,511.4		1,414.7	538.6	14.76%
12	-53.8	-0.1	-47.9	-101.8	605.62	981.38	1,587.0		1,485.2	919.8	16.28%
13	-31.3	-0.1	-47.9	-79.3	617.36	995.99	1,613.3		1,534.1	1,271.4	17.42%
14	-38.0	-0.1	-47.9	-86.0	629.68	1,011.33	1,641.0		1,555.0	1,589.6	18.29%
15	-35.8	-0.1	-47.9	-83.8	642.62	1,027.44	1,670.1		1,586.3	1,879.4	18.95%
16	-42.5	-0.1	-47.9	-90.5	656.20	1,044.35	1,700.6		1,610.1	2,142.0	19.47%
17	-42.5	-0.1	-47.9	-90.5	670.47	1,062.11	1,732.6		1,642.1	2,381.2	19.88%
18	-38.0	-0.1	-47.9	-86.0	685.44	1,080.76	1,766.2		1,680.2	2,599.7	20.20%
19	-49.2	-0.1	-47.9	-97.2	701.17	1,100.34	1,801.5		1,704.3	2,797.6	20.46%
20	-42.5	-0.1	-47.9	-90.5	717.68	1,120.90	1,838.6		1,748.1	2,978.8	20.67%
21	-55.9	-0.1	-47.9	-103.9	735.02	1,142.48	1,877.5		1,773.6	3,142.9	20.84%
22	-49.2	-0.1	-47.9	-97.2	753.23	1,165.15	1,918.4		1,821.2	3,293.4	20.98%
23	-53.7	-0.1	-47.9	-101.7	772.34	1,188.95	1,961.3		1,859.6	3,430.7	21.09%
24	-62.6	-0.1	-47.9	-110.6	792.41	1,213.94	2,006.3		1,895.7	3,555.6	21.19%
25	-60.4	-0.1	-47.9	-108.4	813.49	1,240.17	2,053.7		1,945.3	3,670.0	21.26%
26	-62.6	-0.1	-47.9	-110.6	835.62	1,267.73	2,103.3		1,992.7	3,774.6	21.33%
27	-69.3	-0.1	-47.9	-117.3	858.85	1,296.65	2,155.5		2,038.2	3,870.2	21.38%
28	-71.6	-0.1	-47.9	-119.6	883.25	1,327.03	2,210.3		2,090.7	3,957.8	21.42%
29	-69.3	-0.1	-47.9	-117.3	908.86	1,358.92	2,267.8		2,150.5	4,038.2	21.46%
30	-78.3	-0.1	-47.9	-126.3	935.76	1,392.41	2,328.2		2,201.9	4,111.6	21.49%
Totales	-6,242.3	-117.8	-1,339.8	-7,700.0	18,488.0	28,942.1	47,430.1		39,730.1		

(1) Incluye inversiones posteriores a la inversión inicial; (2) Estimado como el 3% de los costos de inversión Bertro y, posteriormente, como 0.3% de los de operación; (3) Estimado como el 1.5% de los costos de obras civiles

5.6 Cálculo de Indicadores de Rentabilidad estándar

Los indicadores que suelen utilizarse para calificar los proyectos de inversión son:

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

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

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

Donde

VPNS: Valor Presente Neto Social del Proyecto

FNE j : Flujos Netos de Efectivo esperados

Rj : Tasa social de descuento

J : índice de periodos de tiempo

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

A su vez:

$$FNE j : B j - Cj$$

Donde :

B j : Beneficios sociales esperados del proyecto

C j : Costos sociales esperados del proyecto

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

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

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

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

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

5.6.1 Cálculo de VANS, TIRS y TRIS

Para determinar la conveniencia, en términos socioeconómicos, de la realización del proyecto, se procedió al cálculo de los indicadores de rentabilidad socioeconómica, mediante la identificación y cuantificación de los beneficios y costos sociales del proyecto para un horizonte económico de 30 años y con un costo económico de oportunidad de los recursos de 12% anual (tasa anual de descuento).

De acuerdo con las proyecciones de Beneficios y Costos económicos señalados en el presente documento se obtuvo el flujo económico del proyecto al cual se le aplicaron los indicadores de rentabilidad señalados. A continuación se presenta el flujo resultante del Corredor Metropolitano Santa Lucía - Apodaca.

Tabla 53. Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto, (cifras en millones de pesos de diciembre de 2011, a precios de mercado)

Indicadores de rentabilidad	(Millones \$)
Valor Presente de los Costos (VPC)	\$4,736.60
Inversión	\$4,334.83
Operación y Mantenimiento	\$304.58
Valor Presente de los Beneficios (VPB)	\$97.19
Reducción de Costos de Operación Vehicular	\$8,848.24
Ahorro del tiempo usuarios	\$3,402.99
Valor de reducción accidentes mortales	\$5,445.26
Valor Presente Neto Social (VPNS)	\$4,111.65
Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)	21.49%
Relación Beneficio/Costo	1.87
TRI (3er. año)	16.59%

6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGOS

Se analizan los cambios en los indicadores de rentabilidad socioeconómica del proyecto ante ajustes en parámetros específicos. El análisis de sensibilidad se realiza sobre el proyecto integral y en el caso con externalidades.

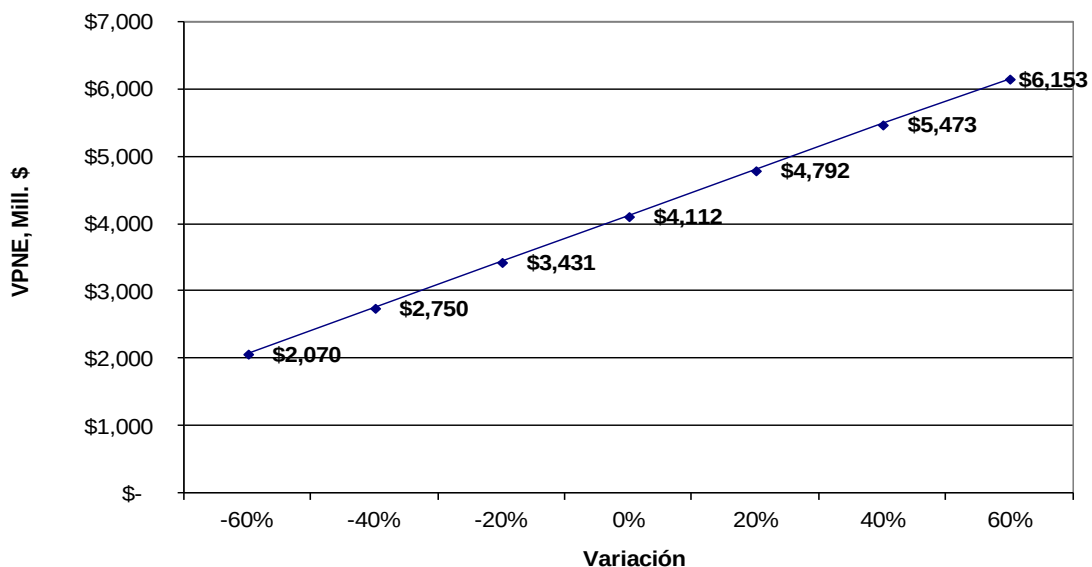
6.1 Sensibilidad de la Demanda

El proyecto continuaría siendo viable económicamente si la demanda de pasajeros se abatiera hasta un 45%, es decir el VPN seguiría siendo positivo. Un punto porcentual más en el abatimiento de la demanda ubicaría el VPN en cero y por lo tanto desaparecen los beneficios netos.

6.2 Sensibilidad a un aumento de costos de operación y mantenimiento

Un aspecto fundamental en la viabilidad del proyecto lo representan los costos de operación de los autobuses, ya que representa el mayor beneficio asociado con el proyecto por tal motivo en la siguiente gráfica se presenta las variaciones en VPN a 12% ante cambios porcentuales en este parámetro.

Figura 73. Sensibilidad del VPNS a Variación en los Ahorros de Operación de Autobuses

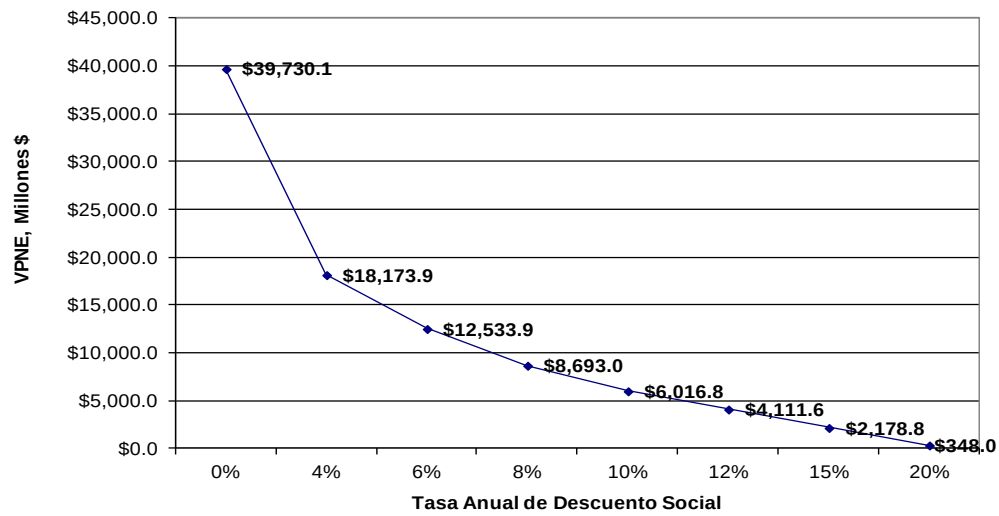


Fuente: Estimación FOA Consultores

6.3 Sensibilidad a la tasa de descuento social

Como en todos los proyectos, la Tasa de Descuento Social utilizada incide directamente en la viabilidad del mismo, aunque la solidez del proyecto le permite seguir siendo viable incluso con una tasa de descuento del 20% anual.

Figura 74. Sensibilidad del VPNS a la Tasa de Descuento

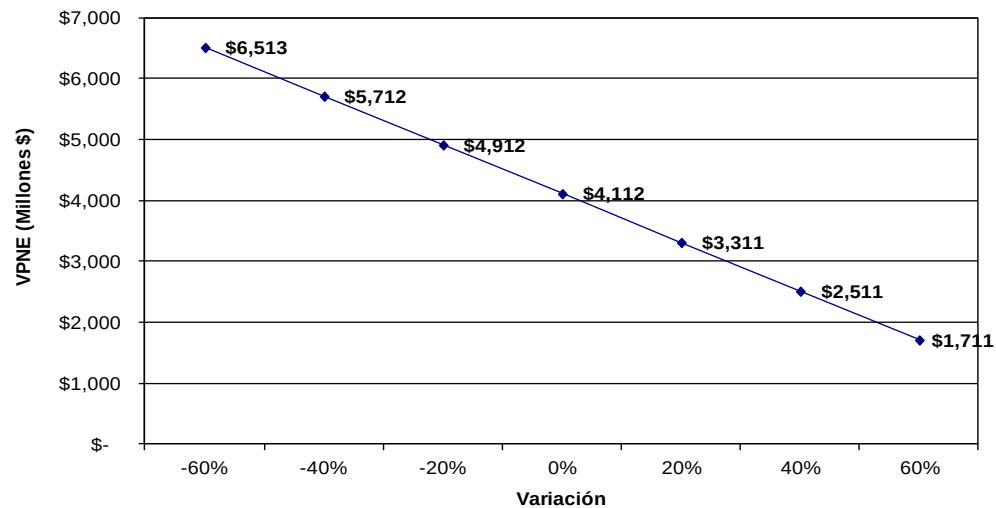


Fuente: Estimación FOA Consultores

6.4 Sensibilidad a los costos de inversión

El monto de inversión por realizar podría aumentar hasta 60% y aun así el proyecto continuaría siendo viable económicamente. A continuación se presenta la gráfica de la sensibilidad del VPN social del proyecto respecto a aumentos porcentuales en el monto total de inversión.

Figura 75. Sensibilidad del VPNS a Variaciones en Costos de Inversión Inicial



Fuente: Estimación FOA Consultores

6.5 Otros factores de riesgo

Sensibilidad a otros parámetros seleccionados.-

Los factores relacionados con el tiempo de los usuarios son los que mayor impacto tienen en la viabilidad del proyecto debido a que los beneficios relacionados son los más importantes. Si éste se redujese en más de un 76% el proyecto ya no sería económicamente viable.

Tabla 54. Parámetros utilizados Valor del tiempo de los usuarios

Parámetro	Valor Base Utilizado	Valor para que el VPN a 12% sea igual a cero
Valor del tiempo de los usuarios	\$ 22.63/hora	\$ 5.54 /hora

Fuente: Estimación FOA Consultores

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

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

Sobrecosto en obras y/o suministros.- Se han previsto dos paquetes de obra, uno con todas las obras de infraestructura asociadas al viaducto elevado y otro en donde se incluyen las estaciones, patios, talleres y otras infraestructuras menores. En el primer caso, dado que el proceso licitatorio por utilizar es el de obra pública, los riesgos en sobre costos los absorbería la dependencia. En el segundo caso se ha previsto un proceso APP a precio alzado y se tienen considerados imprevistos por aproximadamente el 7% del costo del proyecto; aquí los riesgos de sobre costos los absorbe el proponente.

Para los riesgos por obra inconclusa debido al incumplimiento del oferente ganador de la licitación de obras y suministros; las empresas licitantes tendrán que comprobar su capacidad técnica y financiera, y se establecerán fianzas de cumplimiento y penas convencionales en los contratos.

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

Accesos viales, obras complementarias y terrenos.- Se establecerán los compromisos del Gobierno del Estado de Nuevo León y sus municipios para llevar a cabo las obras necesarias. En materia de terrenos para estaciones y obras complementarias, se deberán adquirir en forma previa y establecer la coordinación con el Estado de Nuevo León para

adquirirlos o expropiarlos. La posibilidad de retrasos en el otorgamiento de los permisos y licencias, se resolverá mediante el compromiso del Estado de Nuevo León para otorgarlos en forma ágil y oportuna.

Costos de operación y/o mantenimiento superiores a lo estimado.- Toda vez que el BETRO es una etapa de transición al LRT, la idea es que sea Metrorrey el operador del servicio, para evitar liquidaciones a terceros al momento de la migración al nuevo sistema. El contrato de operación de Metrorrey quedará estipulado en valor en el proceso de la licitación.

7. CONCLUSIONES

En razón de lo arriba expuesto se puede concluir que:

- a) El proyecto incidiría significativamente en la partición modal pues agrega 480,000 pasajeros por día al sistema Metro, lo cual implica duplicar la participación del sistema en la partición modal general. Es decir en lugar de tomar un 4% de la demanda se llega al 9% haciendo factible la meta del 15% del total de la demanda que se planteó en el Plan Maestro original.
- b) En lo que respecta a los beneficios directos en el corredor se pueden sintetizar diciendo que hay un ahorro de 26.1 millones de horas-hombre al año y más allá de eso, vuelve regulares los servicios dignificando el transporte público en favor de los usuarios.
- c) La problemática de la Zona Conurbada de Monterrey se puede sintetizar en una pérdida de calidad de vida en el área por congestionamiento de sus vialidades y como consecuencia de un aumento exponencial del parque vehicular, siendo el Estado de mayor número de vehículos por habitante del país. Dentro de esta disminución de calidad de vida, se encuentra la pérdida del recurso valioso del tiempo de vida de las personas, en una actividad secundaria como es el traslado.
- d) Si bien este aumento exponencial de parque vehicular es una consecuencia de una compleja red de factores, se ha demostrado en experiencias nacionales e internacionales que la correcta implantación de proyectos de transporte urbano masivo vuelven atractiva la opción de uso de transporte público, aliviando o retardando la problemática de congestión vial.
- e) En el caso de Monterrey, la cobertura del transporte urbano masivo ha sido limitada en comparación al crecimiento del área urbana.
- f) El STC Metrorrey, demostró que un incremento de la cobertura hacia corredores con demanda consolidada, acompañado de una red de alimentación, donde se implementan esquemas de participación con empresas transportistas, tiene un éxito por demás sobresaliente. La estadística de los últimos años demuestra que la introducción de esos servicios cambió la participación del Metro en la partición modal pasando del 2% al 5.1%. La última intervención (ampliación de L2 y 5 TRANSMETROS) produjo tasas de crecimiento en la demanda servida por los servicios Metro por un corto periodo (3 años) que en promedio fueron del 30%.
- g) El Gobierno del Estado de Nuevo León se ha manifestado desde la década pasada, por impulsar un nuevo paradigma de desarrollo urbano, teniendo entre sus ejes de acción la implementación de corredores de transporte urbano masivo. Habiendo apoyado el proceso para el desarrollo del corredor Lincoln Ruiz Cortines (ECOVÍA) y ahora el desarrollo de la Línea 3 del STC Metrorrey.

- h) El trazo del proyecto Línea 3, se ubica en uno de los corredores de transporte de mayor demanda en el área, teniendo una combinación de infraestructura que permite maximizar el uso de recursos, al tener un monto mayor de inversión en el tramo donde la demanda ya se encuentra consolidada y brindando una continuación de servicio hacia la zonas en proceso de consolidación. Soportado por una red de alimentación. Se constituye así un proyecto integral de transporte que además tendrá un efecto sistémico al conectar con la actual red de Metrorrey.
- i) En este proceso de evaluación se analizaron tres tipos de tecnología destacando la opción BERTRO con indicadores de rentabilidad social superiores a cualquiera de las otras ($B/C = 1.87$ y $TIR = 21.5\%$).
- j) El BRT si bien es concebido como una buena solución a nivel tecnológico, para el caso del trazo de Línea 3 implica una importante suma de afectaciones, incrementando el monto de inversión y poniendo en riesgo al proyecto por la condicionante social. El BERTRO será una transición entre un BRT elevado y el LRT. A corto plazo (5-8 años) la demanda creciente justificará el LRT, por lo que a fin de aprovechar los autobuses articulados se podrían dar los pasos necesarios previo al término de la vida útil de las unidades, para iniciar las obras instalar las vías y la catenaria para el LRT y otras adecuaciones.

De acuerdo a la evaluación económica del proyecto se identifican los siguientes resultados.

- a) El proyecto de BERTRO es viable desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto ya que supera la tasa del 12% anual señalada por las autoridades hacendarias federales. Al igual que la relación Beneficio-Costo supera la unidad.
- b) Ambientalmente el proyecto propiciará ahorros significativos en las emisiones contaminantes sobre el corredor, tanto en las locales, como en las de efecto invernadero.
- c) De acuerdo con el índice de la TRI (Tasa de Rendimiento Inmediato) el proyecto supera la tasa del 12% anual y podría haberse implementado con anterioridad al año 3.
- d) Los ahorros o beneficios fueron calculados sobre la base de una situación optimizada de manera que los resultados serían mejores de compararse con la situación actual no optimizada.
- e) Las pruebas de sensibilidad sobre variaciones a los parámetros clave de la evaluación señalan que no obstante éstas el proyecto seguiría siendo rentable.

Con base en lo anterior la recomendación sería proceder con la siguiente etapa del proyecto BERTRO mediante su valoración de costos a nivel proyecto ejecutivo. Por otra parte, las pruebas de sensibilidad previas señalan que muy probablemente el proyecto seguirá siendo rentable.



8. ANEXOS

8.1 Migración Tecnológica

El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) tiene una población de 3.9 millones de habitantes y concentra el 86% de la población de todo el Estado, es la tercera zona metropolitana más poblada de México y todos los días se mueven 8.2 millones viajes. Los viajes son atendidos con una red Metro de 32 km, unas 5,000 unidades de transporte público y 1.6 millones de vehículos registrados; los usuarios, en lo general son usuarios con características socioeconómicas un poco más altos que en el resto del país (PIB per cápita del orden de los \$ 14,000 usd por año) y que se mueven en un entorno de desarrollo urbano de baja densidad y usos del suelo desagregados. El resultado es que la participación modal ha caído constantemente desde mediados de los años 90 del siglo pasado en favor del automóvil particular hasta llegar a una participación del orden del 50%. Este dato, el de la participación modal tiene otras expresiones afines o paralelas: en el periodo de 2000 – 2005 se registró una tasa de crecimiento en el número de vehículos del 8.5% anual, muy superior al crecimiento poblacional del mismo periodo (2.1%) y al crecimiento del parque vehicular nacional, 7.2%; mientras que la media nacional es de 214 vehículos por cada mil habitantes, en el área es de 403 (año 2005)¹⁵.

Uno de los principales esfuerzos para revertir tal tendencia fue la creación del Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey (STC Metrorrey) en 1987, a tal efecto se planteó un Plan Maestro con 4 líneas y dos extensiones para llegar a una longitud de 84 Km. Esta red debería estar completa en el año 2000 y atender una demanda del 15% de todos los viajes del AMM Figura 76.

Figura 76. Plan Maestro Red del STC Metrorrey (1988)

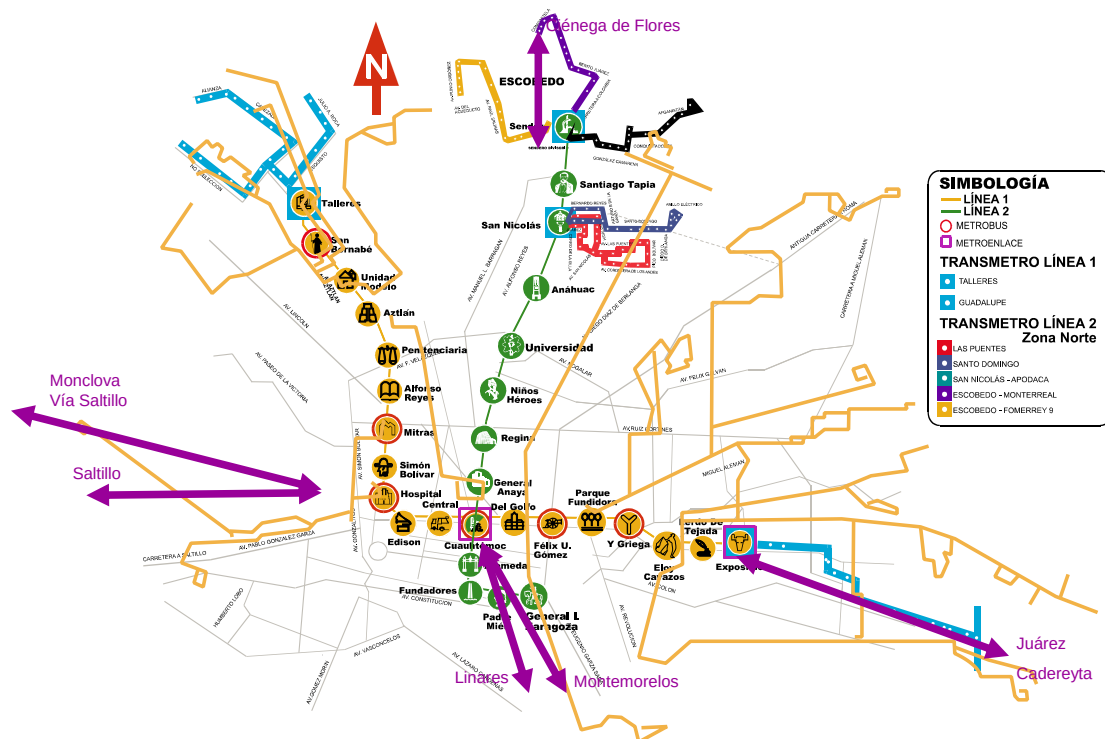


Fuente: Plan Maestro del Metro, 1987.

¹⁵ En el 2009 se tuvo un registro de parque vehicular de 1.6 millones dentro de los 9 municipios que conforman el Área.

En 1991 inicia la operación de la Línea 1 conectando el Municipio de Guadalupe (oriente del Área Metropolitana) con el Municipio de Monterrey (norponiente del Área Metropolitana). Tres años después, en 1994, entra en el sistema Línea 2 pero con una extensión de 4.9 Km. Hasta el año 2008 entra en operación la totalidad de la Línea 2, conectando desde el primer cuadro central hasta el norte de la zona en el municipio de Escobedo, uniendo importantes puntos al sistema como la Universidad Autónoma de Nuevo León y desarrollos habitacionales (Figura 77). Los primeros años de operación del sistema registran una baja cobertura y bajas tasas de crecimiento (ambas iguales o menores al 2%, la primera del total de los viajes y la segunda como crecimiento anual) que solo empiezan a cambiar con la introducción de servicios de superficie (2002, con la primer generación de TRANSMETROS) y que se confirma con el modelo seleccionado para la ampliación de la Línea 2, básicamente un tramo de Metro y 5 servicios de alimentación en superficie, de ahí la actual integración del Sistema y segmento servido en la partición modal del Área Metropolitana que llega ya al 5.11 % (Figura 78). Al mismo tiempo los recursos se hacen escasos tanto que las intervenciones Metro se tornan pequeñas, más espaciadas y de hecho, dado el giro en la política del Gobierno Federal para financiar este tipo de proyectos, insostenible.

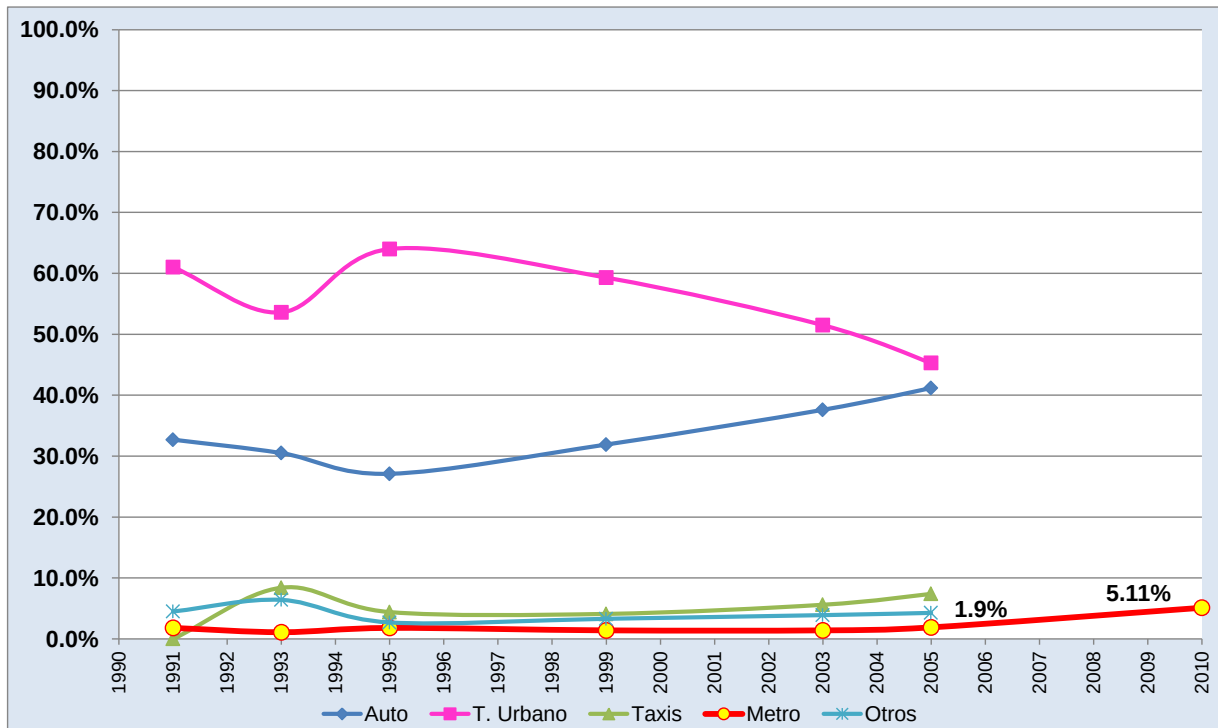
Figura 77. Red Actual



Fuente: STC Metrorrey

La evolución descrita impone el reto de encontrar la manera de seguir haciendo provisión de servicios de transporte público de alta calidad con las restricciones imperantes: zona urbana con baja densidad poblacional, alta preferencia por medios individuales, alta motorización y sobre todo una fuerte restricción presupuestal.

Figura 78. Evolución de la partición modal



Fuente: Consejo Estatal del Transporte y datos históricos del STC Metrorrey

La respuesta más completa diría que con más oferta de transporte público y medios no motorizados vinculados a un modelo de desarrollo urbano de alta densidad y usos mixtos, posible solo si se vinculan y alinean tres factores: el modelo de desarrollo urbano, la oferta y su financiamiento. Los tres son relevantes y no pueden ser disociados, pero el más difícil de los tres es el del financiamiento pues los fondos se han tornado cada vez más escasos, decrecientes por parte del Gobierno Federal y de hecho con una nueva orientación con la implantación de PROTRAM.

La respuesta institucional es la crear una Política Pública de Movilidad Sustentable que pasa por cambiar los paradigmas en los temas de desarrollo urbano y transporte, con foco en la creación de un Sistema Integrado de Transporte Público que permita:

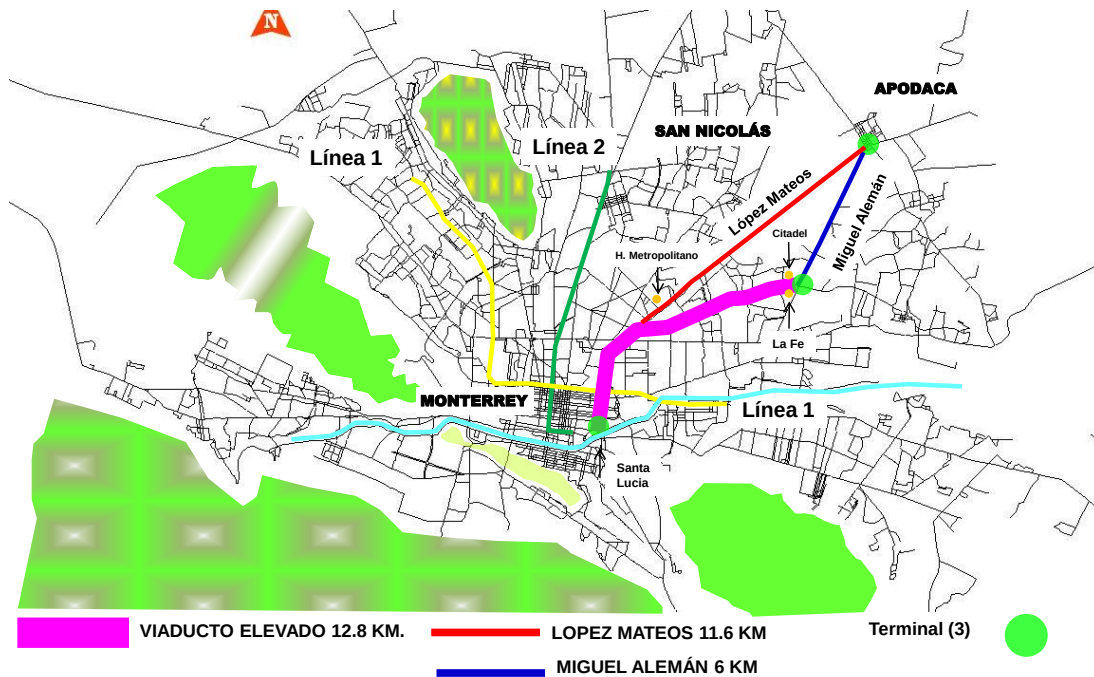
- Implantar servicios de transporte de alta capacidad y calidad, pero sin los altos costos del Metro.
- Tales servicios deben tener características tales que autogeneren y aceleren la maduración de la demanda, sea por atracción de nuevos viajeros, por incentivo de densificación a lo largo de la línea o por efecto sistémico.
- Preservar los derechos de vía y toda la infraestructura posible de tal forma que cuando la demanda lo permita sea posible migrar a tecnologías con más capacidad.

Dos estrategias sirven a este propósito:

- a) El desarrollo del Sistema Integrado de Transporte, que admite diversas tecnologías y centra los incentivos de la demanda en una gestión coordinada de alta calidad, integración física e integración tarifaria. De hecho incorpora ya el Corredor Ecovía (Lincoln – Ruiz Cortines) en etapa de construcción.
- b) La introducción de los servicios BERTRO, que no es más que la idea de aprovechar lo mejor de los sistemas BRT (alta calidad y bajo costo) con lo mejor de los sistemas Metro (alta calidad y capacidad con grandes niveles de seguridad y sustentabilidad ambiental).

En particular, en este documento se analiza el Corredor Línea 3 Santa Lucía – Apodaca (L3), uno de los de mayor demanda en la conurbación. El corredor de Monterrey – Apodaca, tiene su inicio en las orillas del río Santa Catarina a la altura de la zona de hospitales, localizada al inicio de la Av. Félix Uresti Gómez, continúa por la Av. Los Ángeles, sigue por Av. Nogalar, continua por Rómulo Garza y finaliza en la Av. Miguel Alemán en Apodaca. Tiene una longitud de 19.3 Km. (incluye cola de maniobras y rampas); un servicios complementario por la Avenida López Mateos (11.6 km) y 10 servicios de alimentación. Su trazo tiene influencia directa en los municipios de Monterrey, San Nicolás de los Garza, Guadalupe y Apodaca (Figura 79).

Figura 79. Localización del Proyecto

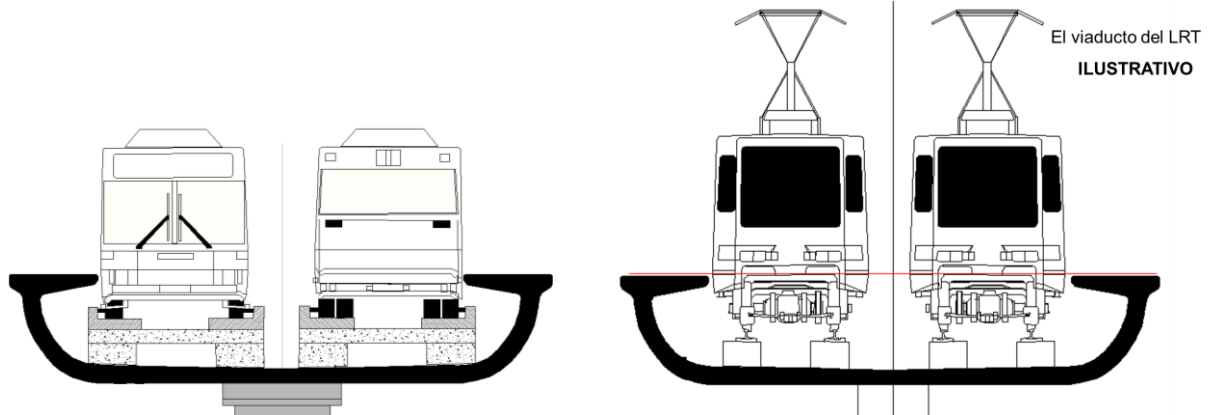


Fuente: STC Metrorrey

Se asume que en el futuro, con el crecimiento de la demanda, se haría necesaria una migración de tecnologías que de hacerse a partir de un BRT tradicional a nivel implicaría “desechar” una buena parte de la inversión inicial en infraestructura, la otra posibilidad es construir desde el principio la infraestructura básica (en este caso un viaducto elevado) donde

la demanda lo requiera y después adicionar el equipamiento para operar sobre el mismo viaducto con vehículos tipo Metro (Figura 80).

Figura 80. Migración Tecnológica



Fuente: FOA Consultores

Con el enfoque planteado y el uso de modelos de demanda se ha encontrado que la demanda captada por el conjunto de servicios propuestos sería del orden de los 480,000 pasajeros por día, prácticamente la misma demanda que ha madurado en los 24 años de historia del sistema y permitiría cambiar el porcentaje de participación modal pasando del 4% al 8% de la demanda total de viajes del Área Metropolitana de Monterrey, los indicadores socioeconómicos que se logran superan los mínimos requeridos (**¡Error! No se encuentra el rígen de la referencia.**). La demanda total es posible por el alto nivel de integración física y tarifaria con el que se conceptualizó el proyecto y resulta de sumar los aportes de tramo viaje por día de cada subsistema: 175,786 del BERTRO; 103,883 de los servicios complementarios y 202,215 de los alimentadores.

8.1.1. Migración Tecnológica

Los servicios BERTRO son la respuesta institucional a un problema de provisión de bienes públicos, particularmente servicios para la movilidad sustentable en un contexto en donde las preferencias de los usuarios están claramente encaminadas a medios individuales sin un sistema de precios que internalice las externalidades que estos hacen recaer sobre la sociedad.

BERTRO nace a partir de la disociación entre las metas del Plan Maestro del Sistema (1987) y la realidad:

- El Plan implicaba la construcción de 4 líneas para llegar a una red de 84 kilómetros y servir el 15 % de la demanda total del Área Metropolitana de Monterrey
- Solo en años recientes se alcanzaron coberturas del orden del 5.6 %.
- Las razones tienen que ver con la baja densidad poblacional del Área Metropolitana de Monterrey, un menor crecimiento de la población, la escasez de recursos (solo se pudieron construir dos Líneas en lugar de 5) y la preferencia de los usuarios por los medios individuales.

- d) En concreto, alcanzar la meta del 15% de la demanda total de los viajes exigiría inversiones sostenidas del orden de los \$ 28 musd durante los siguientes 25 años sin garantía de alcanzar la demanda meta.

Dicho de otra forma, se trata de cambiar la preferencia de los usuarios ofertando la mayor cantidad de bienes de alta calidad a costos tales que los indicadores sociales sean positivos.

Así, BERTRO pretende bajar los costos de inversión inicial de los servicios Metro (\$ 42 musd por kilómetro), preservar los derechos de vía y migrar a tecnologías de mayor capacidad cuando la demanda lo requiera y los beneficios sociales sean suficientes. Por eso el proyecto planteado busca la rentabilidad social de por sí mismo, con un cierto tipo de estructura y un cierto tipo de material rodante, pero también deja abierta la posibilidad para migrar en el futuro si se cumplen ciertas condiciones.

En principio, los elementos que definen la migración tecnológica son:

- a) Demanda como factor determinante de la tecnología seleccionada en condiciones de eficiencia y sustentabilidad
- b) Capacidad de Operación de cada tecnología en atención del umbral de operación factible (intervalo crítico de servicio)
- c) Condiciones de Participación de Potenciales Concesionarios en condiciones de recuperación de inversión y rentabilidad razonable de participación

Una descripción más amplia de las condiciones que definen la migración tecnológica se presenta a continuación.

8.1.2. Demanda como factor determinante de la tecnología seleccionada en condiciones de eficiencia y sustentabilidad

El sistema BERTRO se fundamenta en la necesidad de una infraestructura que permita con una inversión inicial menor el escalamiento de tecnologías en condiciones de inversión eficiente y sustentable de acuerdo a la maduración de la demanda.

Por ello el escenario de demanda es determinante para la elección tecnológica de mayor eficiencia dentro de los rangos de operatividad, optimización de inversiones y factibilidad económica y financiera. Servir ciertos niveles de demanda requiere, dependiendo de la tecnología que se trate. Con base en lo anterior y a la posibilidad real de acceder a recursos radicados en PROTRAM, se decidió operar con buses biarticulados sobre una infraestructura elevada (segmento de mayor demanda y más restricciones físicas por carencias de espacios y congestión) pero mucho menos que la necesaria para un tren ligero. El proyecto se diseñó para, una vez madura la demanda y cumplidos los plazos derivados de la TRI, migrar los servicios a tren ligero. Obviamente, dicha migración implica una segunda etapa de construcción e incorporación de tecnologías (carros, energía, rieles, pilotaje, etc.). En principio, una de las variables más relevantes para iniciar el proceso de migración es el tamaño de la demanda o su contraparte: la oferta.

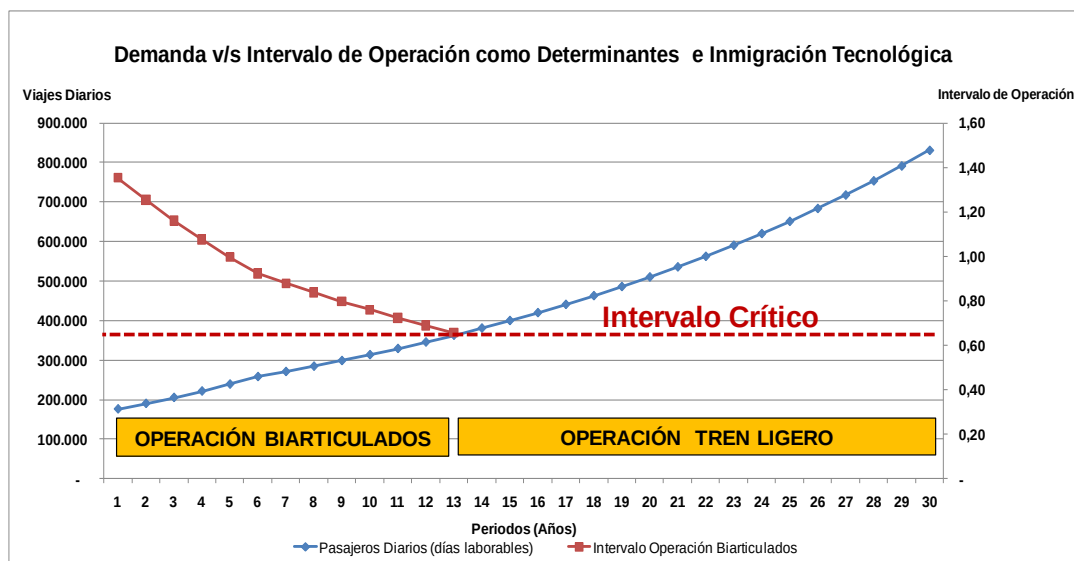
8.1.3. Capacidad de Operación de cada tecnología y Migración en atención del umbral de operación factible (intervalo crítico de servicio)

Considerando como indicador determinante de la factibilidad técnica de operación el funcionamiento dentro de un intervalo de paso razonable, indicador que tiene un límite práctico, en el caso de la operación con autobuses biarticulados el intervalo crítico se presenta en la medida que éste es menor a 0.7 minutos a partir de esta situación, se complica la operación en las estaciones de ascenso/descenso de pasajeros y la seguridad en la operación.

Los resultados de evaluación indican que punto de migración se presenta en un plazo de 10 años de operación, a partir del cual es necesaria la operación con unidades de mayor capacidad, en este caso Tren Ligero.

La grafica que se presenta a continuación permite visualizar el momento crítico que determina la migración de la operación con autobuses biarticulados a Tren Ligero con base en el momento en que el intervalo de operación en la sección de máxima demanda en el sentido crítico alcanza el mínimo permisible para una operación en condiciones de operatividad y seguridad.

Figura 81. Intervalo crítico para migración tecnológica



No obstante la pertinencia de los aspectos técnicos y de demanda no son los únicos factores por considerar, es relevante también el esquema de negocios particularmente si la necesidad de migración por demanda no coincidiera con los compromisos asociados a la participación de privados en el financiamiento de las inversiones iniciales.

8.1.4. Costos de la migración

Una vez se llega al intervalo crítico debe pensarse en la migración tecnológica o dicho de otra manera hacer la inversión que originariamente, en razón de la demanda, no resultaba pertinente hacer. El intervalo crítico implica que la demanda ha madurado de tal forma que se requiere más capacidad y la manera de lograrlo es sustituyendo el sistema de autobuses por un

sistema metro. Se estima que tal transformación requeriría de implantar las siguientes componentes:

- a) Sistema de vías (rieles, sujetadores, almohadillas, aparatos de vía, placas aislantes, reperfilado inicial, etc.)
- b) Señalización y control (circuitos de vía, monitoreo en el Puesto de Control Central, semáforos, paratrenes, señales, etc.)
- c) Sistema de energía (catenaria, cableado, subestaciones rectificadoras, alimentadoras, canalizaciones, sistemas de tierras, acometidas, etc.)
- d) Equipamiento patios y talleres La Primavera (taller de mantenimiento menor, almacén general, comedor, torre de control, área de capacitación, peines de almacenamiento de trenes, área de lavado de trenes, vía de pruebas, oficinas, etc.)
- e) Material rodante (trenes)
- f) Servicio provisional de transporte con autobuses a nivel calle durante los trabajos de la transición

La estimación del costo que tal proceso implica es del orden de los \$ 3,950 millones de pesos y el proceso constructivo seguiría la secuencia que se describe a continuación:

- a) Adquisición de trenes.
- b) Suspensión del servicio BERTRO elevado sustituyéndolo con autobuses a nivel calle en un servicio degradado temporal.
- c) Retiro de instalaciones requeridas para la circulación de BERTRO en el viaducto (guardas o guías).
- d) Instalación de vías (almohadillas, sujetadores, rieles, aparatos de vía, etc.).
- e) Instalación de sistema de alimentación eléctrica sobre el viaducto (Buses de alimentación).
- f) Instalación de sistema de telecomunicaciones (fibra óptica).
- g) Colocación de postes y cableado de catenaria para alimentación de trenes.
- h) Instalación de equipamiento de señalización y control a lo largo del viaducto
- i) Equipamiento de subestaciones rectificadoras a lo largo del viaducto
- j) Equipamiento de puestos de enclavamiento (señalización)
- k) Equipamiento de estaciones de pasajeros (cuartos técnicos)
- l) Perfilado inicial de vías
- m) Recepción de trenes
- n) Período de pruebas operativas y puesta en marcha
- o) Inicio de operación de trenes y suspensión de servicio con autobuses a nivel calle.

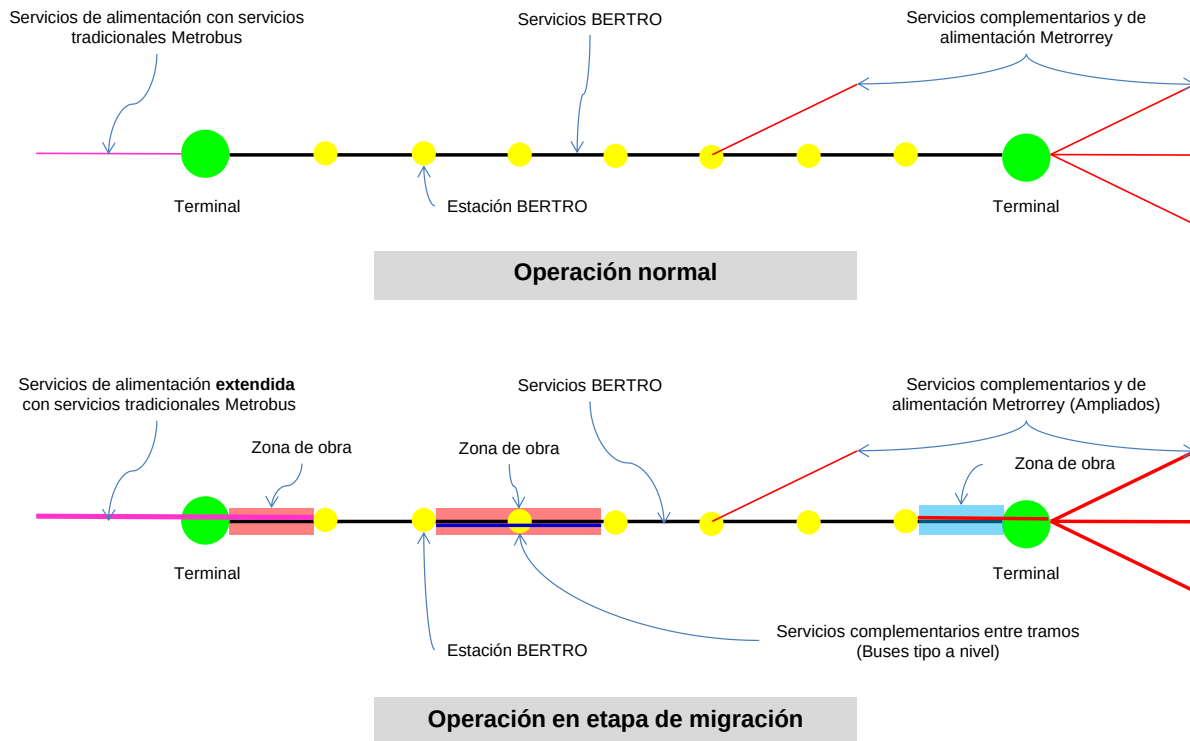
8.1.5. Operación de los servicios durante los trabajos de migración tecnológica

El diseño de la operación durante la migración tecnológica se basa en los siguientes conceptos:

- a) En la etapa inicial se construye toda la infraestructura del viaducto, incluyendo estaciones y las preparaciones para alojar vías, sistemas de energía, señalización y comunicaciones.
- b) Para el momento de la migración solo se dejan equipamientos, material rodante y obras fuera del derecho de vía.
- c) Las obras asociadas a la migración pueden ser ejecutadas en un periodo no mayor a 1 año y se trabajaría incluso en horarios nocturnos.
- d) En el periodo de migración las obras se hacen por tramos secuenciales y la demanda se atiende con servicios de superficie.
- e) En los extremos los servicios supletorios se logran por la extensión de los servicios de alimentación; en tramos diferentes a los extremos por servicios auxiliares en superficie con vehículos tipo, no bi articulados.
- f) Una parte de tales servicios, hasta donde los equilibrios financieros lo permitan, se financiarían equiparando los servicios que dejan de prestarse con bi articulados en viaducto; si es necesario STC Metrorrey incorporaría otros servicios a su propio costo.
- g) Al final de las obras se rehabilitan los pavimentos dañados y se restituyen las condiciones de operación y control del tránsito original.
- h) De ser el caso podría revisarse la posibilidad de otorgar algún descuento para mantener la preferencia de los usuarios.

El esquema de operación previsto se ilustra en la Figura 82.

Figura 82. Esquema de operación en etapa de migración



8.1.6. Evaluación Socio Económica de ciclo completo

La migración de tecnología no es un concepto extraño en ingeniería e infraestructura en grandes ciudades, el uso más generalizado se pueden encontrar en el desarrollo o crecimiento de grandes edificaciones (construidas por etapas o en donde se reconvierte su uso) e infraestructuras de transporte tales como: carreteras, puertos y aeropuertos. Incluso, algunas obras hidráulicas pueden ser objeto de este tipo de procesos, un buen ejemplo es el emisor central (diseñado y construido en el siglo pasado) que fue concebido para drenaje pluvial operando por gravedad y que actualmente opera con bombeo y conduce aguas pluviales y residuales. Con toda seguridad si desde un principio se hubiese diseñado para satisfacer las demandas de largo plazo sus principios de diseño hubiesen sido distintos y se hubiesen evitado muchas complicaciones en el proceso de reconversión.

En transporte terrestre las carreteras más importantes suelen construirse adquiriendo la totalidad de derecho de vía que se necesitará en el futuro, pero no forzosamente con el material (asfalto o concreto) y número de carriles que se demandará en el horizonte del proyecto. En todo caso lo más relevante es contar con el espacio para alojar el número de carriles y estructura física que se necesitarán en el futuro. En muchas ocasiones se adquiere el total del derecho de vía, se construye la estructura del pavimento (terracerías, base y sub base) y luego evoluciona la superficie de rodadura. En otros, montaña usualmente, se construye la infraestructura del pavimento en el ancho que se necesitará en futuro (cortes y terraplenes) y se

deja para una etapa posterior base, sub base y superficie de rodamiento. La razón es simple, si no se hace así la futura ampliación podría ser más costosa que la inversión original o producir tantos impactos sobre los usuarios que haga imposible su ejecución.

En puertos y aeropuertos lo mejor sería construir con una idea clara del tipo de instalación que se construirá (cabotaje, altura, especializados en contenedores, graneles, especializados en petroquímica, pesca, regionales, aviación general, militar, internacional, etc.), del papel que jugarán en el sistema de transporte y de otras variables más específicas: número de pasajeros, número de pistas y tipo de aviones que deberán alojarse en el futuro, posiciones de atraque, tipo de carga y tonelaje y si tendrán o no intermodalidad o instalaciones complementarias. En todo caso, en un escenario ideal lo relevante es la visión sistémica, la evolución de la demanda y los cambios tecnológicos, cuatro sucesos ilustran este enfoque: la introducción de los vuelos con velocidad igual o mayor a la del sonido (Concorde), la aparición de los vuelos de bajo costo, la contenerización de la carga y la aparición de los buques Post Panamax.

En movilidad urbana aplican los mismos conceptos, pero en contextos espaciales e institucionales más complejos. Se trata de proveer servicios para la movilidad (individuales o colectivos) que dependen en gran medida de las decisiones que se toman en mercados políticos e institucionales y de las preferencias de los usuarios. Los ciclos institucionales en los que se toman las decisiones suelen tener referentes temporales muy cortos (tres o seis años dependiendo de quien tenga la titularidad de la competencia de gobierno) y la opción elegida tiene fuertes efectos transversales (desarrollo urbano, calidad de vida, competitividad, calidad del aire, etc.) y fuertes externalidades. Específicamente, si se obvia la disyuntiva entre medios individuales o colectivos, debe tomarse una decisión respecto del tipo y tecnología para desarrollar un sistema de transporte flexible, que sea capaz de atraer usuarios de medios privados y que pueda insertarse en el entorno urbano en el que se pretende construir.

Experiencias recientes, entre otras Metrobús Insurgentes y el Sub Urbano 1, obligan a reflexionar sobre la eficiencia de las inversiones en el futuro inmediato y en el ciclo de vida de la infraestructura-tecnología que se elige. Se trata del conocido temor por subestimar la demanda o, muy raro pero posible, por exceder las expectativas de la demanda en el corto plazo.

En el primer proyecto citado las razones de no satisfacción se ubicarían en la falta de provisión de alguna de las componentes del proyecto o por debilidad en los arreglos institucional, en el otro por selección de tecnología en niveles muy cercanos a su límite o falta de capacidad para generar al interior del ente administrativo los acuerdos para integrar una red fuerte con componentes pre existentes. De cualquier forma o la tecnología se subutiliza o se obliga, muy rápidamente, a un proceso de migración tecnológica que implica deconstruir-reconstruir, inversiones adicionales, costos por molestias y la necesidad de brindar servicios supletorios forzosamente degradados.

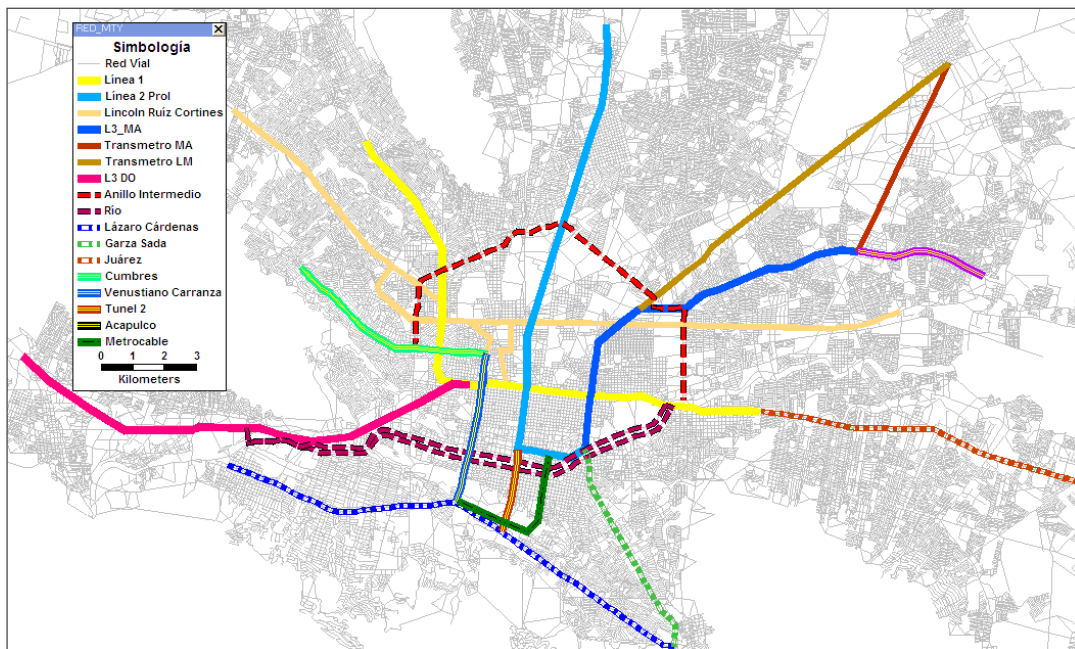
Para abordar esta problemática o condición, en este proyecto, hay que partir de tres hechos fundamentales:

- a) Ya existe una infraestructura y servicios de transporte público de alta capacidad y calidad (STC Metrorrey).

- b) Se ha tomado la decisión de transformar el sistema e integrar otros proyectos en desarrollo (Lincoln-Ruiz Cortines) para gestionarlos y operarlos como un Sistema Integrado.
- c) La actualización del Plan Maestro del Metro reconstruyó la visión originaria de una red Metro y la transformó en un sistema integrado con una red de servicios con más de 330 km. de longitud en donde tienen cabida todo tipo de tecnologías: Metro, BRT, BERTRO e incluso un Metro Cable.

Una imagen del Plan Maestro se puede ver en Figura 83.

Figura 83. Plan Maestro del STC Metrorrey 2045

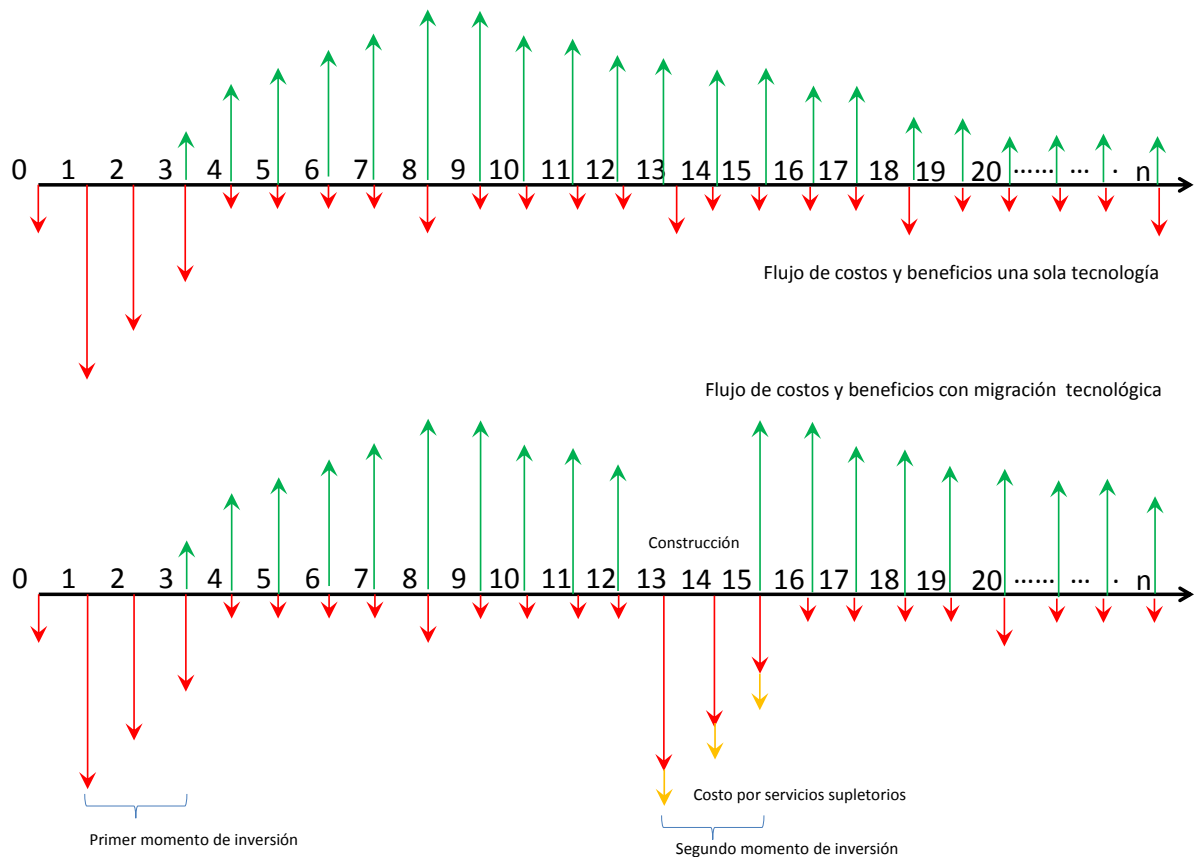


Si a esta visión general se agregan las limitaciones financieras de corto plazo y los resultados encontrados en la etapa de selección de corredor y tecnología, se impone un análisis complementario que tiene que ver con la pertinencia de una evolución desde un BRT a un Metro o una evolución de BERTRO a Metro, por supuesto la pertinencia es desde el punto de vista socioeconómico.

El concepto central de una evaluación de ciclo completo (si damos por sentado que la demanda y, por tanto, los beneficios se comportarían más o menos de la misma forma en un caso u otro) radica en construir flujos de efectivo con dos momentos de inversión relevantes y algunos otros costos asociados. Los dos momentos de inversión relevantes son al momento de la inversión inicial (BRT o BERTRO) y luego, cuando la demanda lo exija, invertir lo necesario para cambiar la tecnología para pasar a un sistema Metro. Si se inicia con BRT, en el segundo momento de inversión, se construye una infraestructura totalmente nueva (Metro); y si se inicia con BERTRO, entonces solo se trata de adicionar componentes al viaducto

originalmente construido. El otro grupo de gastos tiene que ver con el costo de proveer servicios supletorios durante el periodo de construcción y está determinado por tres variables: la demanda, el tiempo necesario para construir la nueva infraestructura y el nivel con que se desean prestar los servicios supletorios (% de la demanda total servida y calidad). En un sentido práctico se traduce en vehículos-km prestados por un cierto precio unitario. El concepto de evaluación de ciclo completo se ilustra en la Figura 84.

Figura 84. Conceptual de flujos de efectivo con y sin migración tecnológica



Para construir los flujos se utilizó el siguiente procedimiento:

- Se parte de un comparativo entre las variables que caracterizan una y otra opción tecnológica, de ahí con algunos ajustes, se pueden construir los flujos BRT-Metro y BERTRO-Metro.
- Como se tienen las estimaciones de demanda para un caso y el otro, también se pueden construir los flujos de beneficios combinados.
- A los costos se agregan los que se generan por la prestación de los servicios supletorios, a tal efecto se asume que solo se podrían cubrir el 80 % de la

demanda en los mismos horarios de servicio. Si es BRT-Metro se consideran 3 años, si es BERTO-Metro, dado que ya existe el viaducto, solo un año.

- d) También se adicionan los costos por molestias durante los periodos de construcción.

En la memoria de cálculo, en anexo, se pueden encontrar los archivos Excel que contienen todos los flujos y los cálculos.

En síntesis, para este proyecto, el resultado de la evaluación de ciclo completo concluye que la evolución BERTRO-Metro es socialmente rentable y que sus indicadores son más altos que la opción BRT-Metro. Mientras que los indicadores sociales de BRT – Metro Ligero están cercanos a los límites exigidos (TIR 12.45% y B/C= 1.02) lo indicadores para BERTRO – Metro Ligero son: TIR 16.93% y B/C= 1.42 (ver Tabla 55).

Tabla 55. Síntesis de indicadores socioeconómicos de la evaluación de ciclo - completo

Indicadores de rentabilidad	BRT – Metro Ligero (Millones \$)	BERTRO – Metro Ligero) (Millones \$)
Valor Presente de los Costos (VPC)	\$3,334.9	\$4,588.2
Inversión	\$2,923.0	\$4,074.1
Operación y Mantenimiento	\$202.8	\$320.7
Costos por molestias	\$209.1	\$193.4
Valor Presente de los Beneficios (VPB)	\$3,408.4	\$6,536.9
Reducción de costos de operación vehicular	\$2,199.2	\$2,969.9
Reducción de tiempos de traslado	\$1,209.2	\$3,567.0
Valor Presente Neto Social (VPNS)	\$73.5	\$1,948.7
Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)	12.45%	16.93%
Relación Beneficio/Costo	1.02	1.42
TRI (Año 3)	7.9%	11.5%

Fuente: FOA Consultores

8.1.7. Comparación de las Alternativas Tecnológicas por Valores Anuales Equivalentes

La evaluación de proyectos hasta aquí presentada sigue los métodos e indicadores más utilizados, pero no son los únicos. También se puede comparar proyectos, bajo ciertas condiciones, utilizando Valores Anuales Equivalentes; los Valores Anuales Equivalentes pueden ser de costos, beneficios e incluso de insumos fundamentales como la demanda. En este caso lo que se buscaría sería comparar los Valores Anuales Equivalentes (Costos y Beneficios) de la migración tecnológica: el ciclo BRT-Metro y el ciclo BERTRO-Metro.

De la teoría se sabe que el Valor Anual Equivalente (VAE) permite transformar matemáticamente una serie no uniforme de diferentes flujos (típicamente monetarios, tales como los costos o los beneficios de un proyecto), en una serie uniforme y periódica de valores (usualmente anual). También el VAE permite transformar un valor único en una serie uniforme y periódica de valores; en ese sentido, la serie de VAE sería comparable al cálculo del Valor Presente de los flujos considerados a lo largo del periodo de evaluación descontados a la misma tasa empleada para el cálculo del VAE (30 años y 12% anual, respectivamente). El VAE permite sintetizar los flujos de costos (egresos) y se conoce como el Costo Anual Equivalente (CAE).

El VAE se calcula mediante la siguiente expresión¹⁶:

$$A = P \cdot i \cdot (1 + i)^N / ((1 + i)^N - 1)$$

En donde:

A: Valor Anual Equivalente (de los costos o de los beneficios), \$/año

P: Valor Presente (de los costos o de los beneficios), \$

i: Tasa de interés anual

N: Número de años

Si se comparasen dos series A_1 y A_2 para los mismos valores del periodo (N) y tasa (i), esto resultaría equivalente a comparar los valores presentes P_1 y P_2 .

Una aplicación no monetaria de este concepto tiene que ver con la expresión de la demanda como valores anuales equivalentes, el propósito sería visualizar con claridad las diferencias entre una tecnología y otra (BERTRO, BRT, METRO) o combinaciones entre estas. Es importante destacar que la demanda capturada depende, sobre todo, de las variables de operación de cada uno de los sistemas (velocidad comercial sobre todo) y que de esta dependen los beneficios y los costos de operación. También es importante, en un contexto de demanda con crecimiento acelerado, el “techo” o “límite” en la capacidad de cada tecnología o de la secuencia posible en la migración tecnológica (BRT-Metro o BERTRO-Metro).

Los conceptos arriba descritos encuentran expresión numérica cuando se analizan sus variables operacionales y la demanda que cada uno puede captar. En la práctica las alternativas tecnológicas en evaluación tienen diferentes variables de operación (ver Tabla 22), de ahí se sabe que si se utiliza tecnología BERTRO (autobuses guiados bi-articulados de 240 pasajeros/unidad circulando confinados sobre el viaducto elevado) los usuarios podrán transitar a una mayor velocidad (35 kph) mientras que si la tecnología seleccionada es de BRT la velocidad comercial, en el mejor de los casos, sería de 28 kph (autobuses de 110 pasajeros); en el BERTRO la circulación es sobre un viaducto elevado con derecho de vía totalmente exclusivo mientras que en el segundo el derecho de vía se ubica a nivel del suelo y comparte con otros vehículos en las intersecciones.

Estas variables y otras se introdujeron al modelo de planeación de transporte (TRANSCAD, año base 2012) y se obtuvieron las estimaciones de demanda: BERTRO

¹⁶ J. R. Canada, J. A. White Jr.; Capital Investment Decision Analysis for Management and Engineering; Prentice-Hall (1980); pg. 30.

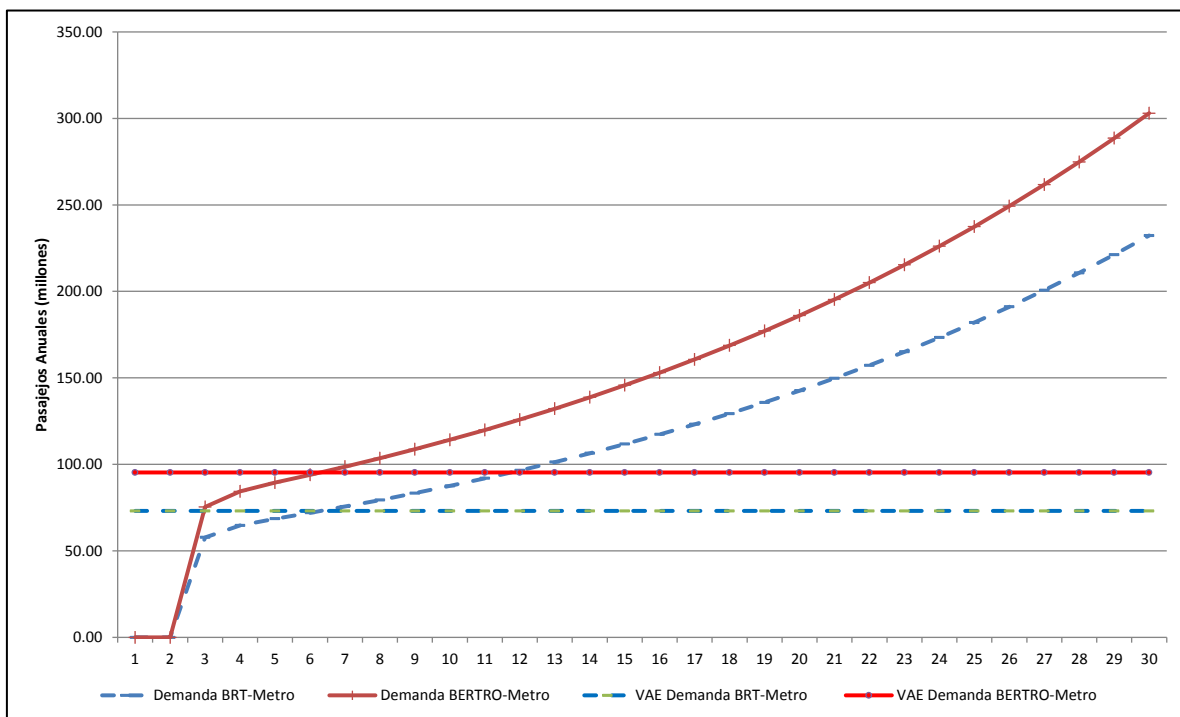
captaría 177.2 mil pasajeros diarios en promedio anual mientras que la opción BRT podría captar solo 135.8 mil pasajeros diarios en promedio anual. El diferencial se explica por la diferencia en velocidad comercial arriba citada.

La demanda y sus proyecciones se pueden expresar como una serie anual uniforme de flujos para comparar alternativas. Esta expresión es importante porque los beneficios y los costos de operación están directamente relacionados con el tamaño de la demanda; así la demanda expresada en valores anuales equivalentes arrojaría los siguientes valores:

- El Valor Anual Equivalente de la Demanda para la alternativa BRT-Metro Ligero sería de 73.1 millones de pasajeros anuales
- El Valor Anual Equivalente de la Demanda para la alternativa BERTRO-Metro Ligero sería de 95.3 millones de pasajeros anuales

Una representación gráfica de la evolución de la demanda de las alternativas en evaluación y sus Valores Anuales Equivalentes se puede ver en la Figura 85.

Figura 85. Demanda Atendida por Alternativa Tecnológica y su Valor Anual Equivalente (Millones de Pasajeros anuales)



Ahora bien, en la evaluación de proyectos el indicador de Costo Anual Equivalente (CAE) se utiliza para evaluar proyectos comparables entre sí. En este caso, las alternativas tecnológicas no generan beneficios iguales, por ende la sola expresión de los CAE's podría conducir a interpretaciones sesgadas. Para minimizar tal posibilidad en los párrafos siguientes

se presentan los Valores Anuales Equivalentes de los Costos (VAE C) pero también su contraparte que son los Valores Anuales Equivalentes de los Beneficios (VAE B).

El método que se sigue para su cálculo es el que se indica en los párrafos iniciales del anexo, se parte de la construcción de los flujos de cada alternativa de migración tecnológica, el cálculo de sus indicadores más tradicionales (numeral 8.1.6., Tabla 55) y a partir de los Valores Presentes Netos se calculan los VAE C y VAE B para las dos alternativas tecnológicas en evaluación.

En la Tabla 56 se puede ver que el VAE C de la opción BERTRO-Metro es mayor que el de la opción BRT – Metro (1.38 veces más) pero también que el VAE B de BERTRO – Metro es muy superior que el de BRT-Metro (1.92 veces más).

Tabla 56. Comparación de los Valores Anuales Equivalentes de los Costos y los Beneficios de las Alternativas Tecnológicas

Valores Anualizados (12% anual)	BRT - METRO Ligero (Millones \$/año)	BERTRO-METRO Ligero (Millones \$/año)	Variación Porcentual
Valor Anual Equivalente de los Costos (VAE C)	\$414.0	\$569.6	37.6%
Inversión	\$362.9	\$505.8	39.4%
Operación y Mantenimiento	\$25.2	\$39.8	58.1%
Costos por molestias	\$26.0	\$24.0	-7.5%
Valor Anual Equivalente de los Beneficios (VAE B)	\$423.1	\$811.5	91.8%
Reducción de costos de operación vehicular	\$273.0	\$368.7	35.0%
Reducción de tiempos de traslado	\$150.1	\$442.8	195.0%

Los resultados encontrados por esta vía son congruentes con un indicador más tradicional, el VPNS (Tabla 77 del ACB); el VPNS de la opción BRT – Metro Ligero nos arroja un total de \$ 73.5 millones de pesos mientras que el de BERTRO – Metro Ligero es de \$ 1,948.7.

Otro aspecto que debe ser considerado, y que se enfatiza en el cuerpo del ACB, es que en la opción BRT – Metro Ligero hay costos asociados a la “destrucción” de la infraestructura original que no están incluidos en este análisis. De igual forma, se han dejado por fuera los costos por pérdida de valor en las propiedades adyacentes y lucro cesante asociados a las afectaciones necesarias para construir el BRT. La razón para dejarlos por fuera tiene que ver con la dificultad para calcularlos en esta etapa del proyecto; no obstante es claro que de incluirse, el diferencial entre el VAE C de BRT-Metro Ligero y BERTRO Metro se reduciría significativamente.

8.1.9 Síntesis de la migración de tecnologías

La migración tecnológica es parte esencial en la construcción de un Sistema Integrado, con o sin un propósito previo el crecimiento de la demanda exige adecuar la oferta y el mejor escenario para hacerlo es precisamente el de la construcción de un Sistema Integrado.

Del análisis se derivan cuatro grandes conclusiones:

- a) La primera tiene que ver con la distinción del proyecto original (BERTRO Monterrey-Apodaca) y el futuro proyecto en donde se migra a Metro;
- b) La segunda con la concepción del proyecto como un objeto de análisis cuya tecnología puede evolucionar en el tiempo, en atención al crecimiento de la demanda, y que por ende puede ser sujeta de una evaluación socioeconómica de ciclo completo;
- c) La tercera con los tiempos propicios para hacer la migración; y
- d) La cuarta con la manera de hacerla.

La primera gran conclusión es que el proyecto original es rentable desde el punto de vista social y sus resultados se mantienen durante el periodo de evaluación sin ninguna alteración. La migración solo se haría si y solo si la maduración de la demanda alcanza los niveles esperados y se dan las condiciones financieras que lo permitan, en tales circunstancias se puede pensar en un nuevo proyecto, el de la migración tecnológica.

La segunda conclusión se centra en el hecho de que un proyecto de transporte en donde uno de los principios es el diseño a la medida (oferta según demanda) implica evolución a lo largo del tiempo y por ende se hace obligatorio pensar en la migración tecnológica. Si técnicamente es así, también lo es financiera y socialmente. El proceso de análisis incluye, en etapas iniciales, una opción Metro y se demuestra que no es socialmente rentable, luego se analizan las alternativas tecnológicas y se opta por un híbrido entre BRT y Metro, al final en este anexo, se cierra el ciclo demostrando que en una evaluación de migración tecnológica (BRT-Metro vs. BERTRO-Metro) la segunda opción tiene mejores indicadores sociales que la primera.

La tercera es que el análisis demuestra que la migración por demanda se hace necesaria a partir del año 8 y que las tasas de retorno de los privados al año 10 permiten estimar un tránsito entre negocios sin traslado de pasivos.

La última conclusión es que la operación durante los trabajos de migración son posibles e implican la implantación de servicios supletorios de carácter temporal para mantener la preferencia de los usuarios, sin mayores afectaciones a la ciudadanía. No obstante se reconoce que impone un reto de planeación e ingeniería, de tal forma que al confirmarse los indicadores de demanda y financieros, deberá iniciarse un proceso de planeación de los servicios supletorios y las ingenierías necesarias; el objetivo central de dichos trabajos sería el de minimizar el efecto sobre las preferencias de los usuarios al menor costo posible.

En síntesis, el concepto BERTRO hace posible implantar sistemas de transporte de alta calidad y a costos menores que los de los sistemas Metro al tiempo que preserva los derechos de vía y acelera la maduración de la demanda y por ende la posibilidad de transitar a tecnologías de mayor capacidad sin “desechar” o tener que sustituir de manera total o parcial infraestructuras relativamente nuevas.

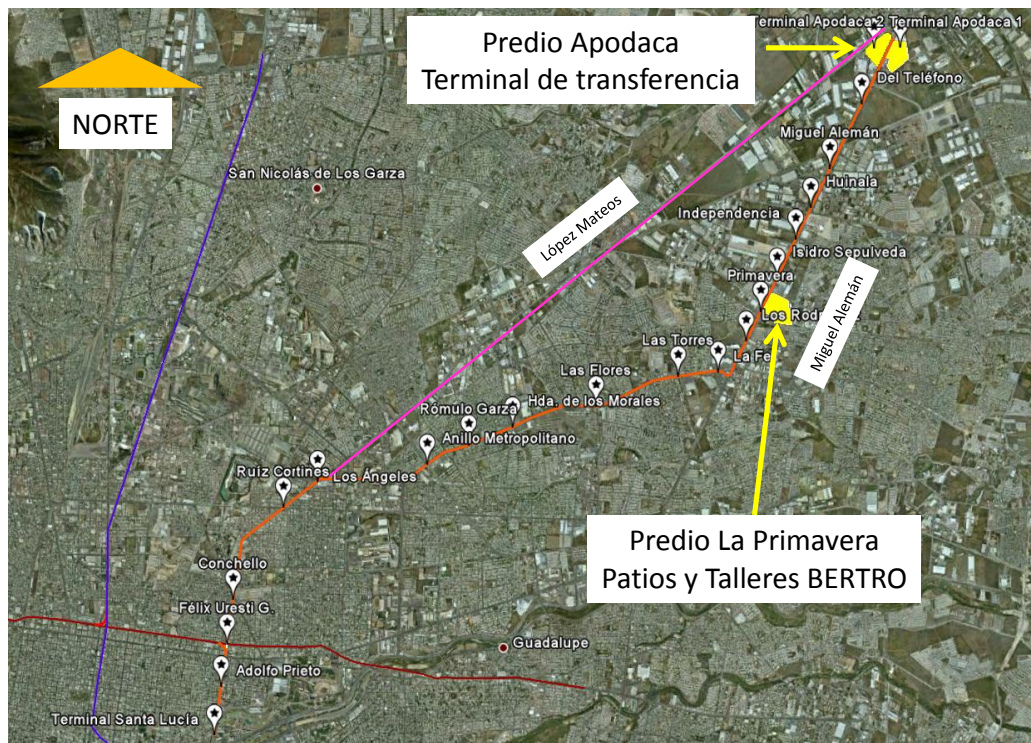
8.2 Funcionalidad, dimensionamiento y costo de predios

La razón de este anexo es presentar la respuesta a tres preguntas: ¿Por qué son necesarios los predios? ¿Cómo se llega al tamaño propuesto? y ¿Cuánto cuestan? En consecuencia el desarrollo de los contenidos se ha estructurado sobre con la secuencia: funcionalidad, dimensionamiento y costo.

8.2.1. Funcionalidad

La línea L3 de Metrorrey iniciará su primera fase con la operación de un sistema de autobuses bi-articulados. Posteriormente, en una segunda fase, operará como un sistema de tren ligero LRT. En ambos casos se requerirá de terrenos en los cuales se ubicarán los patios de encierro, talleres y servicios para la operación cotidiana de dichos sistemas. La siguiente figura ilustra el trazo de la línea L3 y la ubicación de los posibles predios que serán aptos para su utilización como patios de encierro, talleres y terminales.

Figura 86. Trazo de la Línea L3, Ubicación de Estaciones y Predios.



La funcionalidad que se desea en cada predio depende del modelo de operación y del grado de control que se deseen para ciertas variables del modelo de negocios, a manera de ejemplo se pueden mencionar algunas:

- El cumplimiento de horarios de servicio.
- Tiempo necesario para sustitución o adición de unidades por descomposturas o ajustes a la programación de los servicios.
- Supervisión del cumplimiento en planes de mantenimiento.
- Minimizar los vehículos-kilómetro recorridos en vacío.

En todos los casos las desviaciones a las variables mencionadas se minimizan si los predios son propiedad del organismo y se localizan lo más cerca posible del corredor, máxime si se trata, como en el caso de la intersección de las Avenidas Miguel Alemán y López Mateos, de un lugar en donde confluye un grupo de servicios y se espera que en el mismo se haga transferencia de pasajeros entre servicios.

En razón de lo anterior y después de las definiciones pertinentes respecto del modelo de operación se determinó que se requieren dos predios, uno para patios y talleres de los vehículos articulados (en el futuro carros Metro) y el otro como terminal de transferencia, patios y talleres de los servicios complementarios y servicios de alimentación (autobuses de piso bajo). Por otro lado también se considera pertinente que se adquieran en un solo evento los predios necesarios para el ciclo completo del proyecto (30 años), de tal forma que se garantice la reserva territorial y se eviten los riesgos de encarecimiento o simple y llanamente que los predios sean utilizados para otros fines. Las funcionalidades para cada predio se presentan en la Tabla 57.

Tabla 57. Funcionalidades esperadas en cada predio

Patio Primavera		Terminal de Transferencia Apodaca
Primer etapa (Servicios BERTRO)	Segunda Etapa (Servicio Metro)	Autobuses 110 pax
Unidades Bi articuladas	Tren tipo	Transferencia entre servicios de alimentación y Servicios Secundarios L3
Encierro	Garage	Locales comerciales
Lavado	Naves de mantenimiento	Expendedoras y equipos de peaje
Carga de combustibles (gasera)	Torre de control	Vestíbulo
Mantenimiento	Señalización ferrovía	Zona (o zonas) de control de acceso o transferencia
Almacén de refacciones y herramientas		Cajones para autobuses (unidades de reserva, unidades con fallas mecánicas o unidades para inicio de servicios).
Oficinas		Modulo medios de pago sistema de voceo
Baños		CCTV, seguridad y atención al público
Comedor		Almacén mantenimiento
Estacionamiento		Oficinas y comedor
Torre de control		Sala de descanso choferes
		Centro de despacho y torre de control
		Estacionamiento empleados
		Bahías para taxis, transporte urbano y/o foráneo)

8.2.2. Dimensionamiento

El dimensionamiento de instalaciones de este tipo depende de antecedentes empíricos y de la forma y dimensión de los predios disponibles y se puede entender como un proceso interactivo que termina realmente al momento de construir. El proceso parte de la definición de las funcionalidades esperadas y el dimensionamiento de la flota al horizonte del proyecto, se hace un cálculo preliminar y luego se revisa sobre los predios disponibles y se elige el que mejor adapte a las necesidades previstas; luego en etapas un poco más avanzadas, una vez se compren los predios, se procede a desarrollar el proyecto definitivo.

Para este caso se toma como referencia el método e indicadores básicos que se utilizaron para el cálculo de patios y talleres de Transmilenio¹⁷ (Tabla 58 y Tabla 59), las recomendaciones de Molinero y Sánchez para el diseño de paraderos¹⁸ y los servicios resultantes (Figura 87) y estimaciones de flota del Estudio para la Actualización del Plan Maestro del STC Metrorrey.

Tabla 58. Factores multiplicadores para el dimensionamiento de patios y talleres

Sector	Factor	Multiplicador
Acceso a los patios (portería)	3.5	Área del mayor vehículo
Inspección visual, lavado y reabastecimiento.	7.5	Área del mayor vehículo
Área parqueo de buses	2	Área de todos los vh. de la flota
Cárcamo de mantenimiento preventivo	1.2	Número de Cárcamos mant preventivo
Cárcamo de mantenimiento correctivo	1.2	Número de Cárcamos mant. correctivo.
Sector almacenaje, administración y servicios*	5.00%	Área de parqueo

Nota: Se modifica el % usado en la referencia (10%) y se utiliza el 5%.

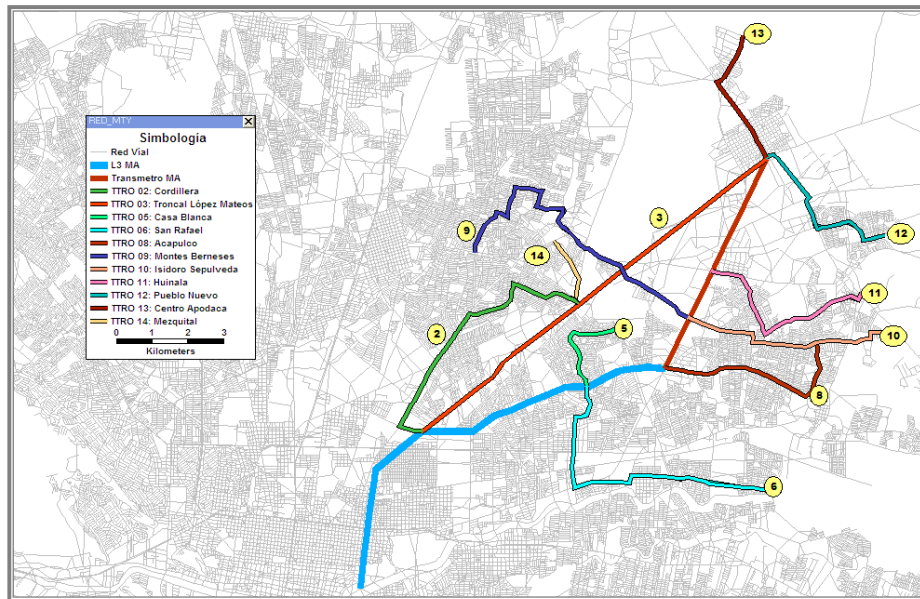
Tabla 59. Área necesaria por tipo de vehículo

Vehículo Tipo	Valor	Unidad
Standard	40	m2
Unidad Patrón	42.5	m2
Articulado	60	m2
Bi-articulado	80	m2

¹⁷ Informe Ejecutivo de los Estudios para la estimación de la demanda y diseño de Transmilenio, Sección Elementos de Diseño. Steer Davis Gleave, Bogotá 1999.

¹⁸ Molinero Molinero y Sánchez Arellano, 2003. Transporte Público: Planeación, diseño, operación y administración. Quinta del Agua Ediciones S.A. de C.V.

Figura 87. Servicios por atender en la terminal de integración y los patios y talleres



Terminal de Integración, Patios y Talleres Apodaca

En el predio que se denomina Apodaca se cumplirán las funciones de integración entre los dos servicios complementarios y los servicios de alimentación 12 y 13, también las de patios y talleres para todos los servicios complementarios y alimentadores. La flota asociada a dichos servicios se puede ver en la Tabla 60 y en todos los casos se trata de unidades Low Entry de 12 m. de largo.

Tabla 60. Servicios y flota asociada al predio Apodaca

Servicios	Flota al año 30
Servicio complementario López Mateos	231
Servicio complementario Miguel Alemán	37
Alimentación 2	45
Alimentación 5 (*)	1
Alimentación 6	167
Alimentación 8	50
Alimentación 9	126
Alimentación 10	23
Alimentación 11 (*)	3
Alimentación 12	40
Alimentación 13	33
Alimentación 14 (*)	1
	489

* El modelo utilizado estima baja demanda, de cualquier forma se incluyen en previsión de nuevos servicios individuales o en paquete.

Los valores relevantes para el diseño son:

- En la terminal de integración llegarán 4 servicios con un máximo de 432 unidades por hora.
- Los servicios por atender en patios y talleres son 12 y un máximo de 757 unidades.

La terminal de integración tiene 2 usos básicos, los andenes y las posiciones de parada. Para las posiciones de parada se asumen 6 por cada servicios y un estimado de 3.3 minutos en promedio para ascenso y descenso; para el dimensionamiento del andén se asume un total de 47,520 pax posibles por hora, un periodo de renovación de 10 minutos y 6 personas/m². De estas cifras resulta que sería necesario un mínimo de 4,080 m² para las posiciones de parada y 1,320 m. para el andén como se indica en la Tabla 61.

Tabla 61. Dimensiones mínimas para el área de integración en el predio Apodaca

Rutas	Máximo Unidades/Hora	Posiciones Mínimas	Área/Unidad m ²	Área en Posiciones de Parada m ²	Área Total en posiciones de parada (m ²)
4	432	24	42.5	1,020	4,080
Pasajeros posibles acumulados por hora	Periodo de renovación	Periodos	Pasajeros acumulados	Personas por m ²	Área total requerida en andén (m ²)
47,520	10 min	6	7,920	6	1,320

Para el caso de patios y talleres el valor encontrado asciende a 69,050 m² (Tabla 62) para un total de 75,000 m².

Tabla 62. Dimensionamiento de patios y talleres en predio Apodaca

Sector	Factor	Unidades	Área Vehículo Tipo	Num. de cárcamos	Área de estacionamiento	Área Total Requerida
Acceso a los patios (portería)	3.5		42.50			148.75
Inspección visual, lavado y reabastecimiento	7.5		42.50			318.75
Área parqueo de buses	2	757	42.50			64,345.00
Cárcamo de mantenimiento preventivo	1.2		42.50	10		510.00
Cárcamo de mantenimiento correctivo	1.2		42.50	10		510.00
Sector almacenaje, administración y servicios	5.00%				64,345.00	3,217.25

69,049.75

Si se sigue el proceso descrito al inicio de este apartado se encuentra que hay un grupo de predios baldíos cuya área conjunta suma 25 has., de los cuales se considera que los ubicados al interior del vértice entre las Avenidas Miguel Alemán y López Mateos son los mejores para las funcionalidades requeridos y que de estos el indicado en la reúne las condiciones que se buscan, así que se recomienda adquirirlo y ajustar el proyecto a pero que en las 5 Has., se ubique la terminal de integración y se brinden los servicios al 70% de la flota de servicios complementarios, el resto se atendería en el predio Primavera.

Figura 88. Predio Terminal, Patios y Talleres Apodaca



Patios y Talleres en Predio La Primavera

El pre diseño y selección de predio que en adelante se reconoce como Primavera parte de la idea de un uso en dos etapas: la primera para servir como patios y talleres de los vehículos de servicios BERTRO y la segunda para ser utilizado como patios y talleres una vez se haga la migración tecnológica. En la primera etapa la función principal es alojar y atender vehículos bi articulados y en la segunda los vehículos Metro.

Figura 89. Predio La Primavera



El dimensionamiento es entonces en dos etapas, la de los vehículos BERTRO y la de los vehículos Metro.

Para la primer etapa se asume que el “core” de atención serían 74 unidades bi articuladas y que cada una de ellas, para fines de servicio requiere un área estándar de 80 m² poco más del doble que las unidades de 12 mts. Si se sigue el mismo proceso de cálculo ya descrito se llega a una cifra de 14,272 m² como se indica en la Tabla 63.

Tabla 63. Dimensionamiento del predio Primavera en primera etapa

Sector	Factor	Unidades	Área Vehículo Tipo	Numero de Cárcamos	Área de estacionamiento	Área Total Requerida
Acceso a los patios (portería)	3.5		80.00			280.00
Inspección visual, lavado y reabastecimiento	7.5		80.00			600.00
Área parqueo de buses	2	74	80.00			11,840.00
Cárcamo de mantenimiento preventivo	1.2		80.00	5		480.00
Cárcamo de mantenimiento correctivo	1.2		80.00	5		480.00
Sector almacenaje, administración y servicios	5.00%				11,840.00	592.00
						14,272.00

A la cifra resultante habría que agregar el espacio necesario para el 30% de la flota de alimentadores y complementarios que no se puede atender en el predio Apodaca (unos 25,000 m², para 250 buses) lo cual da un total de 39,272 m² con un arreglo básico para los biarticulados como se muestra en la Figura 90

Figura 90. Propuesta de arreglo general para el Patio Primavera en Primera Etapa



Una bondad de este arreglo, en que una parte de los vehículos complementarios y de alimentación se atienden el predio Apodaca y otra en el predio Primavera, radica en al ubicarse en extremos opuestos de la Avenida Miguel Alemán se minimizan los veh-km en vacío.

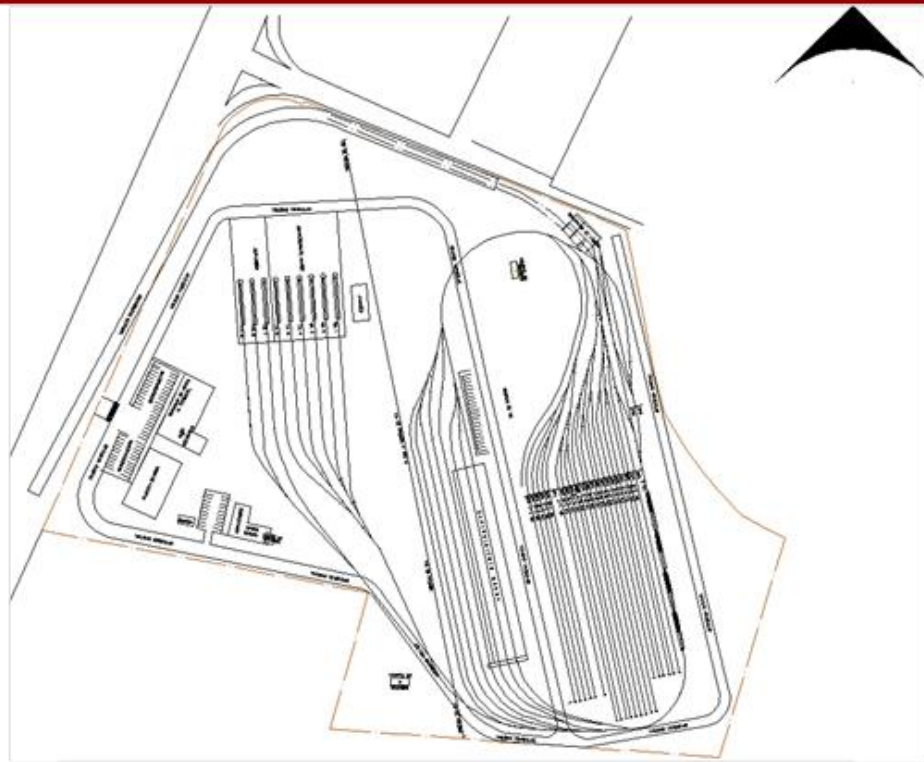
Figura 91. Detalle del área de estacionamiento de los autobuses bi articulados



Para la segunda etapa, dada las similitudes de demanda por atender (hoy Metrorrey atiende 460,000 pax/día y se espera que L3 atienda 360,000 al horizonte de proyecto), flota y tipo de vehículos requeridos, se tomó como referencia el actual patio de que tiene Metrorrey (adyacente a la estación Talleres) que tiene un área de 15 has. y se encuentra utilizado al 70% en orden de magnitud. Así pues, si el predio La Primavera tiene 17 has. y se requieren 2.5 Has. para los servicios complementarios y de alimentación, entonces es posible alojar el resto de las instalaciones en 14.5 Has., como se indica en la Figura 92.

Figura 92. Pre diseño máximo requerido en el predio Primavera (2ª Etapa)

2° ETAPA



Para el diseño del Patio de Guardado y Talleres, Metrorrey especificó los requerimientos técnicos, los cuales se aplicaron en el diseño que comprende cuatro grandes zonas:

- a) Zona de Guardado o Pernocta. Comprende un gran espacio para el almacenamiento nocturno de la flota que prestará el servicio. El diseño contempla la construcción de 22 vías, de las cuales 13 tienen una longitud de 150 metros y las 9 restantes 175 metros; guardando entre sí una distancia, entre ejes, de 3.50 a 4.00 metros, para permitir el fácil acceso de los operarios a los trenes.
- b) Talleres de Mantenimiento Menor. Para la zona se prevén las reparaciones realizadas cotidianamente. Contaría con siete vías, de las cuales, tres se encontrarían techadas, dentro de una nave de tipo industrial, y las restantes, a la intemperie.
- c) Talleres de Mantenimiento Mayor, comprendería un área con nueve vías de las cuales seis se encontrarían techadas y las restantes tres consideran una ampliación. Como detalle sobresaliente de esta zona, se destaca que todas las vías mencionadas, tendrían un foso de trabajo, para la ejecución de trabajos sobre los bugís y demás partes electromecánicas del vagón que se encuentran bajo el vehículo.

- d) Zona de Administración General y Almacenes. En dicho espacio se incluye la ubicación de todos los aspectos relacionados con la administración de los operadores, el control y la operación, así como de los "Almacenes Generales"

El área de Administración General y Almacenes incluiría lo siguiente:

- a) Servicios de Apoyo al Personal
- b) Capacitación
- c) Operaciones
- d) Torre de Control
- e) Almacén General

Adicionalmente, para estas zonas se diseñó un espacio para el ingreso de trenes al predio, a través de vehículos motorizados con plataformas.

Ya que el predio es atravesado por un canal pluvial, se consideró la construcción de seis pequeños puentes ferroviarios que permitan la comunicación de una parte del predio con la otra.

El diseño propuesto contempla la realización de una vía de prueba, la cual tendría una longitud de 450 metros. También cuenta con una zona especial para el ingreso de tráilers con el material rodante (trenes) los cuales son descargados a una vía elevada, la cual cuenta con una rampa en uno de sus extremos para bajar el tren a nivel de patio.

8.2.3. Costo de la tierra

En este apartado se muestra el procedimiento para fijar el precio unitario de la tierra, mismo que se utilizó para calcular el costo de los predios por adquirir.

La estimación del costo se hizo bajo el siguiente procedimiento:

- a) Consulta al mosaico de valores de la Asociación Mexicana de Profesionales Inmobiliarios (AMPI)
- b) Verificación de valores de mercado en prensa y entrevistas directas.
- c) Homologación
- d) Determinación de precio

El proceso inicia en paralelo a las tareas del dimensionamiento con una búsqueda de predios, en este caso se localizaron dos para la zona de Ciudadela-La Fe y dos para Apodaca. Una vez dimensionados los predios y hecho el análisis de funcionalidad se eligieron los que se indican en el numeral anterior: el denominado Primavera para Patios y Talleres y el que se ubica entre las Avenidas Miguel Alemán y López Mateos para el de Apodaca.

Predio Primavera. Patios y Talleres Bertro (Etapa 1) y Metro (Etapa 2)

Lote localizado sobre la carretera a Miguel Alemán y calle Isidro Sepúlveda, antes camino a la Chona, el cual si se considera una profundidad similar al Club Primavera y hasta la calle Isidro Sepúlveda, se podrá tener un polígono de aproximadamente 7 hectáreas con un precio inicial por metro cuadrado de entre \$1,500.00 y \$2,000.00. El predio tiene vocación de uso mixto, específicamente comercial-habitacional

Para efecto de homologación de valores de este lote se consideró que el valor de lotes industriales en la zona tienen un demérito de 20 a 30% por estar localizados en sitios alejados de las avenidas importantes y que en este caso el predio tiene una buena porción con frente a la Avenida Miguel Alemán y se puede considerar que el frente podría, al menos desde el punto de vista de la regulación y el seguro de seo de maximización de los propietarios, tener un uso comercial hasta una profundidad de 150 mts.. Así, de los datos ya presentados y de otras referencias de la sección comercial en www.elnorte.com se determina que el predio podría costar entre \$ 1,750.00 y \$ 2,500.00; para fines de este trabajo se asume un valor unitario de \$ 1,750.00 por metro cuadrado.

Predio Apodaca. Terminal de Integración y Patios Servicios de Alimentación.

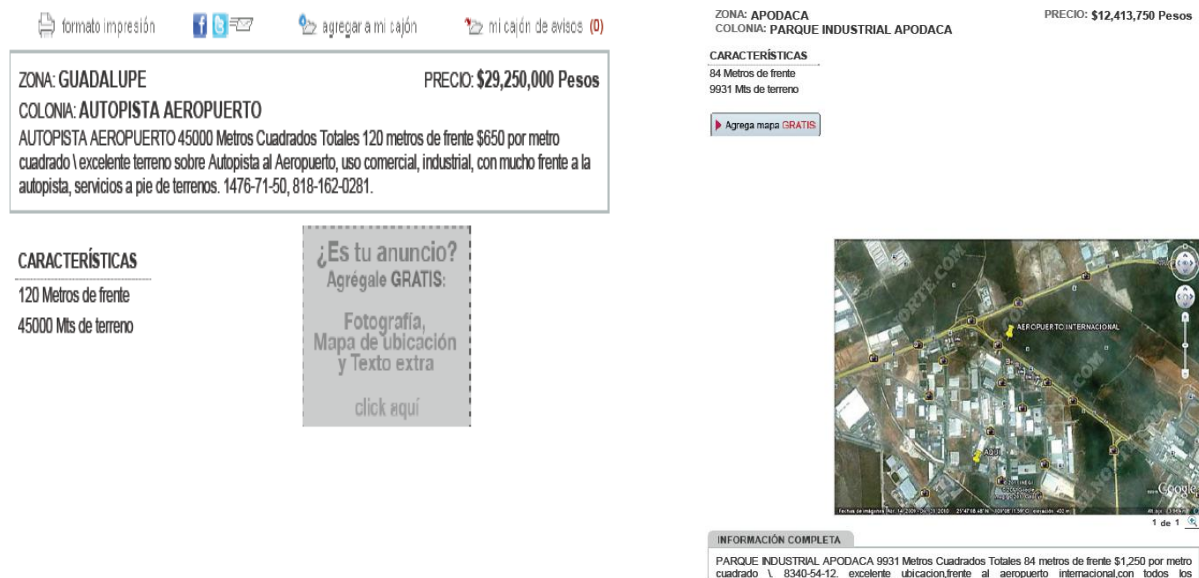
En este caso se seleccionó un predio que tiene un área total de 11 hectáreas, de las cuales solo sería utilizada una porción. Este predio tiene la particularidad de que colinda con la carretera a Miguel Alemán y con la Avenida López Mateos, de tal forma que se ubica en la convergencia de los itinerarios de los servicios complementarios con los servicios de alimentación lo cual facilitaría las maniobras de las rutas que hagan uso de la terminal de transferencia.

Al igual que en el otro predio se estableció un valor por metro cuadrado de entre \$2,000.00- y \$3,500.00. A diferencia del otro predio en este caso todo el predio tiene

vocación comercial y no hay demerito por profundidad; la vocación del predio es netamente comercial, equipamiento o servicios y en lugar de demerito tiene mérito por contar con dos frentes y ubicarse a unas pocas cuadas del centro del municipio de Apodaca.

Después de la homologación se concluyó que el valor por m² podría estar entre \$ 1,750.00 y \$2,500.00. Para fines de este trabajo se asume un precio unitario de \$ 2,500.00 / m².

Figura 93. Ejemplo de referencia comercial



ZONA: GUADALUPE
PRECIO: \$29,250,000 Pesos
COLONIA: AUTOPISTA AEROPUERTO
 AUTOPISTA AEROPUERTO 45000 Metros Cuadrados Totales 120 metros de frente \$650 por metro cuadrado \ excelente terreno sobre Autopista al Aeropuerto, uso comercial, industrial, con mucho frente a la autopista, servicios a pie de terrenos. 1476-71-50, 818-162-0281.

CARACTERÍSTICAS
 120 Metros de frente
 45000 Mts de terreno

ZONA: APODACA
COLONIA: PARQUE INDUSTRIAL APODACA
PRECIO: \$12,413,750 Pesos

CARACTERÍSTICAS
 84 Metros de frente
 9931 Mts de terreno

¿Es tu anuncio?
 Agrégale GRATIS:
 Fotografía,
 Mapa de ubicación
 y Texto extra
 click aquí

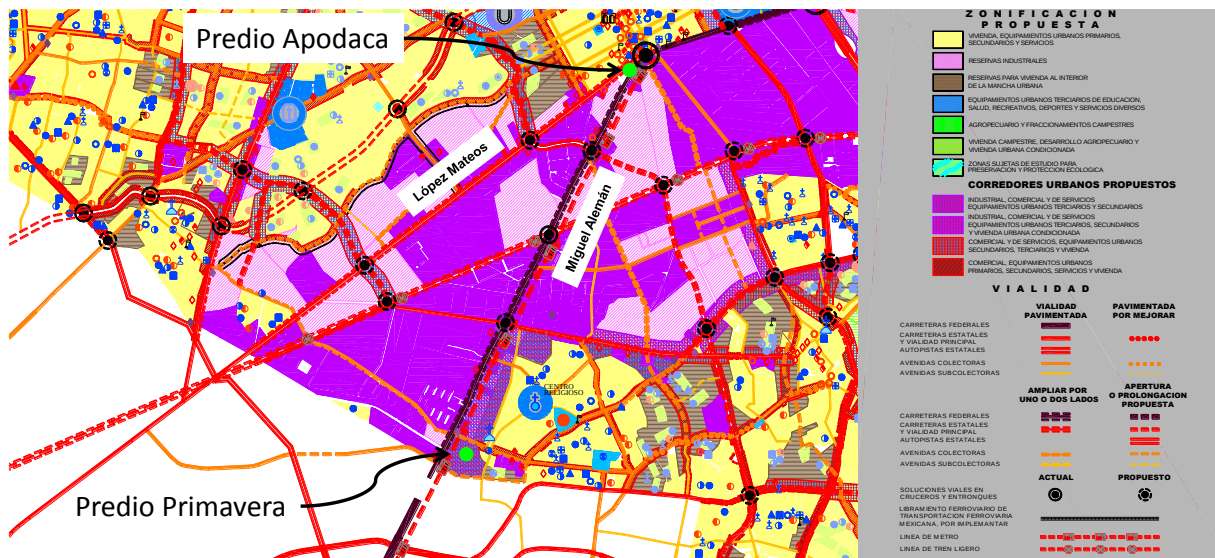
INFORMACIÓN COMPLETA
 PARQUE INDUSTRIAL APODACA 9931 Metros Cuadrados Totales 84 metros de frente \$1,250 por metro cuadrado \ 8340-54-12. excelente ubicación,frente al aeropuerto internacional,con todos los

Desde el punto de vista de la regulación urbana se destacan dos aspectos: el que tiene que ver con las previsiones en materia de movilidad, que expresan en la estructura urbana¹⁹, y lo relativo a los usos del suelo que sintetizan en la misma carta y la matriz de compatibilidades.

Respecto del primer punto el marco que ofrece la regulación urbana del Municipio de Apodaca no podría ser mejor pues explícitamente define que en la Avenida Miguel Alemán habrá un corredor Metro (ver extracto de la carta urbana en la Figura 94).

¹⁹ Plan Municipal de Desarrollo Urbano Apodaca 2020. Plano 29 Carta Urbana.

Figura 94. Corredor Metro en Corredor Miguel Alemán según Plan de Desarrollo Urbano Apodaca 2020.



Por otra parte, en lo que respecta a los usos del suelo en la figura anterior se puede apreciar que los usos a lo largo del corredor y en la adyacencia de los predios es industrial y que los dos corredores (López Mateos y Miguel Alemán) corresponden a corredores de primer orden (industria, comercio y servicios) y que si se coteja con la matriz de compatibilidades (Cuadro 35 del Plan de Desarrollo Urbano, extracto en este documento Tabla 64) se encuentra que las funciones son compatibles sin ninguna restricción. En resumen, se puede decir que en esta etapa del proceso no se visualiza ninguna restricción relacionada con las normas urbanísticas del Municipio de Apodaca.

Tabla 64. Extracto de la Matriz de Compatibilidades del Plan de Desarrollo Urbano de Apodaca

FUNCION	GENERO	ZONAS DE VIVIENDA URBANA ACTUALES	ZONAS DE VIVIENDA URBANA PROPUESTAS	ZONAS DE INDUSTRIAS ACTUALES	ZONAS DE INDUSTRIAS PROPUESTAS	CORREDOR INDUSTRIAL, COMERCIAL, EQUIPAMIENTOS TERCARIOS Y SECUNDARIOS Y SERVICIOS	CORREDOR INDUSTRIAL, COMERCIAL, SERVICIOS, EQUIPAMIENTOS TERCARIOS Y SECUNDARIOS, VIVIENDA URBANA	CORREDOR COMERCIAL, SERVICIOS, EQUIPAMIENTOS TERCARIOS Y SECUNDARIOS, VIVIENDA URBANA	CORREDOR COMERCIAL Y EQUIPAMIENTOS PRIMARIOS Y VIVIENDA
SERVICIOS RELIGIOSO	ASOCIACIONES RELIGIOSAS	○	○	●	●	○	○	○	○
	TEMPLOS	○	○	●	●	○	○	○	○
SERVICIOS MORTUORIOS	CEMENTERIO	●	●	●	●	○	○	○	○
	FUNERARIAS	●	●	●	●	○	○	○	○
COMUNICACIONES	CORREOS	○	○	○	○	○	○	○	○
	TELEGRAFOS	○	○	○	○	○	○	○	○
	TELEFONOS	○	○	○	○	○	○	○	○
TRANSPORTES TERRESTRES	TRANSPORTE URBANO	●	●	○	○	○	○	○	●
	SITIOS DE AUTOS	○	○	○	○	○	○	○	○
TRANSPORTES AEREOS	TRANSPORTE AEREO	●	●	●	●	●	●	●	●

8.3 El Sistema Integrado y el crecimiento de la demanda

Si medir la demanda de transporte público es una tarea elusiva, estimarla a futuro es aún más difícil. No obstante es necesario construir escenarios que permitan evaluar los proyectos y estos deben reunir, al menos, tres características:

- a) Focalizar espacialmente
- b) En la medida de lo posible, incorporar el efecto que una ampliación de la oferta produce en el mercado de medios de transporte.
- c) Ser conservador

En términos práctico se trata de construir un escenario de crecimiento por aplicar a las demandas estimadas para los servicios BERTRO y sus alimentadoras. La información disponible es: i) Estimaciones de crecimiento de los viajes en general; ii) El historial de crecimiento de la demanda del Sistema Metro asociadas a las intervenciones a lo largo de los años; y iii) El crecimiento histórico de la población de los Municipios y las estimaciones pertinentes del CONAPO o INEGI; y iv) La información disponible en los planes de desarrollo urbano de los Municipios del Área Metropolitana que permite identificar espacialmente las áreas con posibilidades de crecimiento y una aproximación de su magnitud.

El primer referente es el Plan Sectorial de Transporte y Vialidad, en este documento se hace un análisis del crecimiento de los viajes en el AMM y concluye que los de transporte público crecen al 2% anual²⁰, hay otros datos por incorporar al análisis y aunque no son suficientes para construir un modelo matemático si son útiles para el construir un escenario probable de crecimiento ante la introducción de un nuevo paquete de servicios Metro.

El resto de la información disponible se incorpora al análisis que se presenta en las páginas siguientes y se concluye que una intervención como la que se propone (un servicio troncal de alta capacidad y una vasta red de servicios alimentadores con tarifa integrada) produce altas tasas de crecimiento, más aún si se inserta en espacios en donde el crecimiento de la población ya es alto (Apodaca, 8% anual) y cuenta con espacios para crecer todavía más. En concreto el modelo de crecimiento se presenta a continuación y se describe ampliamente en las páginas siguientes:

Primer año de operación	12%
Segundo año de operación	12%
Tercer año de operación	6%
A partir del cuarto año	5%

²⁰ Periódico Oficial del Estado 25 de Septiembre de 2007. p. 52.

8.4 Elasticidad precio de la demanda

La teoría económica dice que la elasticidad precio de la demanda es una medida, sin unidades, de la sensibilidad de la cantidad demandada de un bien o servicio ante un cambio en su precio, cuando todas las demás variables o factores que influyen sobre los planes de los compradores permanecen constantes²¹. En un sentido práctico también se puede describir como el cociente que resulta dividir el cambio porcentual en la cantidad demandada sobre el cambio porcentual en el precio.

Dado que los servicios de transporte público se ofertan y se compran, es decir se hacen transacciones, se puede afirmar que es un bien de naturaleza económica y que existe un mercado para el mismo. Por ende también está sujeto a la elasticidad precio de la demanda y está depende, entre otras cosas, de: la capacidad de compra de los usuarios, de la naturaleza económica de los servicios (oligopólica, mercado competitivo, etc.), de si los servicios son de buena o mala calidad y sobre todo de la su relación con otros servicios para la movilidad (autos particulares o medios no motorizados, servicios sustitutos).

El tema es relevante a este estudio porque en el mismo se propone un incremento en la tarifa para pasar de \$ 4.50 a \$ 7.50, independientemente de que el incremento sea gradual, que se haga con la implantación del proyecto y que suponga una ampliación de la oferta se imponen dos preguntas ¿Cómo afectará el incremento de precio a la demanda de un servicios de primera necesidad? y ¿Cómo impacta este fenómeno en los ingresos del sistema?

Para el análisis se parte de la aseveración comúnmente encontrada en la literatura: “.. *la demanda de transporte en general y la del autobús urbano en particular es inelástica respecto al precio* (la variación porcentual de la demanda es menor que la variación porcentual en el precio), *por lo que un aumento en el precio del transporte va a suponer un aumento de los ingresos*”²²

Si se sigue el texto que se refiere en el párrafo anterior se puede encontrar una síntesis que procede de diversos estudios y que se constituye en evidencia empírica de la afirmación que se asume como punto de partida. Así, se sabe que un valor medio de la elasticidad precio de la demanda de servicios de transporte urbano podría estar en el orden del -0.41 pero que se han registrado valores hasta -0.80 e incluso hasta -0.97²³. En general, la variación entre el valor medio y el extremo depende de la magnitud del cambio en la tarifa. Si el cambio es pequeño tiende a ubicarse cerca de los valores medios, por el contrario si es grande aumenta su dispersión.

²¹ Sigue la definición de Parkin, Esquivel y Avalos en Microeconomía. Séptima Edición, México 206. p. 85.

²² Influencia de las variaciones en las tarifas del autobús en el transporte urbano. Orro Arcay y otros. Ponencia presentada en el V Congreso de Ingeniería del Transporte CIT 2002, Santander, España, 11-13 de Junio de 2002.

²³ Op. Cit. p. 7, Tabla 2

Tabla 65. Síntesis de estudios relacionados con la elasticidad precio de la demanda en servicios de transporte público.

Autores y año	Valores obtenidos	Metodología
Transit Cooperative Research Program. Transportation Research Board (2000)	Valor medio de -0.40 para la elasticidad arco extrapolación de la fórmula Simpson & Curtin a elasticidad arco lineal entre -0.39 y - 0.41 para rangos entre el 10 y el 40% de variación	Análisis y homogeneización de los estudios realizados con anterioridad
Nijkamp & Pepping (1998)	Variables entre -0.15 (UK) y -0.80 (Fase, Holanda)	Recopilación de 12 estudios, tanto de sección transversal como de series temporales en Europa entre 1965 y 1995
American Public Transit Association (1991)	Valor medio para todas las ciudades, todos los autobuses -0.40 Valores medios en función del tamaño de ciudad de -0.36 para más de 1 millón de habitantes y -0.43 para menos de 1 millón de habitantes. Valores detectados entre -0.12 (Riverside, California) y -0.85 (Toledo, Ohio)	Aplicación de una versión extendida del método ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) a 52 sistemas de transporte público en autobús en Estados Unidos
Mayworm, Lago & McEnroe (1980)	Rango de variación entre -0.04 y -0.87 con un valor medio de 0.28 ± 0.16 Valor para incrementos -0.34 Valor para bajadas de tarifas -0.37	Revisión de los estudios realizados en Estados Unidos y Gran Bretaña entre 1947 y 1980. Agregación de más de 100 valores diferentes de elasticidad.
Oum, Waters & Yong (1990)	Rango de valores probables para transporte público urbano entre -0.1 y -0.7	Revisión de estudios publicados, con separación de los que estudian elasticidad de la elección de modo.
Webster & Bly (1980)	Variación observada a lo largo de Europa y Estados Unidos entre -0.1 y -0.6	Citado en TRB (2000), no especifica los estudios analizados
Dygert, Holec & Hill (1977)	Valor medio de ϵ_{sr} de -0.33 Intervalos de variación entre -0.004 y -0.97	Estudio de 281 incrementos de tarifas en 114 ciudades estadounidenses entre 1950 y 1967

En todo caso, para los fines de este estudio lo relevante es corroborar que en el espacio geográfico en donde se va a implantar el proyecto la demanda es inelástica y, en el mejor de los casos, contar con alguna indicación del valor de la tarifa en donde los ingresos empiezan a decrecer.

En el Área Metropolitana de Monterrey no hay estudios de elasticidad precio de la demanda para los servicios de transporte público, aunque se tiene un detallado registro de los incrementos en la tarifa los datos de la demanda son inaccesibles (asimetría de información originada en los prestadores del servicio). El Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey si cuenta con registros de demanda y tarifa, desafortunadamente hace más de 7 años que no hay un incremento en la tarifa por ende el cálculo con registros directos de campo tampoco es posible.

Dadas estas circunstancias se optó por utilizar el modelo de planeación del tránsito calibrado para el Área Metropolitana de Monterrey (TRANSCAD), siguiendo la definición de la elasticidad se fijaron diversas variables (trazo, tecnología y competencia) y solo se hizo

variar la tarifa entre \$ 7.50 y \$ 10.50, los resultados más el estado actual se ilustran en la Tabla 66

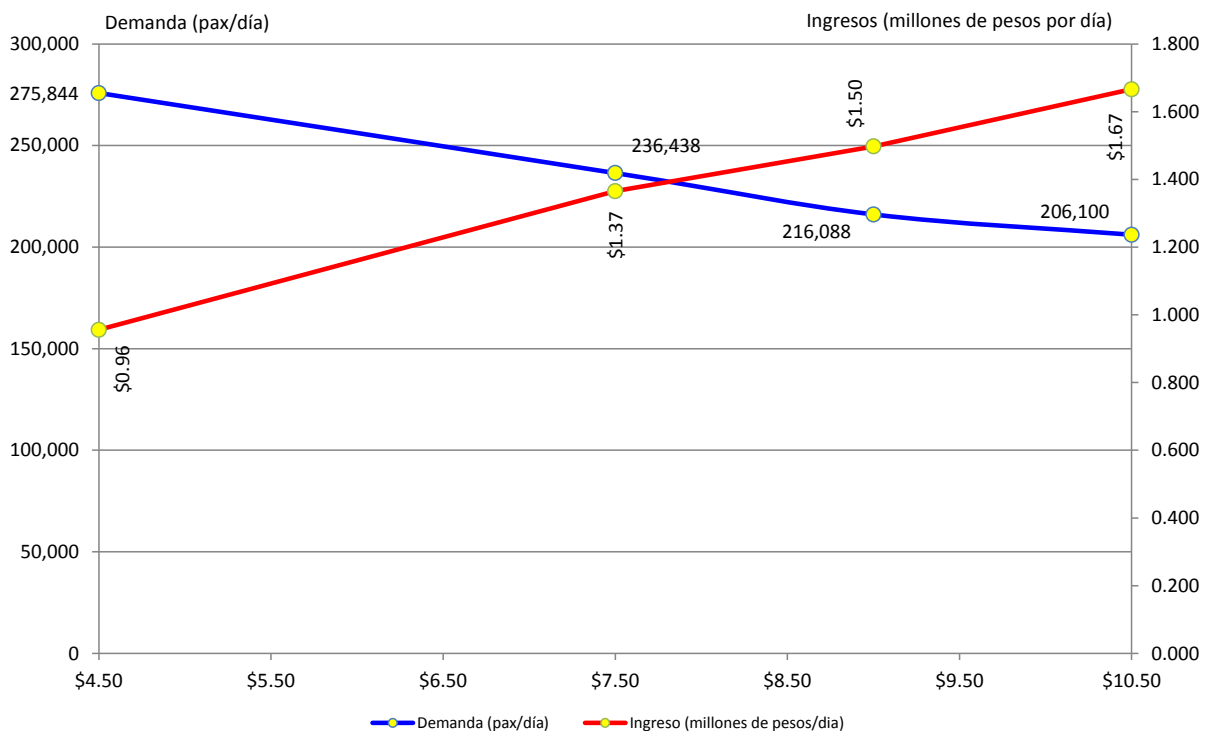
Tabla 66. Variación de la demanda del sistema a distintas tarifas

Tarifa	Demanda	Delta Precio	Delta Demanda	Elasticidad Precio
\$4.50	275,844			
\$7.50	236,438	67%	-14%	- 0.21
\$9.00	216,088	20%	-9%	- 0.43
\$10.50	206,100	17%	-5%	- 0.28

Fuente: Datos históricos STC Metrorrey y estimaciones FOA Consultores

De los datos se encontró que efectivamente la elasticidad precio de la demanda es inelástica y que sigue, en lo general, el patrón citado en la literatura: entre más grande es el incremento más inelástica.

Figura 95. Efecto de la elasticidad precio de la demanda sobre los ingresos y la captación



Fuente: STC Metrorrey con datos históricos y estimaciones de demanda FOA Consultores

Un par de factores adicional, ajenos a esta metodología, y son:

- a) El límite máximo que los usuarios declararon estar dispuestos a pagar por servicios de esta naturaleza: \$ 9.50 por viaje.²⁴
- b) El costo de los servicios que pueden ser considerados como sustitutos son mucho más altos. Mientras que la tarifa integrada propuesta sería de \$ 7.50 (sin cargos por transbordo), la tarifa marcadora del sistema tradicional es de \$ 9.38 (carga adicional por cada transbordo) y la de un taxi en su recorrido mínimo es de \$ 13.28 (Banderazo más 1 km. de recorrido).

En resumen se puede concluir que la elasticidad precio de la demanda de los servicios Metro es inelástica y que la tarifa propuesta (\$ 7.50) no afectará los ingresos del sistema.

²⁴ Encuesta de Preferencia Declarada. FOA Consultores 2010.

8.6 Cálculo de los ahorros en horas – hombre al inicio de operaciones

El cálculo de ahorros por reducciones de tiempos de viaje se hace año por año y es relevante a la evaluación porque al multiplicarlo por el valor del tiempo se monetizan los ahorros por este concepto y es uno de los insumos del flujo beneficios expresado en unidades monetarias.

En las figuras siguientes se presenta el resumen por tipo de servicio para el año de la puesta en servicio y el desglose del servicio que aporta el 70% de los beneficios, en este caso los Servicios BERTRO.

Tabla 67. Resumen de los ahorros por reducción de tiempos de viaje pro servicio en el año de inicio de operaciones (millones de hora por año)

Hrs-pasajero de traslado	BERTRO	Complementarios	Alimentadores	SUMA
Sin Proyecto	33.32	19.58	19.25	72.15
Con Proyecto	15.01	15.66	15.40	46.07
Ahorros	18.32	3.92	3.85	26.08

Tabla 68. Ahorros por reducción de tiempos de viaje en servicio BERTRO en el año de puesta en servicio (millones de horas – hombre)

	SITUACIÓN SIN PROYECTO OPTIMIZADA			
	Autobuses		Otros vehículos	
	PPico	PValle	PPico	PValle
Distancia Promedio (Km)	6.97	6.97	6.97	6.97
Velocidad Promedio (kph)	14.00	16.00	14.00	16.00
Tiempo de recorrido (hrs/Pax)	0.50	0.44	0.50	0.44
Demanda al inicio de operaciones(Mill. Pax/año)	75.36	75.36	75.36	75.36
% Participación en la demanda	88.30%	88.30%	11.70%	11.70%
Particip. Horas Prdo/Hrs operación diaria	0.1053	0.8947	0.1053	0.8947
Subtotal Mill. Hrs-pax de traslado / año	3.49	25.94	0.46	3.44
	29.42		3.90	
Total de Mill. Hrs-pax de traslado / año	33.32			
	SITUACIÓN CON PROYECTO			
	Autobuses Articulados			
	PPico	PValle		
Distancia Promedio (Km)	6.97	6.97		
Velocidad Promedio (kph)	35.00	35.00		
Tiempo de recorrido (hrs)	0.20	0.20		
Demanda al inicio de operaciones(Mill. Pax/año)	75.36	75.36		
% Participación en la demanda	100.00%	100.00%		
Horas Prdo/Hrs operación	0.1053	0.8947		
Subtotal Mill. Hrs-pax de traslado / año	1.58	13.43		
	15.01			
Total de Mill. Hrs-pax de traslado / año	15.01			
Ahorros en Mill. Hrs-pax de traslado / año	18.32			