



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis Costo Beneficio
Libramiento a la Zona
Metropolitana de San Luis Potosí**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Diana Guadalupe Barrera Hernández

ASESOR DE INFORME

M.C. Esteban de Jesús Figueroa Palacios



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/058/17

Señorita
DIANA GUADALUPE BARRERA HERNÁNDEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento que ha sido aprobado el tema que usted propuso, mismo que será asesorado por el profesor M.C. ESTEBAN FIGUEROA PALACIOS para ser desarrollado como informe escrito, conforme a la opción VI. "Titulación mediante trabajo profesional" para obtener su título de INGENIERO CIVIL.

"ANÁLISIS COSTO BENEFICIO LIBRAMIENTO A LA ZONA METROPOLITANA DE SAN LUIS POTOSÍ"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA
- III. OBJETIVOS
- IV. ANTECEDENTES
- V. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO
- VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 26 de junio del 2017.
EL PRESIDENTE


M.I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN

GLRMTH*gar

Contenido

1. Introducción	7
2. Descripción de la Empresa	8
2.1 Historia	9
2.2 Misión	10
2.3 Visión	10
2.4 Descripción del Puesto Laboral	11
3. Objetivo del Informe	11
4. Antecedentes	11
4.1 Estudios de Pre Factibilidad	14
4.2 Análisis Costo Beneficio	15
5. Análisis Costo Beneficio Libramiento a la Zona Metropolitana de San Luis Potosí ..	18
5.1 Resumen Ejecutivo	18
5.1.1 Objetivo del Proyecto	18
5.1.2 Problemática Identificada	18
5.1.3 Descripción del Proyecto	18
5.1.4 Horizonte de Evaluación	19
5.1.5 Identificación y Descripción de los Costos y Beneficios del Proyecto	20
5.1.6 Indicadores de Rentabilidad del Proyecto	21
5.2 Situación Actual	22
5.2.1 Diagnóstico de la Situación Actual	22
5.2.2 Análisis de la Oferta	23
5.2.3 Análisis de la Demanda Actual	27
5.2.4 Interacción de la Oferta – Demanda	35
5.3 Situación Sin Proyecto	39
5.3.1 Optimizaciones	39
5.3.2 Análisis de la Oferta	41
5.3.3 Análisis de la Demanda	42
5.3.4 Diagnóstico de la Interacción Oferta – Demanda	42
5.3.5 Alternativas de Solución	43
5.4 Situación con el PPI	44
5.4.1 Descripción General	44
5.4.2 Alineación Estratégica	46

5.4.3 Localización Geográfica.....	47
5.4.4 Calendario de Actividades	47
5.4.5 Monto total de Inversión.....	48
5.4.6 Financiamiento.....	48
5.4.7 Capacidad Instalada	49
5.4.8 Vida Útil	49
5.4.9 Descripción de los aspectos más relevantes de los Estudios de Factibilidad ..	49
5.4.10 Análisis de la Oferta.....	52
5.4.11 Análisis de la Demanda	52
5.4.12 Interacción Oferta-Demanda.....	57
5.4.13 Pre Evaluación.....	61
6. Conclusiones	63
7. Bibliografía.....	64

Índice de Ilustraciones

Ilustración 4.1. Inversión Bruta Fija Pública y Privada como porcentajes del PIB, México 1940-2016	12
Ilustración 4.2 Ciclo de vida de un proyecto APP iniciado por una PNS	13
Ilustración 4.3 Etapas de un Análisis Costo Beneficio.....	15
Ilustración 5.1 Larguillo libramiento ZMSLP	19
Ilustración 5.2 Boulevard Antonio Rocha Cordero.....	24
Ilustración 5.3. Recorrido actual y perfil de elevación	26
Ilustración 5.4. Comportamiento Vehicular Av. de las Torres - Zona Industrial II	27
Ilustración 5.5. Comportamiento Vehicular C.I. Río Santiago - Zona Industrial II	28
Ilustración 5.6. Comportamiento Vehicular Anillo Periférico - Zona Industrial II	28
Ilustración 5.7. Comportamiento Vehicular Av. Juárez - Zona Industrial II	29
Ilustración 5.8 TDPA´s 2006-2015	31
Ilustración 5.9. TDPA 2006-2015 en la Carretera Federal MEX 057 Querétaro - SLP	32
Ilustración 5.10 Crecimiento de la Zona Industrial de SLP.	35
Ilustración 5.11 Tránsito vespertino.....	36
Ilustración 5.12 Congestionamiento representativo de la zona	36
Ilustración 5.13 Congestionamiento representativo de la zona. 37 minutos de recorrido	37
Ilustración 5.14 Comportamiento del tránsito Sur – Norte en un día	38
Ilustración 5.15 Comportamiento del tránsito Sur – Norte durante todos los días revisados	39
Ilustración 5.16 Sección tipo.....	44
Ilustración 5.17. Ubicación Regional	47
Ilustración 5.18. Recorrido por proyecto.....	52
Ilustración 5.19. Ubicación de nuevos proyectos industriales	54
Ilustración 5.20 Crecimiento de la Zona Industrial de SLP, a partir de imágenes de satélite.	57
Ilustración 5.21 Ejemplo Nivel de Servicio.....	59

Agradecimientos

A Dios por concederme salud y fortaleza para poder culminar mi carrera profesional de manera satisfactoria.

A mis padres: Raquel y Cristóbal por ser mi apoyo y guía a lo largo de mi trayectoria académica y por la educación que me han dado, lo que hoy soy es gracias a ustedes.

A mis hermanos: Jérica y Alejandro quienes han contribuido a cumplir esta meta con su cariño.

A Leo quien ha estado conmigo en los momentos más difíciles, por su motivación, pero sobretodo, por creer en mí.

Al Ing. Esteban Figueroa por permitirme desarrollarme profesionalmente, por sus enseñanzas y por sus consejos para la elaboración de este informe.

A Juan Carrillo quien se ha convertido en mi amigo, por sus enseñanzas a lo largo de mi estadía en AFH.

A mis compañeros de clases Jorge, Gilberto, Javier, Eduardo, Elizabeth, Sarai y Javier Castellanos por su ayuda y amistad durante esta etapa de mi vida.

A todos mis profesores pero en especial a aquellos que con sus enseñanzas me inspiraron a superarme.

A la UNAM, por la valiosa educación que me ha dado.

1. Introducción

La inversión en obras de infraestructura de un país en materia de transporte, energía, telecomunicaciones y agua y saneamiento contribuyen a incrementar el bienestar general de la población. Por lo anterior, hoy en día es de suma importancia la planeación en materia de infraestructura.

La necesidad de las empresas consultoras en el área de planeación de infraestructura radica en convertir una buena idea en un proyecto viable, con una preparación adecuada para minimizar costos y demoras, así como aportar soluciones creativas para una distribución de riesgo óptima. Las consultorías de planeación de infraestructura se especializan en el análisis económico y de estructuración del financiamiento de las inversiones en proyectos de infraestructura vial, portuaria, aeroportuaria e hidráulica.

Según cifras del Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015 de la ONU, el 72% de la población de la República Mexicana reside en 384 ciudades con poblaciones mayores a los 15 mil habitantes. Lo que ha dado lugar al congestionamiento vial cada vez más frecuente.

El crecimiento exponencial de la población en las Zonas Metropolitanas de los estados de la República Mexicana (véase Tabla 1) ha derivado en la expansión territorial con deficiencias, sin tomar en cuenta la planeación urbana. El desarrollo urbano en zonas dispersas como lo son zonas aledañas a carreteras federales, ha logrado incentivar el uso de automóvil como opción de movilidad por lo que hoy en día transitar por las ciudades requiere de tiempo y costos de operación vehicular cada vez mayores.

Como alternativa al congestionamiento vehicular presentado en las Zonas Metropolitanas se ha optado por la construcción de libramientos a las ciudades, para que de esta manera vehículos de largo itinerario no tengan que atravesar las ciudades para llegar a su destino.

En este informe, se presenta un análisis socioeconómico de un proyecto de infraestructura vial, se trata de un libramiento a la zona metropolitana de San Luis Potosí, donde diariamente se presenta un caos vial debido a tránsito pesado con destino al norte de la República Mexicana que debe atravesar forzosamente por la ciudad de San Luis Potosí.

El desarrollo de este proyecto tuvo una particularidad: se desarrolló como una propuesta no solicitada; más adelante se explica a detalle qué es y en qué consiste.

Zona Metropolitana	POBLACIÓN		
	1980	2000	2010
ZM del Valle de México	14,122,991	18,396,677	20,116,842
ZM de Guadalajara	2,244,715	3,699,136	4,434,878
ZM de Monterrey	2,061,744	3,381,005	4,106,054
ZM de Puebla-Tlaxcala	1,111,266	2,269,995	2,728,790
ZM de Toluca	568,004	1,540,452	1,936,126
ZM de Tijuana	491,797	1,352,035	1,751,430
ZM de León	732,845	1,269,179	1,609,504
ZM de Juárez	567,365	1,218,817	1,332,131
ZM de Laguna	689,195	1,007,291	1,215,817
ZM de Querétaro	323,275	816,481	1,097,025
ZM de SLP-Soledad de Graciano Sánchez	471,047	850,828	1,040,443

Fuente: SEDESOL, La Expansión de las Ciudades 1980-2010, México 2012

Tabla 1. Evolución de la población de las ZM de México

2. Descripción de la Empresa

AFH es una firma de Ingenieros Consultores, en la que participa un grupo multidisciplinario que realiza servicios de consultoría en el ámbito de Transporte, Planeación de Infraestructura y Valuación de Activos Tangibles e Intangibles.

En materia de transporte AFH se ha caracterizado por ofrecer sus servicios a empresas operadoras de autopistas, apoyo a entidades públicas y empresas en la planeación del mercado para nuevas autopistas y terminales portuarias tomando en cuenta las implicaciones de financiamiento y riesgo en cualquier proyecto.

Las modalidades de inversión para las que AFH ofrece sus servicios son: Asociaciones Público – Privadas (APP), Planeación y Operación de Proyectos de Infraestructura, Financiamiento para el Desarrollo de Proyectos de Infraestructura, Economía del Transporte, Estudios de Vialidad y Transporte y Consultoría Especializada para Empresas Operadoras de Autopistas.

En cuanto a la Consultoría Financiera y de Negocios, AFH encuentra las formas adecuadas para identificar, medir y administrar la relación riesgo/rendimiento y de esta manera tener las mejores herramientas para encontrar soluciones y anticipar consecuencias.

Los servicios de Consultoría Financiera y de Negocios que AFH ofrece son: Valuación de Negocios, Fusiones y Adquisiciones, Valuación de Intangibles, Privatización de Empresas Públicas, Planes de Negocios, Identificación de Oportunidades de Negocios, Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión y Estudios Costo – Beneficio.

Por último en lo que a la Valuación de Activos se refiere AFH realiza valuación de Infraestructura, Petroquímicas, Redes de distribución de Gas Natural, Puertos Marítimos, Telecomunicaciones, Ferrocarriles, Autopistas, Complejos Turísticos y Avalúos Maestros para Negociación de Derechos de Vía como Autopistas y Carreteras, Redes de distribución de gas, líneas de transmisión de energía, tabuladores de Bienes Distintos a la Tierra y Asesoría en Estrategias de Negociación para la Liberación de Derechos de Vía.

AFH también ha proporcionado a entidades públicas asesoría en la etapa de proyectos a licitar, donde se ha coordinado el proceso de preparación de Bases Generales de la Licitación y ha dado apoyo al concesionario durante todo el proceso y adjudicación de la Concesión.

2.1 Historia

AFH consultores y asociados, S.C. se fundó en 1993, y desde entonces ha participado en proyectos de gran importancia nacional, en los campos del transporte, la energía, el turismo y los negocios.

Entre los estudios relevantes, destaca su participación en la integración de un proceso binacional de planeación de transporte en la frontera con Estados Unidos; el establecimiento de bases para un nuevo impulso a las asociaciones público-privadas en el sector transporte; la búsqueda de mecanismos de financiamiento para el desarrollo de la infraestructura; y el apoyo a entidades públicas y empresas privadas en la planeación del mercado de nuevas autopistas y terminales portuarias. Asimismo, ha contribuido al desarrollo de negocios de importancia nacional, tanto en operaciones de compra-venta como en esquemas de fusiones y adquisiciones y valuaciones de intangibles, en la industria química y petroquímica, puertos, ingenios azucareros, hoteles, proyectos turísticos y sistemas satelitales, entre otros.

La experiencia de la firma en proyectos de diversa índole, le permite disponer de un bagaje de conocimientos con los que ha construido una estructura intelectual que la capacita para encarar problemas de gran complejidad e importancia para sus clientes.

A lo largo de más de veinte años, en AFH consultores y asociados, S.C. han participado profesionales de las más altas calificaciones que, como consultores asociados, forman

parte de un panel confiable e integrado que la firma agrupa cuando las exigencias de los estudios lo requieren.

2.2 Misión

De acuerdo a los documentos fundacionales la Misión de la empresa es:

La Misión de AFH consultores y asociados, S.C. se sintetiza en un compromiso con la sociedad de aportar honestamente las capacidades individuales y colectivas de los que participamos en la firma, para contribuir a alcanzar, desde el ámbito de los servicios que ofrecemos, los ideales de equidad y calidad de vida a que aspiran nuestros clientes y/o aquellos a los que nuestros clientes sirven.

- *Con nuestros clientes asumimos, como misión propia, la suya, con la convicción de contribuir a que alcancen sus propósitos y con la honestidad de reconocer los límites de nuestras capacidades.*
- *Con nuestros socios y colaboradores, AFH consultores y asociados, S.C. se compromete a apoyarles en sus tareas de superación personal, bajo el principio de que la empresa está construida con cada uno de ellos.¹*

2.3 Visión

De acuerdo a los documentos fundacionales la Visión de la empresa es:

Los que constituimos AFH consultores y asociados, S.C. vemos a la firma como un recurso de capacidad y confianza profesional para aquéllos que buscan nuestra ayuda especializada, que ofrece lo mejor de sí a cada cliente, sin importar el tamaño o complejidad de su problema.

Vemos a nuestros consultores principales presentes en cada servicio que ofrecemos; nos vemos creciendo a partir del crecimiento de nuestros colaboradores y nos percibimos como una firma que constituye un referente por su objetividad, capacidad de respuesta y compromiso para enfrentar los grandes problemas nacionales, cuando nuestra experiencia nos permite contribuir a ello.

Vemos a los consultores de la firma en un empeño de continuo aprendizaje y actualización, convencidos, por otra parte, de la importancia de transmitir a las

¹ Tomado de página web AFH Consultores y Asociados

generaciones de futuros profesionales su experiencia, como la forma más satisfactoria de trascender.²

2.4 Descripción del Puesto Laboral

Desde que comencé a laborar en AFH he apoyado a la realización de diversos proyectos de planeación de infraestructura.

Dado que la herramienta principal para el desarrollo de cualquier proyecto es la información, una de mis principales funciones dentro de la empresa ha sido la investigación previa, en la que busco y analizo estudios anteriormente realizados, información del sitio donde se desarrollaría el proyecto así como información socioeconómica, entre otras.

Otras de mis funciones son:

- Apoyo en la elaboración de informes
- Apoyo en la elaboración de Análisis Costo-Beneficio
- Cálculo de Costos Generalizados de Viaje (COV y CTR)
- Elaboración de presentaciones ante clientes.

3. Objetivo del Informe

Demostrar la aplicación de la ingeniería civil en el área de planeación de infraestructura.

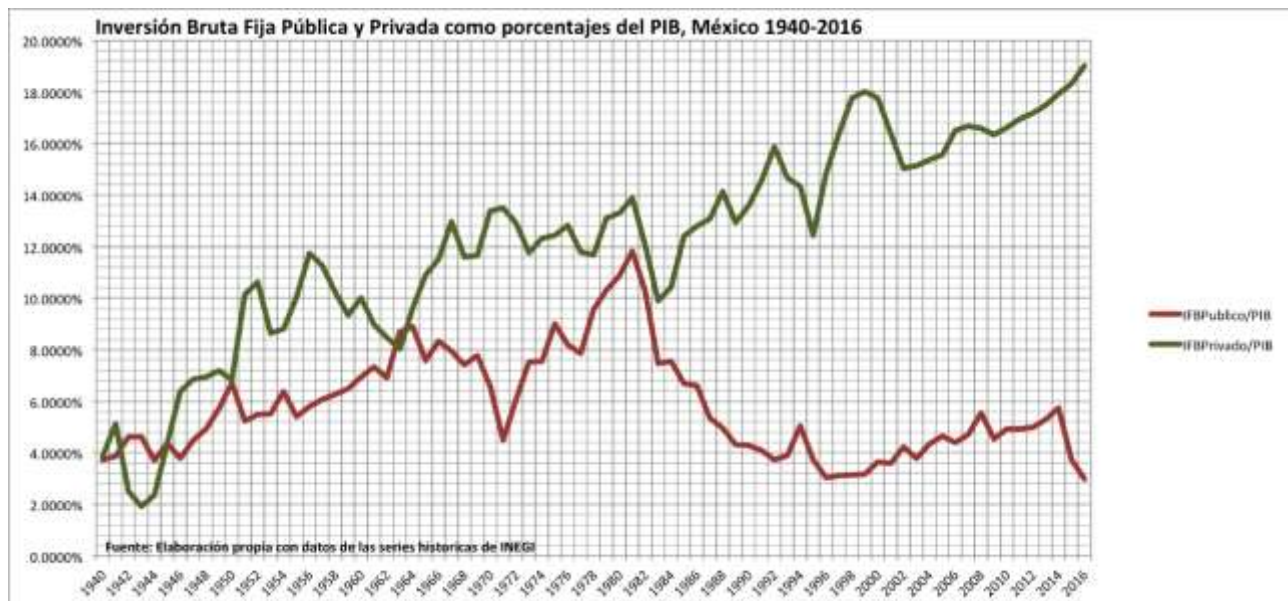
4. Antecedentes

A pesar de los recursos destinados a infraestructura, los montos necesarios para construir carreteras nuevas, ampliar la capacidad de las existentes, y conservar y modernizar los tramos en servicio, superan por mucho a los que se pueden obtener de los presupuestos federales anuales.

² Tomado de página web AFH Consultores y Asociados

Por ello, la participación del sector privado se vuelve cada vez más común para el desarrollo de infraestructura en México. Prueba de ello es que en el año 2016 el Presupuesto de Egresos de la Federación incluyó una inversión de 11,500 mdp³ para proyectos bajo la Ley de Asociaciones Público Privadas (APP).

Una Asociación Público Privada es hoy un esquema de inversión de largo plazo cada vez más utilizado, en el que se suman capital público y privado. Ante la necesidad de agilizar la estructuración y ejecución de proyectos bajo este esquema y la capacidad limitada en los organismos públicos para este propósito, se ha promovido la figura de las Propuestas No Solicitadas (PNS).



Fuente: Forbes

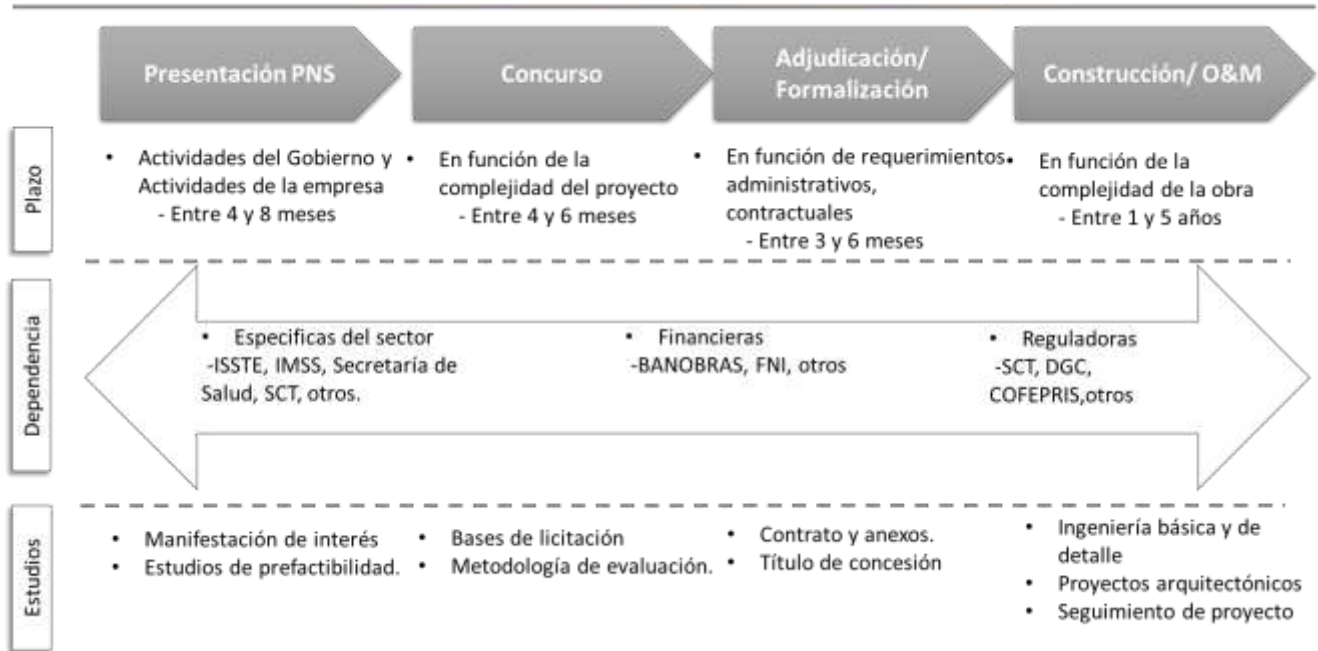
Ilustración 4.1. Inversión Bruta Fija Pública y Privada como porcentajes del PIB, México 1940-2016

La PNS son un nuevo recurso que se incluyó en la Ley de Asociaciones Público Privadas a partir del año 2013, en el que se permite que la iniciativa privada proponga infraestructura pública faltante que se alinee con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) vigente. El proyecto propuesto se realizará bajo el esquema financiero APP.

El Ciclo de Vida de un proyecto por APP iniciado por una PNS es el mostrado en la Ilustración 4.2:

³ Arias, J. Infraestructura y presupuesto ¿encrucijada? Real Estate Market. Recuperado de : http://realestatemarket.com.mx/revistadigital/rem_feria_milan/HTML/index.html#95/z

Ciclo de vida de un proyecto por APP iniciado por una PNS



Fuente: Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural (FOCIR)

Ilustración 4.2 Ciclo de vida de un proyecto APP iniciado por una PNS

Cuando una empresa desea presentar una PNS, debe seguir los siguientes pasos de acuerdo al Capítulo tercero: Artículos 26-37 de la Ley APP y al Capítulo tercero: De las propuestas no solicitadas: artículos 43 a 56 del Reglamento Ley APP.

1. Los interesados en presentar la PNS deberán justificar y conceptualizar el proyecto para poder solicitar a la entidad pública su opinión e interés.
2. La entidad pública emite la Manifestación de Interés sin implicar compromiso alguno.
3. Realización de los estudios de pre-factibilidad.
4. Se presenta el proyecto y los estudios de pre-factibilidad a la entidad pública.
5. La entidad pública realizará un análisis y evaluación (duración aproximada de 3 meses), la entidad pública podrá requerir información adicional o estudios complementarios.
6. La entidad pública notificará si es una propuesta procedente o no procedente.

4.1 Estudios de Pre Factibilidad

El expediente de una PNS, se integra con los estudios:

1. Descripción del proyecto

Este estudio como su nombre lo indica es la descripción misma del proyecto con todas sus generalidades, también se deberá incluir la caracterización del proyecto, definición de niveles de desempeño y calidad y la evaluación de viabilidad técnica.

2. Descripción de autorizaciones

Todo proyecto debe contar con autorizaciones tipo técnico, legal, ambiental, económico, etc. El alcance de este estudio de pre-factibilidad es la identificación de dichas autorizaciones para el desarrollo del proyecto y los requisitos para obtenerlas.

3. Viabilidad jurídica

En este se incluye la identificación de disposiciones jurídicas aplicables al proyecto y una conclusión sobre la posibilidad del proyecto de cumplir o no con dichas disposiciones.

4. Rentabilidad Social

Conformado por un Análisis Costo-Beneficio.

5. Conveniencia APP

En este estudio de pre-factibilidad se realiza un análisis de riesgos y asignación de los mismos, se elabora un comparador público y se estima el valor por dinero

6. Inversiones y aportaciones

Consiste en la definición de montos y origen de recursos para la inversión inicial así como la estimación de aportaciones adicionales para el funcionamiento del proyecto.

7. Viabilidad económica-financiera

Consiste en la realización de un Modelo Financiero donde se verá reflejada una estimación de flujos de ingresos y egresos del proyecto y se realizará el cálculo de indicadores de rentabilidad (Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno y Tasa de Rentabilidad Inmediata).

8. Contrato APP

Se realizará una propuesta de contrato APP donde se definirá el objeto, capital, estructura accionaria y accionistas del proyecto, además los derechos y obligaciones de cada parte así como una propuesta de distribución de riesgos.

4.2 Análisis Costo Beneficio

Un análisis Costo Beneficio es un estudio que desglosa todos los costos y beneficios de un proyecto en términos monetarios. Sirve como una herramienta para la toma de decisión de hacer o no el proyecto.

Etapas de un Análisis Costo Beneficio

Un análisis costo beneficio consta de cuatro etapas:

- Situación actual: Esta etapa consiste en describir el mercado o servicio objeto del estudio.
- Situación sin proyecto: Se describe la situación actual y futura optimizada si el proyecto no se realiza.
- Situación con proyecto: Se describe la situación actual y futura si el proyecto o alternativas del proyecto se ejecutan.
- Evaluación de proyecto: Se obtienen los indicadores económicos del proyecto (Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Tasa de Rendimiento Inmediata y la Relación Beneficio – Costo)

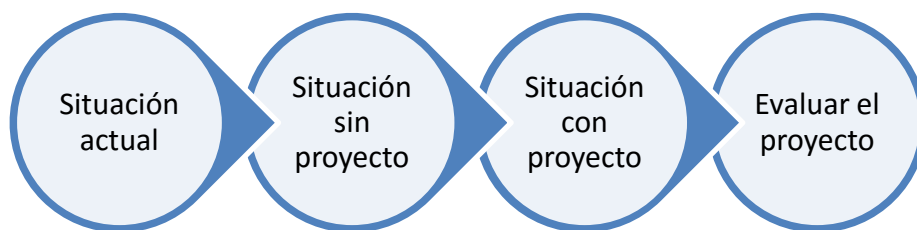


Ilustración 4.3 Etapas de un Análisis Costo Beneficio

Para cada una de las etapas nombradas anteriormente se deben identificar los costos y beneficios.

Identificación de Costos y Beneficios

Los costos del proyecto pueden dividirse en tres grandes rubros:

- Costos Totales para la sociedad
 - Construcción
 - Mantenimiento
- Costos para los usuarios
 - Tiempos de traslado
 - Costos de operación de vehicular
 - Accidentes
- Otros
 - Externalidades positivas y negativas (contaminación ambiental, ruido, etc.)

Evaluación del proyecto

- **Valor Presente Neto (VPN)**

Es el valor “al día de hoy” del flujo de efectivo generado por el proyecto en el horizonte de evaluación.

$$VPN = \frac{FE_t}{(1 + i)^t}$$

donde:

VPN = Valor Presente Neto del proyecto

FE_t = Flujo de Efectivo en el periodo t

i = Tasa de interés o costo de oportunidad

t = periodo

La regla de decisión de este indicador consiste en que si el VPN es positivo, entonces el proyecto es rentable, ya que la sociedad aumentará su riqueza al ejecutarlo.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Indica la rentabilidad de realizar un proyecto y a su vez la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero.

$$VPN = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{FE_t}{(1 + TIR)^t}$$

La Regla de decisión de este indicador, es aceptar los proyectos cuya TIR sea igual o mayor a la tasa de descuento (10%).

- **Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)**

Establece el momento óptimo a operar e invertir por medio de la maximización del VPN.

$$TRI = \frac{(Beneficios_{(t+1)} - Costos_{(t+1)})}{Inv. total}$$

Se determina al dividir el flujo de beneficios del primer año en operación del proyecto entre la inversión total.

- **Razón Beneficio/Costo**

Consiste en obtener la razón entre los beneficios y los costos a VPN.

$$B/C = \frac{VPN Beneficios}{VPN Costos}$$

Si esta razón es mayor que uno, es decir, los beneficios son mayores que los costos, el proyecto es factible.

5. Análisis Costo Beneficio Libramiento a la Zona Metropolitana de San Luis Potosí

5.1 Resumen Ejecutivo

5.1.1 Objetivo del Proyecto

El objetivo del proyecto “Análisis Costo Beneficio de un Libramiento a la Zona Metropolitana de San Luis Potosí” es incrementar el bienestar de la sociedad, mediante la construcción de un libramiento a la Zona Metropolitana de San Luis Potosí. Esta mejora social, se logrará disminuyendo los actuales, y futuros, tiempos de traslado, así como los costos de operación vehicular.

5.1.2 Problemática Identificada

El crecimiento urbano de la ZMSP se ha dado de forma expansiva hacia los municipios periféricos; entre 2000 y 2010 su población ha crecido de 850,828 a 1,040,443 habitantes. Este crecimiento expansivo, implica una menor densidad habitacional, mayor dispersión de la población y centralidad de las actividades comerciales, industriales y de servicios, además de mayores desplazamientos de la población y la creciente necesidad de mayor dotación de infraestructura y de prestación de servicios.

Siguiendo las tendencias de crecimiento poblacional y de la tasa de motorización, este problema se incrementará en el tiempo. La Tasa Promedio Anual de Crecimiento del parque vehicular de la ZMSP es de 9.2% según datos de INEGI.

5.1.3 Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un libramiento a la Zona Metropolitana de San Luis Potosí.

De acuerdo al trazo de la Ilustración 5.1:

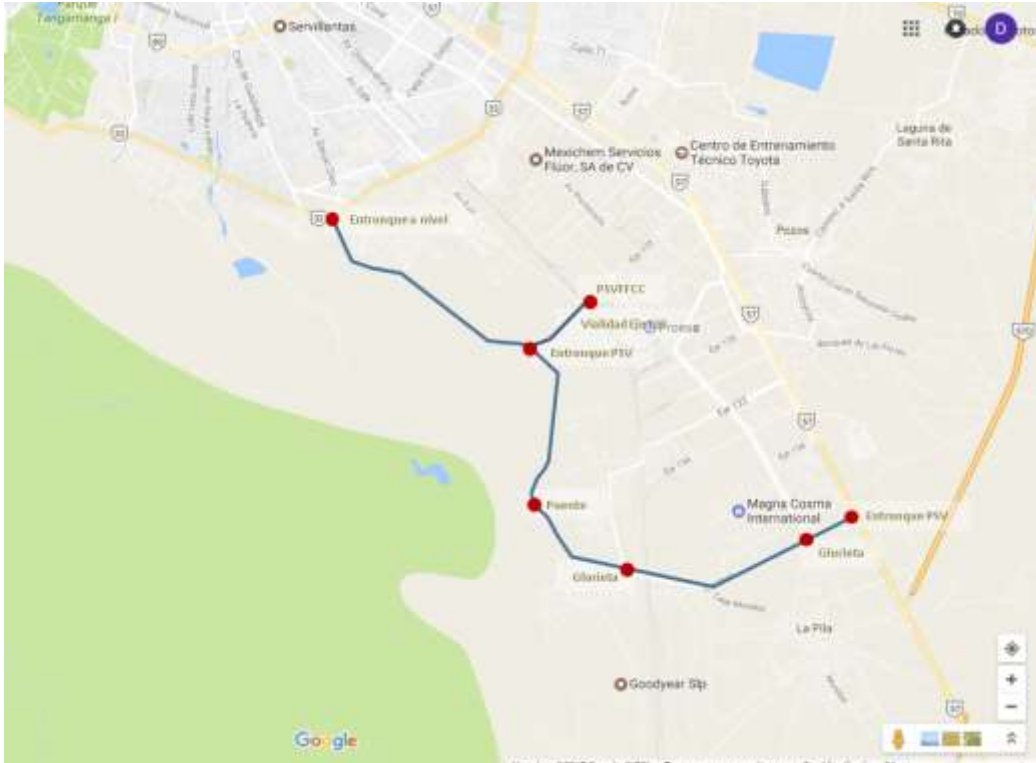


Ilustración 5.1 Larguillo libramiento ZMSLP

Dentro del diseño se considera la construcción de un libramiento de 15 km de longitud de 4 carriles correspondiente a una carretera tipo A4S. También se considera la construcción de 3 entronques (2 a desnivel y 1 a nivel) y 2 pasos superiores ferroviarios así como una vialidad que conecte el eje 122 con el proyecto.

Este libramiento tiene un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) esperado de 9,240 vehículos al inicio de su operación.

5.1.4 Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación es de 30 años.

5.1.5 Identificación y Descripción de los Costos y Beneficios del Proyecto

Descripción de los costos

Los costos del proyecto “Libramiento a la Zona Metropolitana de San Luis Potosí” son:

Inversión

La inversión corresponde a todos los componentes de infraestructura necesaria para iniciar las operaciones del Proyecto; estos son: la liberación de derechos de vía, permisos, supervisión, estudios y proyectos, seguros y fianzas, comisiones bancarias y costos de construcción.

El inicio de la construcción de las obras se planteó en los años 2018-2019.

Monto total de inversión	
Componentes/Rubros	Monto de inversión (pesos)
CONSTRUCCIÓN TRONCAL	\$ 572,250,000
MODERNIZACIÓN TRONCAL	\$ 151,700,000
ENTRONQUES	\$ 181,000,000
PSV	\$ 115,000,000
PUENTES	\$ 25,000,000
PUENTES PEATONALES	\$ 9,000,000
OBRAS INDUCIDAS	\$ 20,000,000
ILUMINACIÓN	\$ 6,000,000
CONEXIÓN EJE 122	\$ 70,000,000
Liberación Derecho de Vía	\$ 10,000,000
Permisos	\$ 2,000,000
Supervisión	\$ 10,799,500
Estudios y Proyectos	\$ 300,000
Seguros y Fianzas	\$ 3,000,000
Comisiones Bancarias	\$ -
Intereses Pagados	\$ -
Intereses Capitalizados	\$ -
Fondo para Obras Adicionales	\$ -
Fondo de Reserva para Mntto. y Conservación	\$ 5,000,000
Honorarios Legales	\$ 3,500,000
Subtotal	1,184,549,500
IVA	189,527,920
Total	1,374,077,420

Tabla 2. Costos de inversión a precios de 2017

Costos de conservación

A lo largo de la vida útil del proyecto, se incurrirá en costos de operación y mantenimiento de la infraestructura del libramiento.

En este apartado, se incluyen los costos de conservación rutinaria (anual) que asciende a un monto de \$2,969,095, periódica como lo es riego de sello (cada 3 años) y sobre carpeta (cada 10 años) de \$3,984,922 y \$ 21,917,069 respectivamente y conservación mayor que se refiere a la reconstrucción que se realiza cada 15 años y asciende a un costo de \$60,570,810.

Descripción de los beneficios

Ahorro en Costos de Operación Vehicular

Los beneficios por ahorro en Costos de Operación vehicular son resultado de la diferencia que hay, de estos costos, en la Situación Sin Proyecto (SP) y la Situación Con Proyecto (CP).

La suma de los beneficios por ahorro en Costos de Operación Vehicular (COV) durante el horizonte de planeación a VPN es de 502,434,572 pesos de 2017.

Ahorro en Tiempo de Viaje

Los beneficios por ahorro en Tiempo de viaje son resultado de la diferencia que hay, de estos costos, en la situación sin proyecto (SP) y la situación con proyecto (CP).

La suma de los beneficios por ahorro de tiempo de viaje durante el horizonte de planeación a VPN es de 664,195,378 pesos de 2017.

5.1.6 Indicadores de Rentabilidad del Proyecto

Los indicadores de rentabilidad utilizados para la evaluación del proyecto, son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La tasa social de descuento utilizada fue del 10%; tasa establecida por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público.

Indicadores de rentabilidad del proyecto		
VP Neto (2017)	124,475,200	
TIR	11.23%	> 10%
TRI año 2	16%	
Relación Costo/Beneficio	1.12	

Tabla 3. Indicadores de rentabilidad del proyecto

5.2 Situación Actual

5.2.1 Diagnóstico de la Situación Actual

El estado de San Luis Potosí tiene una población de 2, 717,820 habitantes, de los cuales 1, 040,443 habitan la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, lo que representa el 38.28% de la población del estado.

Es en la Zona Metropolitana (ZM) de San Luis Potosí donde 504,026 personas desarrollan actividades de tipo industrial (automotriz, manufactura, construcción, alimentos, entre otros) y de servicio (comercio y turismo), la ZM de San Luis Potosí es de suma importancia para el desarrollo económico del país ya que es paso obligado para los transportistas de carga y pasajeros que van de Querétaro a estados como Aguascalientes, Guadalajara, Zacatecas, entre otros.

La principal zona habitacional y de servicios se encuentra en la ZM de San Luis Potosí, y al sur oriente se ha desarrollado su zona industrial principal, para comunicar a la Zona Industrial con la zona sur poniente la ciudad capital de San Luis Potosí, se requiere cruzar por el Boulevard Antonio Rocha Cordero y continuar por el Boulevard San Luis (Carretera MEX 057, Querétaro – San Luis,) hasta llegar al Eje 140, a través de una ruta de 15.80 Kilómetros, conformada por diferentes vialidades donde se mezcla tránsito local y de paso, tránsito ligero y pesado, lo cual ocasiona un incremento en los costos de circulación de los vehículos que mueven personas y carga por esta vía.

La ruta actual está constituida por interferencias a la circulación vehicular, propiciada por topes, cruces a nivel a otras zonas urbanas y semáforos, siendo que, la mayoría de los vehículos de carga que atraviesan la ciudad actualmente lo hacen por esta ruta que cuenta con las características urbanas en mayor parte lo que deriva en un incremento en los costos generalizados de viaje de los vehículos.

Los principales problemas que se presentan en el área en estudio, son las bajas velocidades del tránsito que se observan al desplazarse por el Boulevard Antonio Rocha Cordero – Boulevard San Luis, además de la baja capacidad de la vía por donde circulan un promedio de 14,000 vehículos, que hacen que la circulación sea lenta, ya que el tránsito que se dirige a la zona industrial o viceversa, se encuentra con una carretera en malas condiciones en el pavimento, con grietas y deformaciones y el escaso y poco visible señalamiento tanto vertical como horizontal, lo que hace difícil que se tengan velocidades de operación adecuadas. De acuerdo a lo anterior, surge la necesidad de construir una vía que ofrezca un flujo continuo para el tránsito de largo itinerario y que permita mejorar las condiciones de circulación al tránsito local.

La ruta actual, del norte al sur, inicia en Boulevard Antonio Rocha Cordero en el km 8+800/Prolongación Av. Juárez, (km 0+000 del proyecto), se circula hacia el oriente hasta Av. Industrias, para girar inmediatamente a la izquierda en Eje 102, y tomar a la derecha (hacia el sur) el Boulevard San Luis (Carr. MEX 057 Querétaro San Luis del km 196+800 al km 187+000), hasta entroncar con el Eje 140 a la izquierda.

La alternativa elegida de realizar la construcción de un libramiento carretero de dos cuerpos, con sección transversal de 10.10 metros cada uno, es conveniente, ya que permitirá agilizar el tránsito y reducir el costo de viaje de los usuarios que se dirigen a la zona industrial y también ayudara a disminuir el congestionamiento vial del Boulevard San Luis (carretera MEX 057, km 202+000 al km 187+000).

Se registraron bajas velocidades de operación para los vehículos, con altos tiempos de recorrido, debido a que tienen que disminuir su velocidad al alcanzar a un vehículo pesado, desarrollando un recorrido lento, que hacen que los costos de operación se incrementen significativamente.

5.2.2 Análisis de la Oferta

El Boulevard Antonio Rocha Cordero, se ubica en terreno lomerío y opera con 2 (dos) carriles por sentido (véase Ilustración 5.2), donde se tienen limitaciones en las velocidades de operación, los pavimentos muestran tramos con alto nivel de deterioro y se presentan volúmenes vehiculares en promedio de 14,000 vehículos diarios.



Ilustración 5.2 Boulevard Antonio Rocha Cordero

El tramo carretero del Boulevard San Luis (Carretera MEX 057 Querétaro – San Luis, km 196+000 al km 186+770), se ubica en terreno plano, es la ruta que conecta directamente al centro del país a la zona Industrial, opera con 4 (cuatro) carriles centrales y dos carriles laterales de 2 (dos) carriles por sentido, presenta un gran congestionamiento a diferentes horas del día, y se presentan volúmenes de 24,000 vehículos en promedio.

También es importante destacar la presencia de camiones de carga en un significativo porcentaje de la composición vehicular del tránsito, que requieren de mejores condiciones para circular. Es un hecho que todo el flujo de camiones de carga, en el tramo de estudio, es de paso, y en la medida que se incrementen la infraestructura mejorarán los ciclos de operación con el consecuente ahorro en costos de operación y tiempos de la carga.

Con el fin de contar con información actualizada de la oferta y la demanda en la zona de influencia del Proyecto, así como estimar el tránsito asignado al Libramiento “Boulevard Prolongación - Av. Juárez – Eje 140”, se realizó un estudio de demanda.

Como primera etapa del estudio de demanda se definió una red de análisis, para la cual se recopiló información en campo de sobre las características físicas y geométricas de sus diferentes tramos, tal como: longitud, tipo de terreno, número de carriles y existencia de acotamientos. Asimismo, se identificaron las condiciones de operación, tales como velocidades de operación, tiempos de recorrido y niveles de servicio.

1- Actualmente, el Boulevard Antonio Rocha Cordero, en el tramo de Av. Juárez km 8+800 – a Av. Industrias km 13+130, opera bajo las condiciones mostradas en la Tabla 4:

Boulevard Antonio Rocha Cordero (Av. Juárez-Av. Industrias)	
Tipo de Carretera	A4
Ancho de Corona	14.0 metros
No. de carriles	4
Ancho de carriles	3.5 metros
Faja separadora central	Solo pintada
Acotamientos laterales	Sin acotamientos
Tipo de terreno	Lomerío
Tipo de pavimento	Asfáltico
IRI	6.0 m/km
Velocidad de operación (alta demanda)	36.0 km/h
Velocidad de operación (saturación)	18.0 km/h

Tabla 4. Situación actual Boulevard Antonio Rocha Cordero

2- La Av. Industrias en su tramo de Boulevard Antonio Rocha Cordero km 0+000 al Eje 102 km 0+500, opera con las características mostradas en la Tabla 5:

Av. Industrias	
Tipo de Carretera	A4
Ancho de Corona	12.0 metros
No. de carriles	4
Ancho de carriles	3.5 metros
Faja separadora central	Si
Acotamientos laterales	Sin acotamientos
Tipo de terreno	Plano
Tipo de pavimento	Asfáltico
IRI	5.0 m/km
Velocidad de operación (alta demanda)	<30.0 km/h

Tabla 5. Situación actual Av. Industrias

3-El Eje 102 en su tramo Av. Industrias km 0+000 al Boulevard San Luis (Carr, Querétaro San Luis) km 0+186, opera con las características mostradas en la Tabla 6:

Eje 102	
Tipo de Carretera	A2
Ancho de Corona	15.0 metros
No. de carriles	2
Ancho de carriles	3.5 metros
Faja separadora central	No
Acotamientos laterales	Sin acotamientos
Tipo de terreno	Plano
Tipo de pavimento	Asfáltico
IRI	5.0 m/km
Velocidad de operación (alta demanda)	30.0 km/h

Tabla 6. Situación actual Eje 102

4-El Boulevard San Luis (Carr. Querétaro- San Luis) en su tramo Eje 102 (km 196+800) al Eje 140 opera con las características mostradas en la Tabla 7:

Boulevard San Luis	
Tipo de Carretera	A4S
Ancho de Corona	22.0 metros
No. de carriles	4
Ancho de carriles	3.5 metros
Faja separadora central	Si (1.0 metros)
Acotamientos laterales	Sin acotamientos
Tipo de terreno	Plano
Tipo de pavimento	Asfáltico
IRI	5.0 m/km
Velocidad de operación (alta demanda)	25.0-60.0 km/h

Tabla 7. Situación actual Boulevard San Luis

En la Ilustración 5.3 se muestra el recorrido actual que debe transitar diariamente los vehículos de paso para poder ir hacia el norte del país.



Ilustración 5.3. Recorrido actual y perfil de elevación

5.2.3 Análisis de la Demanda Actual

Para determinar el comportamiento y las características de la demanda, se instalaron estaciones de aforo automático con clasificación vehicular, durante siete días continuos las 24 horas, en 9 (nueve) sitios de la red de carreteras. Una vez obtenida la información de los equipos, se procedió a realizar el análisis de los aforos automáticos, de donde se obtuvo la variación horaria, asimismo, se instalaron 4 (cuatro) estaciones de encuestas origen – destino y preferencia declarada, con objeto de conocer las características de los viajes y la disponibilidad de los viajeros que utilizarían la vialidad nueva.

Con el fin de disminuir el nivel de error de la estimación de los Costos Generalizados de Viaje (CGV), se analizó el comportamiento del flujo vehicular durante el día, encontrando que existen horas sin congestión y con congestión. Lo anterior, se determinó con base en el trabajo de campo realizado. En las ilustraciones Ilustración 5.4 a Ilustración 5.7 se muestra el comportamiento del flujo vehicular durante el día.

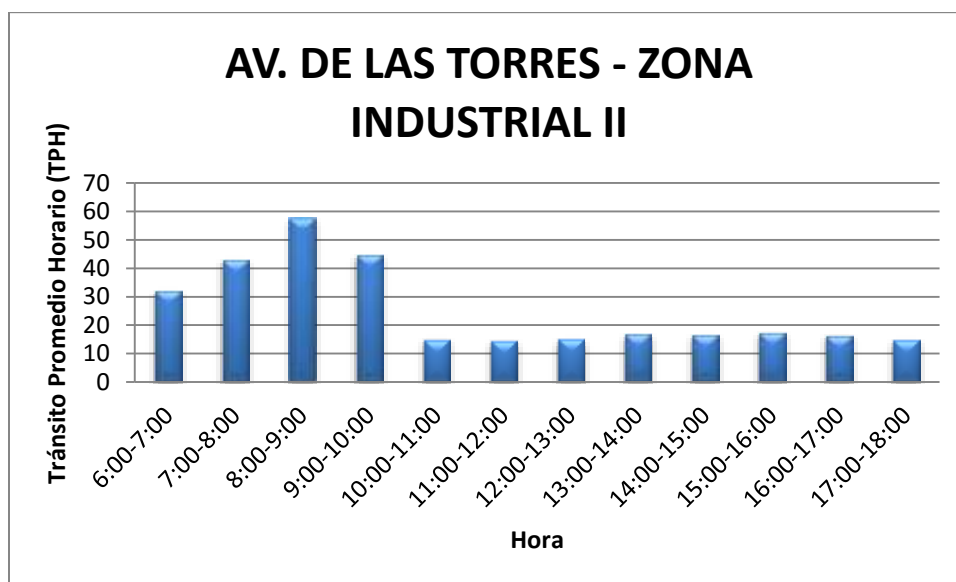


Ilustración 5.4. Comportamiento Vehicular Av. de las Torres - Zona Industrial II

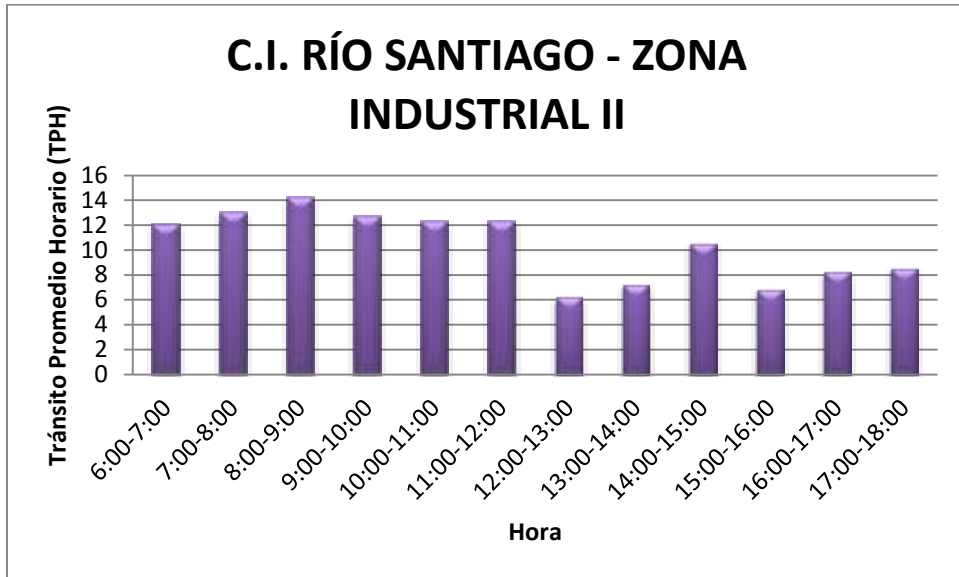


Ilustración 5.5. Comportamiento Vehicular C.I. Río Santiago - Zona Industrial II

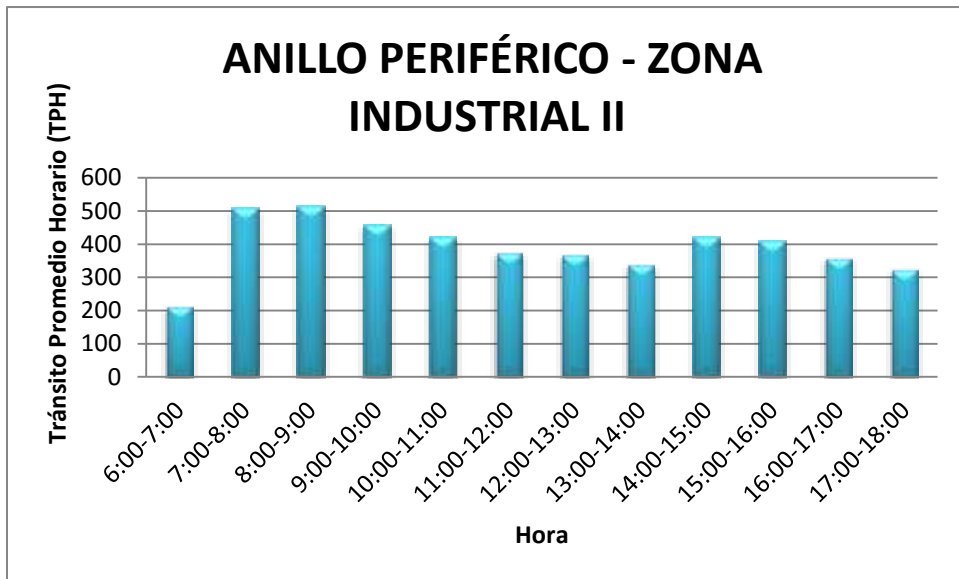


Ilustración 5.6. Comportamiento Vehicular Anillo Periférico - Zona Industrial II

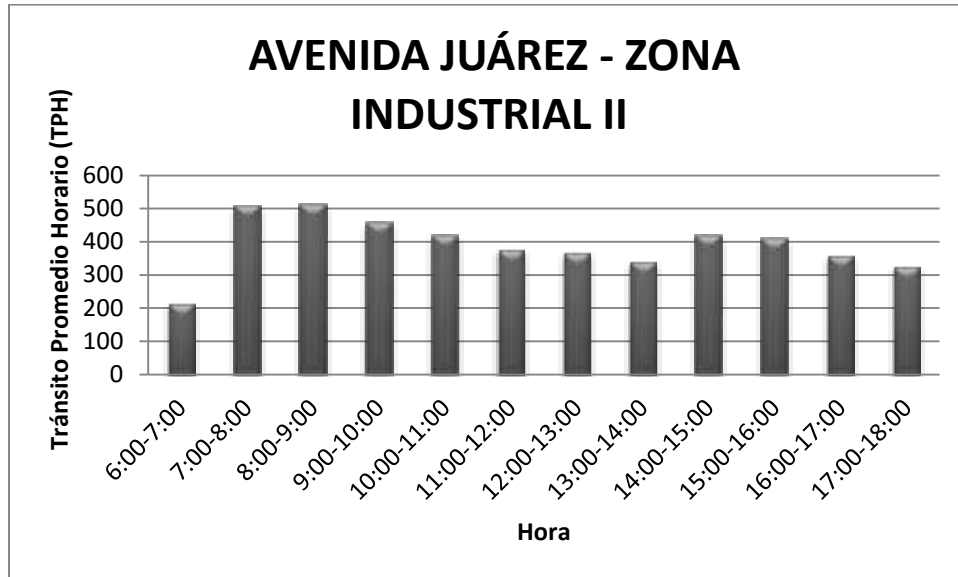


Ilustración 5.7. Comportamiento Vehicular Av. Juárez - Zona Industrial II

Se observan picos marcados en el periodo matutino, y picos no tan marcados en la tarde.

Del Estudio de Demanda realizado también se obtuvieron las velocidades de circulación, y tiempos de recorrido por tipo de vehículos en diferentes tramos:

Se llevaron a cabo estudio de tiempos de recorrido, siguiendo la ruta actual desde El Boulevard Antonio Rocha Cordero E.C. Av. Juárez a la carretera MEX O57 (Querétaro – San Luis km 196+800 – 187+000) hasta el Eje 140, con un recorrido total de 15.80 kilómetros, obteniéndose los siguientes resultados:

Para el vehículo de prueba Tipo A, (automóvil), se obtuvo un tiempo de 19 minutos, lo cual resulta una velocidad de operación de 49 km/h.

Para el vehículo de prueba tipo B, (autobús), se obtuvo un tiempo de 22 minutos y 34 segundos, resultando una velocidad de operación de 42 km/h.

Para el vehículo de prueba tipo C, (Camión de carga), se obtuvo un tiempo de 24 minutos y 21 segundos, resultando una velocidad de operación de 39 km/h.

Como resultado de los estudios de demanda se obtuvo el TDPA para cada uno de los tramos, mismos que se muestran en la Tabla 8:

No.	Carretera	Km	TDPA 2013	Composición vehicular		
				A	B	C
1	Boulevard A. Rocha/Av. Juárez	8+800	14,790	82.67%	2.55%	14.78%
2	Boulevard A. Rocha C./Boulevard Río Españita	13+025	21,641	87.45%	1.76%	10.79%
3	Av. Industrias/Eje 102		18,903	77.02%	6.65%	16.34%
4	Anillo Periférico / Río Santiago		10,862	99.15%	0.0%	0.84%
5	Carr. Querétaro – San Luis (Boulevard San Luis (Calle lateral / Eje 118))		13,712	69.61%	13.15%	17.25%
6	Av. Industrias (Carril Central)/Eje 118		18,903	99.53%	0.0%	0.47%
6-1	Av. Industrias (Carril Lateral)/Eje 118		7,624	47.67%	9.21%	44.12%

Tabla 8. Demanda actual

De acuerdo con el documento Análisis Costo – Beneficio realizado, el volumen de tránsito que utilizará el Proyecto es el mostrado en la Tabla 9.

Tramo	TDPA	Autos	Autobuses	Camiones
Tramo 1 Boulevard Antonio Rocha Cordero, km 0+000	9,240	7,646	0.0	1,594
Composición (%)	100	82.75	0.0	17.25

Tabla 9. Tránsito del proyecto

Según la misma referencia la Tasa de Crecimiento Media Anual será de 3.5%.

Se revisará la pertinencia de incorporar un tránsito adicional debido a proyectos que se han anunciado en forma posterior al ACB consultado.

Composición Vehicular

Por otra parte, como una fuente adicional para calcular el aforo vehicular, se utilizaron las estimaciones de tránsito diario promedio anual (TDPA), publicadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), para los años 2006-2015 (véase Ilustración 5.8). En el mapa se señalan cuatro estaciones que son próximas al punto de estudio, para el Proyecto se considerará solo la estación “X. Periférico San Luis Potosí” sobre la

carretera MEX 057 Querétaro- San Luis Potosí, en las proximidades y al sur del Periférico Boulevard Antonio Rocha Cordero.

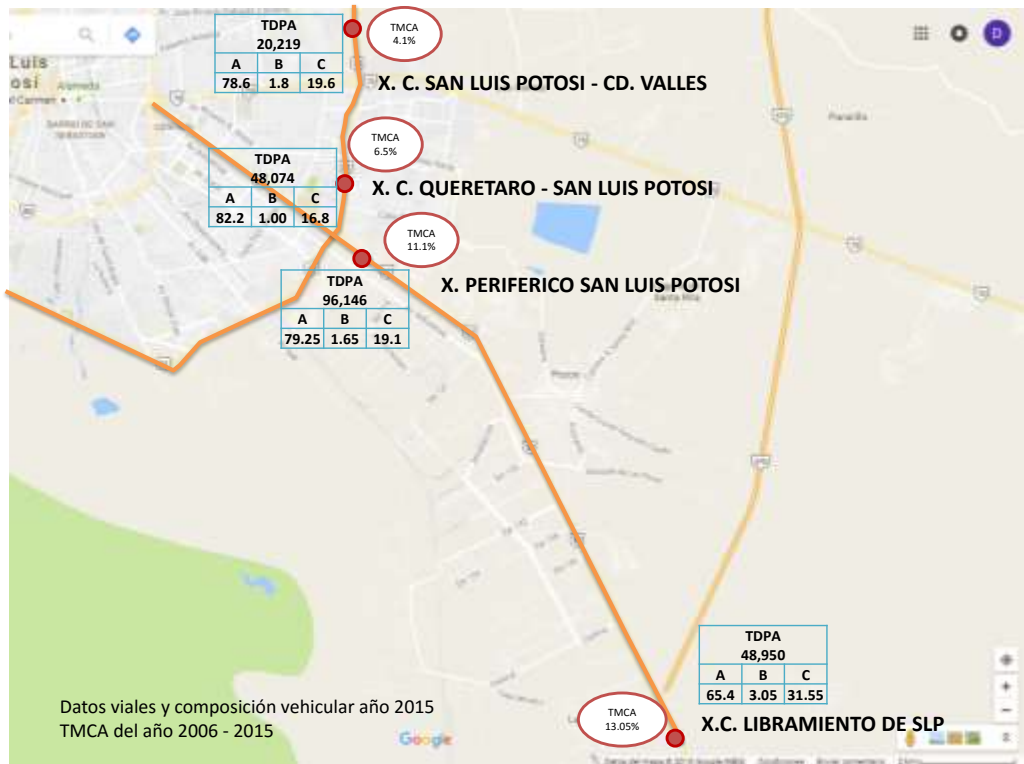


Ilustración 5.8 TDPA's 2006-2015

De acuerdo con la información publicada por la SCT, la composición vehicular para esta carretera se constituye por vehículos ligeros, autobuses, camiones unitarios y camiones articulados. La composición vehicular de la estación X. Periférico San Luis Potosí se muestra en la Tabla 10 e Ilustración 5.9:

LUGAR	TDPA TOTAL	A	B	C	Año
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	37,294	26,8528	2,238	8,205	2006
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	39,376	29,217	2,736	7,423	2007
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	41,437	31,201	1,823	8,413	2008
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	41,292	26,571	1,817	12,904	2009
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	39,293	27,701	1,748	9,843	2010
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	48,320	40,228	1,159	6,933	2011
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	56,679	52,738	709	3,232	2012
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	62,900	55,039	755	7,106	2013
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	69,361	60,456	661	8,244	2014
X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	96,146	79,506	1,306	15,333	2015

Tabla 10. Tránsito según Datos Viales

Con la información mostrada se procedió a calcular la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) global y para cada tipo de vehículo (Tabla 11).

X. PERIFERICO SAN LUIS POTOSI	
Clasificación vehicular	TCMA
A	12.82%
B	-5.80%
C	7.20%
TOTAL	11.10%

Tabla 11. Tasa Media de Crecimiento Anual por tipo de vehículo

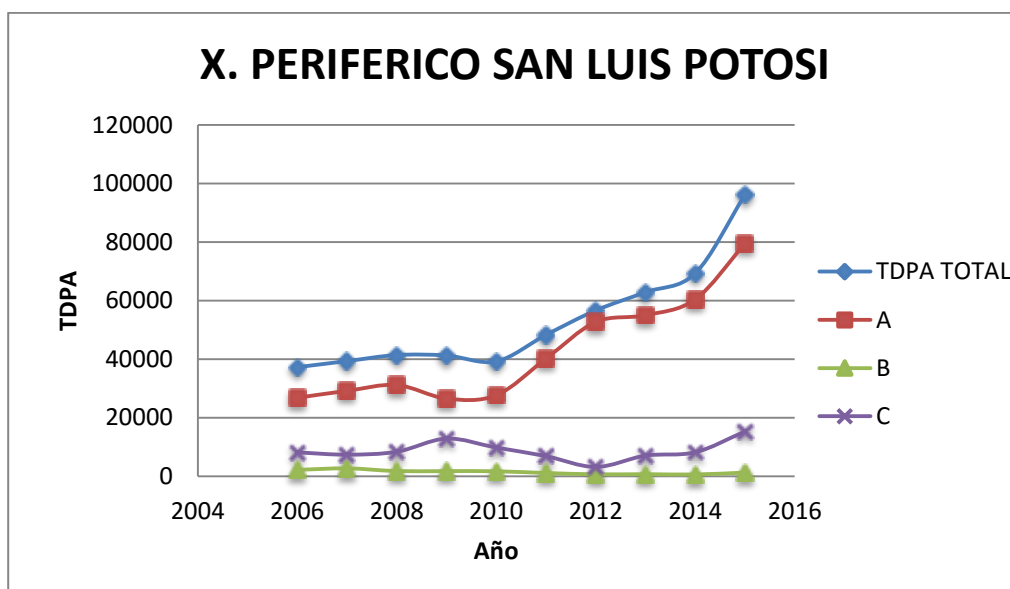


Ilustración 5.9. TDPA 2006-2015 en la Carretera Federal MEX 057 Querétaro - SLP

Para ilustrar el tipo de tránsito que se presenta en las vialidades dentro de la zona de influencia del proyecto, se presentan las siguientes imágenes:



Bldv. Rocha Cordero cerca de intersección con proyecto



MEX057 zona urbana



MEX 80 Lagos de Moreno – SLP
Dr. Salvador Nava Martínez



MEX057 zona urbana



MEX057 zona industrial



MEX057 cerca Eje 140

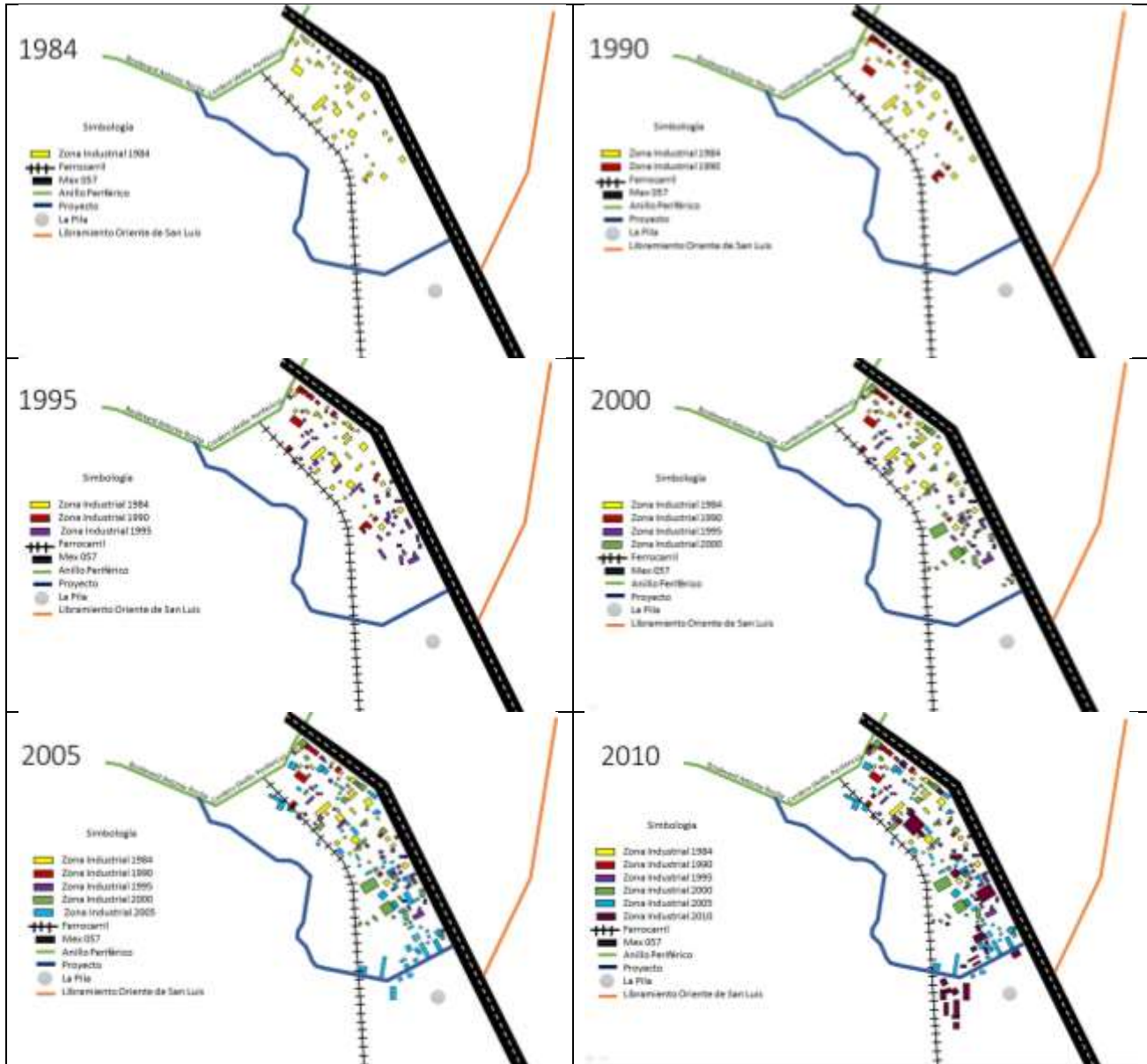


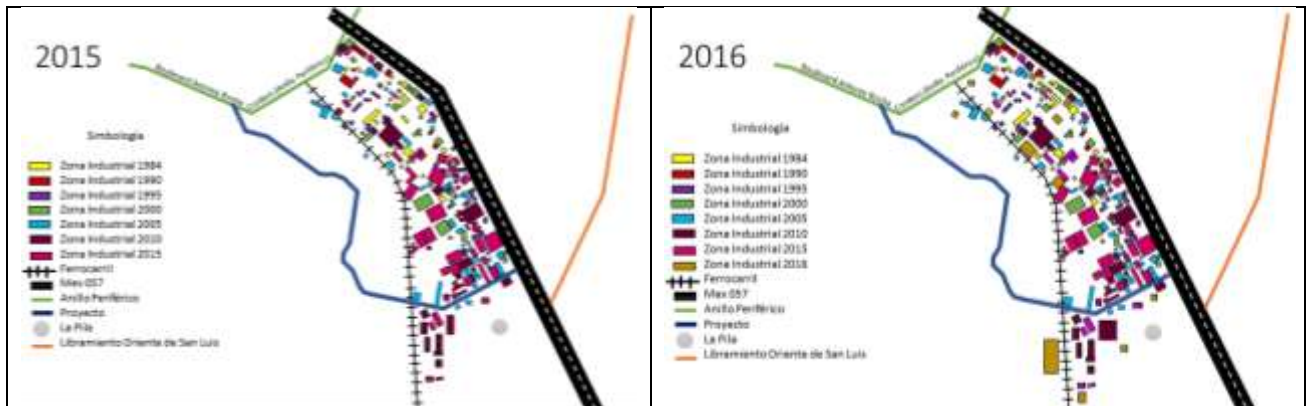
EJE 140



EJE140

Adicional a los datos anteriores, y como una medida indirecta de la demanda local, en la Ilustración 5.10 se presenta la evolución de la zona industrial de San Luis Potosí, que conforme ha ido creciendo requiere mejores vialidades de entrada y salida de carga y personal.





Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5.10 Crecimiento de la Zona Industrial de SLP.

5.2.4 Interacción de la Oferta – Demanda

Durante varias horas al día, el nivel de servicio en el Boulevard Antonio Rocha Cordero es menor al aceptable; con la tendencia actual se estima que en quince años el tránsito llegue a la capacidad total de la vialidad. Por su parte la Carretera Federal MEX 057 tiene un nivel de servicio entre bueno y deficiente; sin embargo, recurrentemente se observa tránsito muy lento, sin alternativas para el conductor a tomar vialidades cercanas. Dado el gran flujo vehicular que se presenta en la Carretera MEX 057, o Blvd. San Luis, cualquier incidente de tránsito genera severos asentamientos generalmente para ingresar a la ciudad de San Luis Potosí.

En las ilustraciones Ilustración 5.11 y Ilustración 5.12 se presenta el tránsito vespertino en el tramo de estudio, donde se observan los puntos conflictivos de la región. Los asentamientos vehiculares se presentaron de sur a norte sobre la MEX 057, y de oriente a poniente en el Blvd. Antonio Rocha Cordero.



Ilustración 5.11 Tránsito vespertino



Ilustración 5.12 Congestionamiento representativo de la zona

En las Ilustraciones Ilustración 5.11, Ilustración 5.12 y Ilustración 5.13, los puntos representan avisos de los usuarios de algún problema en la vía, y las líneas de color café indican tramos que el sistema detecta con velocidades inferiores a las promedio.

Como muestra de lo conflictivo que puede resultar el tránsito en ciertos periodos, se muestra en la Ilustración 5.13, de otra fecha, este detalle de la carretera MEX 057 colindante con la zona industrial, con los tiempos de recorrido en ese momento entre el Eje 140 (a la altura de las vías del tren) y el Blvd. Antonio Rocha (en la futura intersección con el proyecto). La mejor alternativa sur – norte tardaba 37 minutos.

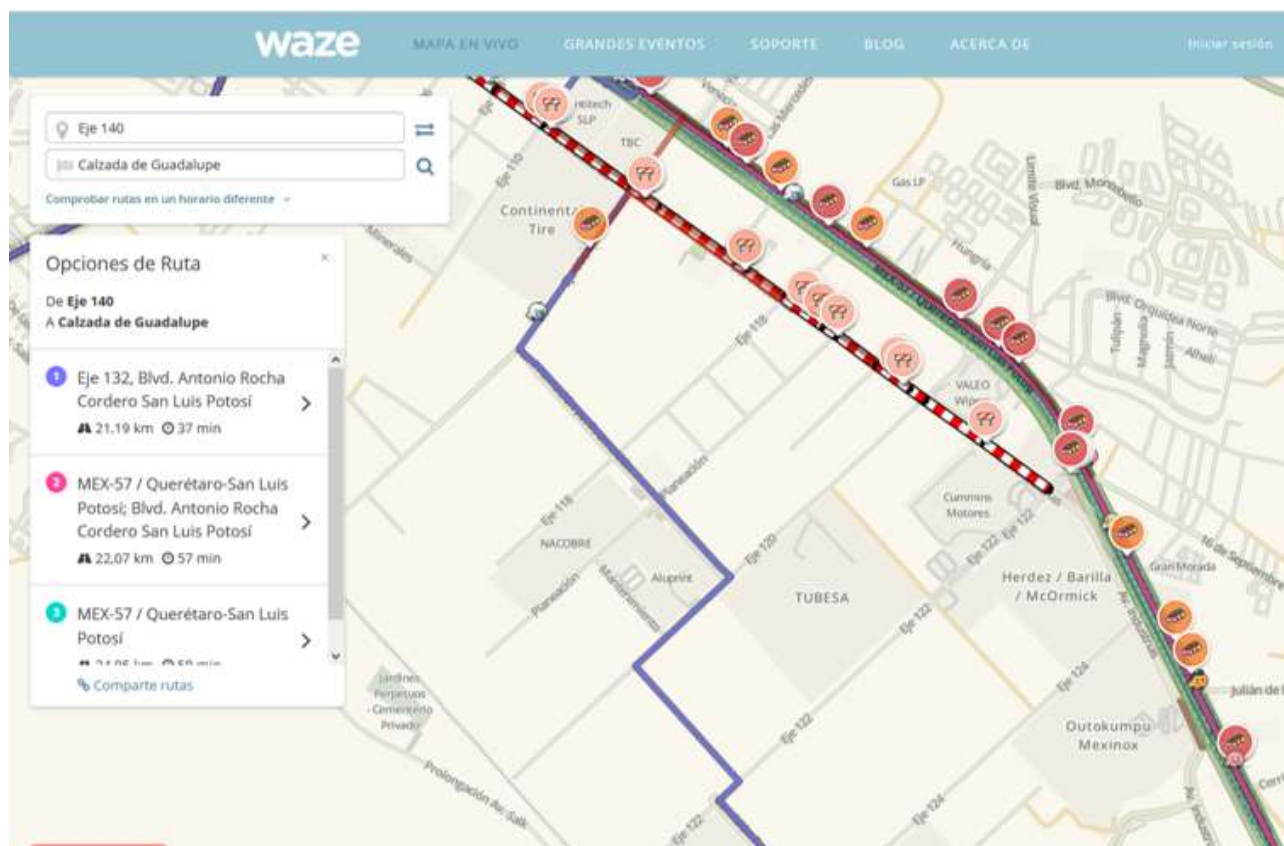


Ilustración 5.13 Congestionamiento representativo de la zona. 37 minutos de recorrido

El sentido que presenta mayores problemas, como ya se mencionó, es el Sur-Norte. Se monitoreó el tránsito durante una semana hora por hora. A partir de las cinco de la tarde en todos los días se presentó el congestionamiento desde el Eje 140, pasando por la MEX 057 y hasta el Blvd. Rocha.

El comportamiento en un día representativo es el presentado en la Ilustración 5.14:

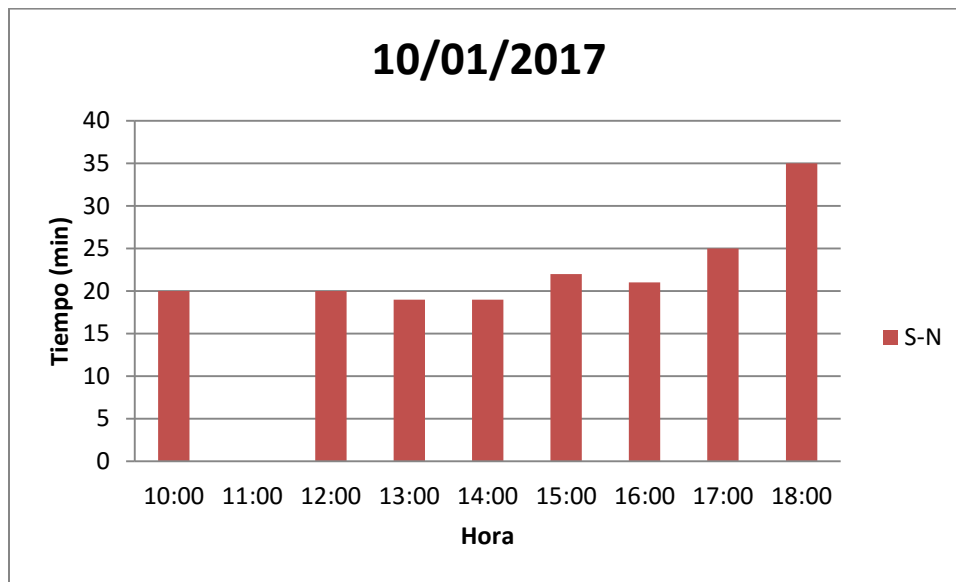


Ilustración 5.14 Comportamiento del tránsito Sur – Norte en un día

Los tiempos de recorrido sin congestión son menores a veinte minutos (en cualquier sentido), llegando a ser tan bajos como 16 minutos, y el máximo tiempo en la ruta “normal” por el Eje 140-MEX057-Blvd. Rocha Cordero llegó a ser de hasta 42 minutos.

En un ejercicio ilustrativo, se presentan todas las mediciones realizadas en el sentido Sur-Norte por la ruta “normal”, con su respectiva hora de observación, y sin distinguir el día de levantamiento. El resultado es el de la Ilustración 5.15:

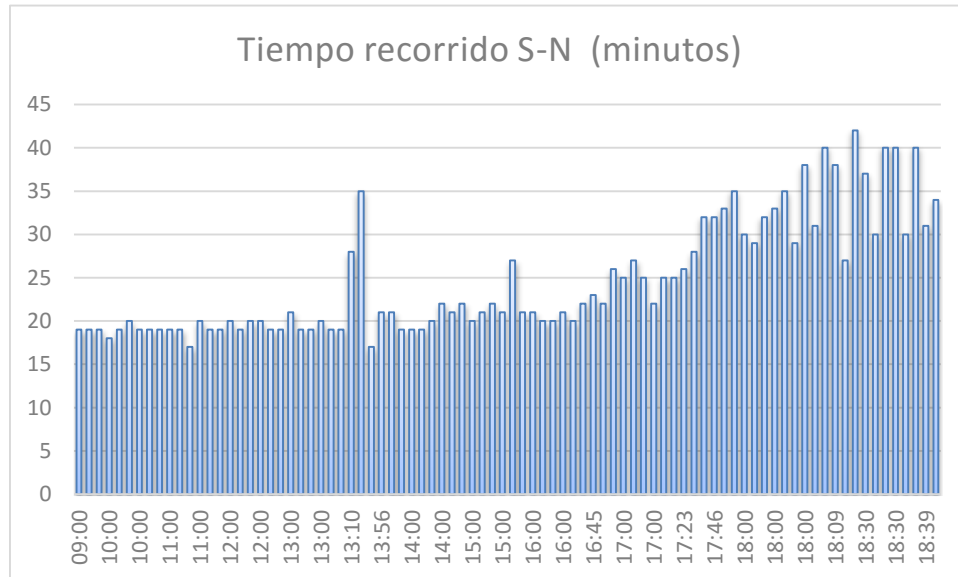


Ilustración 5.15 Comportamiento del tránsito Sur – Norte durante todos los días revisados

Se observa como la congestión se manifiesta en la tarde. Conocer a detalle el comportamiento del tránsito para cada sentido a lo largo de todo el día (incluyendo las posibles horas pico de la mañana de Norte a Sur) amerita en detallado estudio de campo; la observación remota que se realizó se considera una buena aproximación.

5.3 Situación Sin Proyecto

5.3.1 Optimizaciones

De no realizarse el proyecto de “Libramiento Arco 140”, en su tramo de Boulevard A. Rocha Cordero/Av. Juárez-Eje 140, del km 0+000 al km 15+500, la Junta Estatal de Caminos, deberá realizar algunas acciones en la ruta actual (véase Tabla 12), que permitan mejorar las condiciones de circulación, correcciones geométricas menores y mejoramiento del señalamiento, horizontal y vertical, bacheo, mejora del ciclo de semáforos, restricción de estacionamiento y construcción de bahías de ascenso/descenso de pasaje, retiro de topes.

Sin embargo, con estas acciones no se solventa la necesidad de mejorar las condiciones físicas de la infraestructura en la zona, ya que las velocidades y tiempo de recorrido no mejorarían de manera significativa. Con estas acciones solo se incrementarían de

manera marginal la seguridad del tramo en estudio, además de incrementar en poca velocidad de operación a 40 km/h.

Se seguirá conservando un IRI elevado de 5 m/km, debido a que continuará existiendo el mismo volumen de tránsito que utiliza el Boulevard A. Rocha Cordero, y el Boulevard San Luis y se seguirá teniendo como punto crítico las malas condiciones del pavimento por el que circulan los flujos de tránsito local y el tránsito de paso y se continuarán generando retrasos en los principales cruces con calles urbanas, reduciendo la calidad del servicio.

Dentro de las acciones a realizar en caso de no llevar a cabo el proyecto, se contempla la realización de correcciones geométricas menores, mejoramiento del señalamiento el retiro de topes y la instalación de semáforos en los entronque peligrosos. Sin embargo, con estas acciones no se solventa la necesidad de mejoría de la infraestructura en la zona, ya que las velocidades de operación optimizadas y tiempos de recorrido no se consideran adecuadas para lograr un nivel de servicio eficiente, además el usuario que transita por las carreteras federales (fuera de las ciudades) busca continuidad, comodidad, seguridad y rapidez en su viaje, lo cual no se logra con la situación actual optimizada y continuará la interferencia en la operación de tránsito con la zona urbana.

El seguir manteniendo de esta forma las condiciones físicas de la infraestructura, como única alternativa no es la opción más recomendable ya que debido al volumen vehicular que se registra en la zona, sería una solución temporal y de muy corto plazo, lo que obliga a considerar alguna otra alternativa de solución, debido a la problemática que guarda la infraestructura de la zona en estudio.

Las velocidades de operación optimizadas que se puede alcanzar sería de 40/km h, la cual no es adecuada para lograr un nivel de servicio eficiente en el Boulevard A. Rocha Cordero, que permita al usuario que transita por este punto, en busca de mayor rapidez, comodidad y seguridad en su viaje, condiciones que no se logra bajo circunstancias que presenta la situación actual optimizada además, el usuario que transita por carreteras federales busca continuidad, comodidad, seguridad y rapidez en su viaje, lo cual no se logra en la situación actual optimizada.

Tramo	Acciones a realizar	Velocidad (km/hr)	No. de carriles	Estado físico	Acotamientos
1. Boulevard A. Rocha Cordero	Retiro de topes, mejora de los ciclos de semáforos.	52	4	Regular	No
2. Av. Industrias	Mejora de señalamiento y mantenimiento de la superficie de rodamiento.	45	4	Regular	No
3. Eje 102	Retiro de topes y mantenimiento de la superficie de rodamiento.	20	2	Malo	No
4. Boulevard San Luis	Bacheo, correcciones geométricas menores y retiro de topes.	35	2	Malo	No

Tabla 12. Optimizaciones por tramo

5.3.2 Análisis de la Oferta

En la situación optimizada se mejorarán parcialmente las condiciones de la infraestructura actual Boulevard A. Rocha Cordero, en el tramo de E.C. 70 – E.C. 57. A la falta de ampliación de la sección, necesariamente obligará a los usuarios de transporte que circulan por la zona, a bajas velocidades y a extremar precauciones.

Cabe destacar que actualmente, este tramo carretero opera en un ancho de corona de 15.0 metros con 4 (cuatro) carriles de circulación de 3.5 metros, sin acotamientos laterales, y franja separadora central de 1.0 metros, en terreno lomerío, lo que corresponde a una carretera tipo A4, con pavimento asfáltico en regulares condiciones, con un IRI de 5.0 m/km. La Tabla 13 muestra las características de la ruta actual.

Concepto	Tramo 1 Boulevard A.R.C. del Km 0+000 al Km 14+000
Longitud (km)	14.0
Tipo de carretera	A4
Número de Carriles	4
Ancho de sección (m)	15.0
Tipo de terreno	Lomerío
Acotamientos	No
Velocidad de operación (km/h)	40.0
Estado físico	Regular
Índice de Rugosidad	5.0

Tabla 13. Características físicas y operativas del tramo actual

5.3.3 Análisis de la Demanda

Debido a que las optimizaciones tendrían un efecto parcial sobre la demanda, se consideran los mismos valores que en una situación actual.

Aplicando el factor mensual al aforo automático de siete días y 24 horas continuas, obtenemos el TDPA para el 2014, en el tramo en estudio queda como el mostrado en la Tabla 14:

Tramo	TDPA	Autos	Autobuses	Camiones
Tramo 1 Boulevard Antonio Rocha Cordero, km 0+000	9,240	7,646	0.0	1,594
Composición (%)	100	82.75	0.0	17.25

Tabla 14. Demanda resultante para el proyecto "Libramiento Arco 140"

5.3.4 Diagnóstico de la Interacción Oferta – Demanda

No se obtienen mejoras significativas, ya que estas optimizaciones no aumentan físicamente la capacidad de las vialidades para la circulación de los vehículos, por lo que aún con las optimizaciones se tendrá desde un inicio al Boulevard Antonio Rocha Cordero saturado en varias horas al día, empeorando su situación rápidamente al incrementarse el tránsito en los años próximos.

5.3.5 Alternativas de Solución

Además de la alternativa seleccionada, se analizaron dos alternativas más. La posibilidad de una ampliación de sección a 12.0 metros, para alojar dos carriles de 3.5 metros de ancho y acotamientos laterales de 2.5 metros de ancho, que costaría aproximadamente 150.0 millones de pesos y la segunda opción que se analizó fue la posibilidad de una ampliación a 16.0 metros de ancho, con dos carriles por sentido de 3.5 metros de ancho, con acotamientos laterales de 1.0 metro de ancho y sin camellón central, esta alternativa tendría un costo estimado de 230.0 millones de pesos.

Alternativa 1: La posibilidad de una ampliación de sección a 12.0 metros, para alojar dos carriles de 3.5 metros de ancho y acotamientos laterales de 2.5 metros de ancho, que costaría aproximadamente 150.0 millones de pesos, esto tendría, costos de inversión menores, se tendría una sobredemanda por el número de vehículos que transitan por el tramo carretero, y los beneficios serían mínimos.

Ventajas:

Menor inversión con respecto al presente estudio

Menor tiempo en la construcción

Costos de conservación mayores

Desventajas:

Mejora ligera en el nivel de servicio

Aumento marginal en las velocidades de operación

Al poco tiempo de operación pasa a nivel D requiriendo con ello una ampliación

Alternativa 2: La posibilidad de una ampliación a 16 metros de ancho, con dos carriles por sentido de 3.5 metros de ancho, con acotamientos laterales de 1.0 metro de ancho, esta alternativa tendría un costo estimado de 230.0 millones de pesos, esto tendría, costos de inversión menores y los beneficios serían mínimos.

Ventajas:

Menor inversión con respecto a presente estudio

Mejora en el nivel de servicio

Mejoran las velocidades de operación

Menor costo de mantenimiento

5.4 Situación con el PPI

5.4.1 Descripción General

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	X
Proyecto de infraestructura social	
Proyecto de infraestructura gubernamental	
Proyecto de inmuebles	
Programa de adquisiciones	
Programa de mantenimiento	
Otros proyectos de inversión	
Otros programas de inversión	

Tabla 15. Tipo de PPI

El Proyecto consiste en construir un tramo de 10.9 kilómetros de longitud, dicho tramo comprende del entronque con la Av. Rocha Cordero en el Km 8+800 aproximadamente “inicio de proyecto (km 0+000)”, a la intersección con las vías de ferrocarril el Km10+900, con una sección transversal tipo A4S, dos cuerpos para contar con dos carriles de largo itinerario por sentido, con una corona de 10.10 metros cada cuerpo, carriles de 3.80 metros cada uno con acotamientos laterales exterior de 2.50 metros y una faja separadora central de ancho variable (generalmente entre 1.0 y 2.0 metros), véase Ilustración 5.16. Asimismo, se modernizará el Eje 140, desde el Km 10+900 hasta entroncar con la MEX 057, obra que incluye un puente sobre las vías de FFCC. En total el proyecto tiene una longitud de 15.0 km aproximadamente.



Ilustración 5.16 Sección tipo

El pavimento para el tramo de ampliación, estará formado por un cuerpo de terraplén de espesor variable compactada al 90% de su peso volumétrico, sobre el cuerpo de terraplén se construirá una capa subyacente de 0.5 metros de espesor compactada al 95% de su peso volumétrico seco máximo, sobre el cual se construirá una capa subrasante de 0.3 metros de espesor compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo, para conformar las terracerías. A continuación se construirá una capa de base hidráulica de 0.3 metros de espesor compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo, sobre la cual se construirá la carpeta asfáltica con espesor de 0.1 metros compactada al 95% de su peso volumétrico.

El Proyecto tiene contemplado la ampliación de las obras de drenaje, reubicación de instalaciones y señalamiento vertical y horizontal.

Concepto	Tramo
Longitud (km)	15.0
Tipo de carretera	A4S
Número de carriles	4
Ancho de sección (m) por cuerpo	10.10
Tipo de terreno	Montañoso y lomerío
Velocidad de proyecto (km/h)	80.0
Estado físico	Bueno
Índice de Rugosidad (IRI)	3.0

Tabla 16. Características del Proyecto

Concepto	Costo (MDP)
Construcción Troncal	572.25
Modernización Troncal	151.70
Entronques	181.00
PSV	115.00
Puentes	25.00
Puentes Peatonales	9.00
Obras Inducidas	20.00
Iluminación	6.00
Total	1,079.95

Tabla 17. Costos del proyecto

Año	Inversión sin IVA (MDP)
2018	637.17
2019	442.78

Tabla 18. Inversión del proyecto

Adicional a estos costos de inversión, se prevén \$34.6 mdp para cubrir otros requerimientos durante la construcción relativos a la obra.

5.4.2 Alineación Estratégica

El proyecto “**Libramiento Arco 140**” se encuentra alineado al PND, con la meta “IV. México Próspero”.

Objetivo 4.9 Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica.

Estrategia 4.9.1. Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia.

Líneas de acción

- Fomentar que la construcción de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumente la competitividad derivada de una mayor interconectividad.
- Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros.

Sector carretero

- Consolidar y/o modernizar los ejes troncales transversales y longitudinales estratégicos, y concluir aquellos que se encuentren pendientes.
- Llevar a cabo la construcción de libramientos, incluyendo entronques, distribuidores y accesos.
- Ampliar y construir tramos carreteros mediante nuevos esquemas de financiamiento.

5.4.3 Localización Geográfica

El Proyecto se ubica en el municipio de San Luis Potosí, en el Estado de San Luis Potosí, que pertenece a la Meso Región Occidente (véase Ilustración 5.17).



Ilustración 5.17. Ubicación Regional

Dentro de la Red Nacional de Carreteras, el proyecto es tramo de la Carretera Federal MEX-57, se encuentra al sur de la Ciudad de San Luis Potosí y es la conexión con la Zona Industrial.

5.4.4 Calendario de Actividades

Actividad	2017	2018	2019	2020
Proyecto ejecutivo	Abril			
Proceso de licitación	Julio - Noviembre			
Construcción		Enero - Diciembre	Enero - Diciembre	
Inicio de operaciones				Enero

Tabla 19. Calendario de actividades

5.4.5 Monto total de Inversión

Monto total de inversión	
Componentes/Rubros	Monto de inversión
Construcción Troncal	572.25
Modernización Troncal	151.70
Entronques	181.00
PSV	115.00
Puentes	25.00
Puentes Peatonales	9.00
Obras Inducidas	20.00
Iluminación	6.00
Otros gastos	34.60
Subtotal de Componentes/Rubros	1,114.55
Impuesto al Valor Agregado	178.33
Otros Impuestos	
Subtotal de Impuestos	178.33
Total	1,292.88

Tabla 20. Monto total de inversión

Año	Inversión con IVA (MDP)
2018	\$766.15
2019	\$526.73

Tabla 21. Programa de total de inversión con IVA

5.4.6 Financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto (sin IVA)	Porcentaje
1. Recursos Fiscales			
2. Estatales			
3. Municipales			
4. Fideicomisos			
5. Capital de riesgo	30%	\$334.37	30%
6. Crédito bancario	70%	\$780.18	70%
7. Otros			
Total	100%	1,114.55	100%

Tabla 22. Financiamiento

5.4.7 Capacidad Instalada

Metas Anuales y Totales de Producción

Las metas físicas esperadas en el periodo de ejecución del Proyecto son las siguientes:

En el año 2018 se ampliará la sección de 5.45 km, el cual consistirá en la excavación hasta el nivel necesario para el desplante de terracerías, las cuales se componen del cuerpo de terraplén, capa subrasante, capa de base hidráulica y carpeta asfáltica, se realizarán obras de drenaje y colocación de señalamiento horizontal y vertical.

En el año 2019 se modernizará el Eje 140, y se construirá el puente sobre las vías del FFCC.

5.4.8 Vida Útil

El horizonte de evaluación del Proyecto es de 30 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 28 años, debido a que los dos primeros años son para su construcción

5.4.9 Descripción de los aspectos más relevantes de los Estudios de Factibilidad

Viabilidad técnica del proyecto

Constructividad

El trazo del Proyecto favorece su constructividad por varias razones. Los trabajos de construcción se desarrollarán en un sitio en el que no existe actividad urbana, comercial o industrial, sin afectar a la población ni generará riesgos a terceros. El terreno es de buena calidad, por lo que no se prevén problemas geotécnicos de importancia y se dispone de bancos de materiales en los alrededores, sin que los acarreos afecten al tráfico local. Finalmente, los elementos estructurales necesarios podrán fabricarse en planta, con costos de transporte menores, considerando la existencia de empresas especializadas en la ciudad de San Luís Potosí; esto favorece el costo, asegura el programa de obra y garantiza la calidad de las estructuras.

El trazo de la construcción no afectará ecosistemas protegidos, además de que a lo largo del mismo existe un alto grado de alteración, debido a las actividades de ganadería, explotación de bancos de material de cantera y su cercanía con los asentamientos urbanos. Por lo que, la obtención del Resolutivo de Impacto Ambiental y autorización de cambio de uso de suelo en terreno forestal resulta viable. Asimismo, no hay evidencia de la existencia de ningún vestigio arqueológico en la envolvente del trazo del proyecto.

En conclusión, las condiciones de la obra, su ubicación, el acceso, disponibilidad de proveedores locales, la no afectación de ningún ecosistema protegido y ningún vestigio arqueológico identificado propician que el Proyecto se constructivamente viable.

Viabilidad Jurídica del Proyecto

El Proyecto propone la construcción, operación, conservación y mantenimiento de un Libramiento carretero, de la ciudad de San Luis Potosí denominado “Libramiento Arco 140”, de 15.0 kilómetros de longitud aproximadamente, en una sección transversal tipo A4S, dos cuerpos para contar con dos carriles de largo itinerario por sentido, con una corona de 10.10 metros cada cuerpo, , carriles de 3.80 metros cada uno con acotamientos laterales de 2.50 metros cada cuerpo y una faja separadora central de ancho variable (1.00 a 2.00 metros). El Libramiento se prevé que será una vía tipo A4S y una velocidad de proyecto de 60-80 km/h. El Proyecto se tiene contemplado inicie en el Boulevard Antonio Rocha Cordero km 8+800, y concluya y entronque con Carretera Federal MEX 057 Querétaro –San Luis, en el km 187+000, bajo el esquema de asociación público-privada y de conformidad con lo establecido en la Ley de Asociaciones Público Privadas (en adelante “ley APP”) y su Reglamento.

La ley APP contempla la celebración de un Contrato con el Desarrollador del proyecto, en el cual se otorgan las autorizaciones correspondientes para el desarrollo del mismo.

De igual manera la ley APP señala cuáles son las autorizaciones necesarias para la ejecución de los proyectos: permisos, licencias, concesiones y demás autorizaciones que, en su caso, se requieran conforme a las disposiciones aplicables; en este contexto la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (en adelante “ley de Caminos”) en su artículo 6o. menciona que “...se requiere de concesión para construir, operar, explotar, conservar y mantener los caminos y puentes federales.” Por lo que Contrato y concesión van concatenados por igual plazo, de hasta 30 años, y que de acuerdo con lo establecido en el artículo 18 de la Ley de Caminos la vía de comunicación con los derechos de vía y sus servicios auxiliares, pasan al dominio de la Nación, sin costo alguno y libre de todo gravamen.

Es importante resaltar que el Proyecto propuesto es una vialidad que entronca con la Carretera Federal MEX 057 Querétaro –San Luis, captando el flujo vehicular de largo itinerario a las ciudades y estados vecinos, cuya operación será equivalente a una

ampliación real de la capacidad de esa carretera federal, atendiendo lo señalado en el artículo 2o. de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal:

“... Artículo 2o.- Para los efectos de esta Ley, se entenderá por:

I. Caminos o carreteras:

a)

b) Los que comuniquen a dos o más estados de la Federación; y”

Disposiciones Federales, Estatales y/o Municipales necesarias para el desarrollo del Proyecto

Las disposiciones legales aplicables para el desarrollo del Proyecto se mencionan de manera enunciativa, más no limitativa:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- Ley de Bienes Nacionales
- Ley de Caminos Puentes y Autotransporte Federal
- Ley de Asociaciones Público Privadas
- Reglamento de la Ley de Asociaciones Público Privadas
- Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018
- Plan Estatal de Desarrollo Urbano de San Luis Potosí 2012 – 2030
- Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018 Municipio de San Luis Potosí
- Ley de Desarrollo Urbano del estado de San Luis Potosí
- Reglamento de Construcciones del Municipio de San Luis Potosí
- Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Ley de Expropiación
- Ley Agraria

5.4.10 Análisis de la Oferta

Se dispondrá de una vialidad tipo A4S con un estado de pavimento idóneo para la circulación de vehículos, y con el mantenimiento adecuado a lo largo de su vida útil. El Libramiento Arco 140 tendrá de una sección útil de 20.20 metros, que le permitirá alojar dos carriles de 3.8 metros de ancho por sentido de circulación, con acotamientos externos de 2.5 metros de ancho, y faja separadora central de ancho variable de un metro hasta dos metros de ancho. Los accesos serán controlados por lo que no se tendrá interferencia severa de vehículos incorporándose a la vialidad. El terreno por el que se desarrollará es de lomerío y montaña, y se contarán con puentes y viaductos que eviten pendientes severas al tránsito.

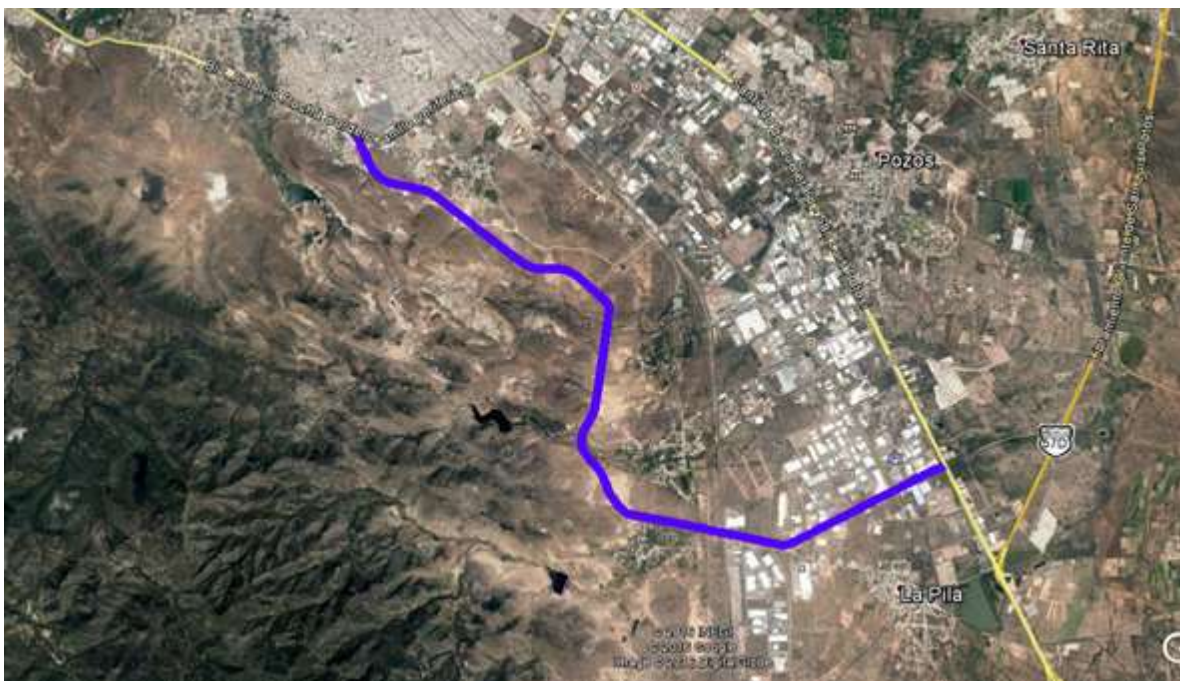


Ilustración 5.18. Recorrido por proyecto

5.4.11 Análisis de la Demanda

Velocidades actuales

De los estudios de tiempos de recorrido realizados, por la ruta actual, con un recorrido total de 15.80 kilómetros, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Tipo A, (automóvil), tiempo de 19 minutos, velocidad de operación de 49 km/h

- Tipo B, (autobús), tiempo de 22 minutos y 34 segundos, velocidad de 42 km/h
- Tipo C, (Camión de carga), tiempo de 24 minutos y 21 segundos, con 39 km/h

De acuerdo a los resultados anteriores se tiene que utilizando la nueva vialidad, la cual sería de circulación continua y con accesos controlados se obtendrían ahorros en tiempos de recorrido y distancia ya que se tendrá una longitud de 15.0 kilómetros.

Velocidades de proyecto

Para una velocidad en vehículo ligero de 60 km/h. se tendrá un tiempo de recorrido de 15 minutos. Para una velocidad de 70 km/h. se tendrá un tiempo de recorrido 13 minutos. Para una velocidad de 80 km/h. se tendrá un tiempo de recorrido 11 minutos. Para los camiones y autobuses se establece una velocidad de 70 km/h.

En lo que respecta al tránsito pronosticado por el “Libramiento Arco 140”, se preveía en un estudio inicial de 2014 lo mostrado en la Tabla 23:

	A	C	TOTAL
	88.10%	11.90%	
Año 0	8,140	1,100	9,240
Año 1	8,214	1,110	9,324
Año 2	8,303	1,122	9,425
Año 3	8,425	1,138	9,563
Año 4	8,720	1,178	9,898
Año 5	9,025	1,219	10,244
Año 6	9,341	1,262	10,603
Año 7	9,668	1,306	10,974
Año 8	10,006	1,352	11,358
Año 9	10,357	1,399	11,756
Año 10	10,719	1,448	12,167
Año 11	11,094	1,499	12,593
Año 12	11,483	1,551	13,034
Año 13	11,885	1,605	13,490
Año 14	12,301	1,662	13,962
Año 15	12,731	1,720	14,451
Año 16	13,177	1,780	14,957
Año 17	13,638	1,842	15,480
Año 18	14,115	1,907	16,022
Año 19	14,610	1,973	16,583
Año 20	15,121	2,042	17,163
Año 21	15,650	2,114	17,764
Año 22	16,198	2,188	18,386
Año 23	16,765	2,265	19,030
Año 24	17,352	2,344	19,696
Año 25	17,959	2,426	20,385
Año 26	18,587	2,511	21,098
Año 27	19,238	2,599	21,836
Año 28	19,911	2,689	22,600
Año 29	20,608	2,784	23,391
Año 30	21,329	2,881	24,210

Tabla 23. Pronóstico de tránsito

De la fecha del ACB de donde se extrajo el TDPA pronosticado a la actualidad se han anunciado nuevos proyectos que no estaban considerados en las proyecciones, tales como:

- Planta de BMW
- Terminal de fluidos
- Planta de Ford (cancelada)
- Central de distribución de gas
- Dräexlmaier (ampliación)
- Planta de Goodyear

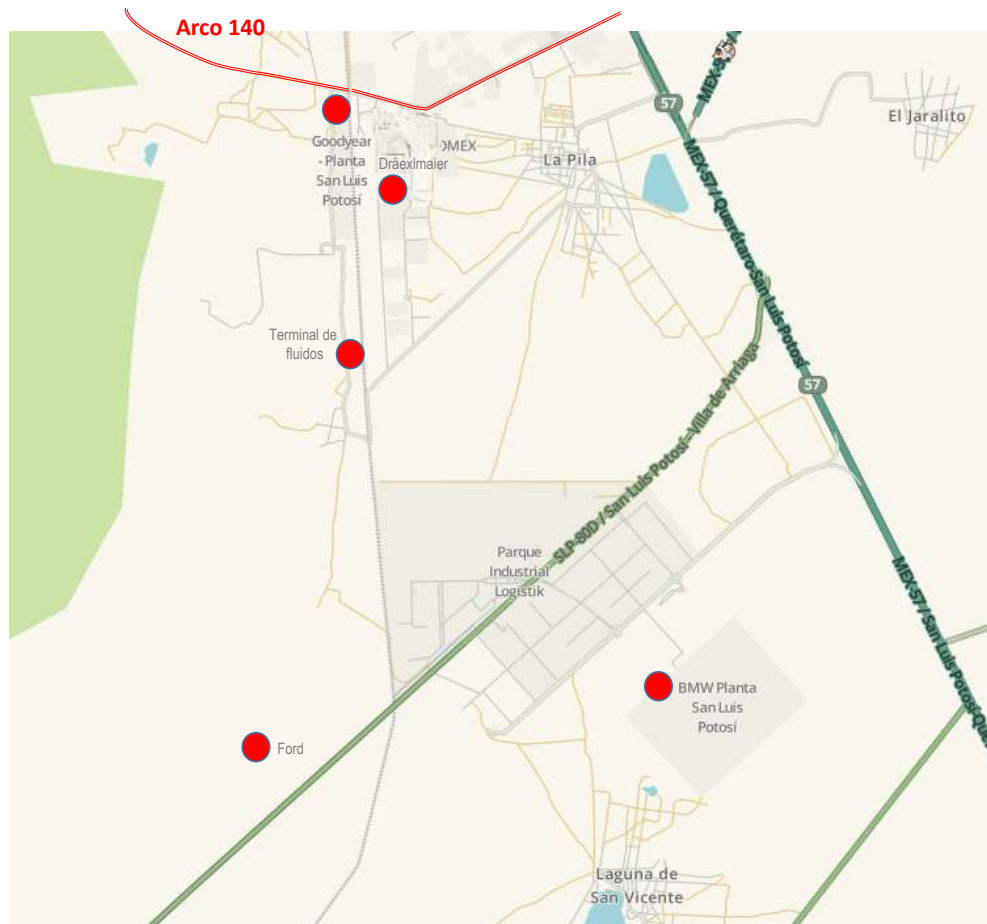


Ilustración 5.19. Ubicación de nuevos proyectos industriales

Se estimaron en número de viajes que se generarían tanto por el movimiento de los empleados como por los insumos y la carga que se movería por camiones hacia o de las plantas. Se investigó el número de empleos que generará cada planta, se aplicó el Índice de motorización de San Luis Potosí, y se estimó así el número de vehículos que generarán viajes por los empleados. En la parte de carga, se buscó la cantidad o

volumen de producción anual que tendrá cada planta, se estimó el porcentaje que se movería vía terrestre carretera y usaría el proyecto, y se determinó un número de viajes de camiones de carga. Se respetaron las fechas anunciadas para inicio de operaciones para cada planta. Para el año 2020 ya estarían todas operando, y permanece fijo el número de viajes, para fines de la evaluación. No se obtuvo toda la información para todos los nuevos proyectos. Con la información disponible se obtuvo conservadoramente lo siguiente (véase Tabla 24):

Empresa	2016		2017		2018		2019		2020	
	Veh. Empleados	Veh. Carga	Veh. Empleados	Veh. Carga	Veh. Empleados	Veh. Carga	Veh. Empleados	Veh. Carga	Veh. Empleados	Veh. Carga
BMW	0	0	0	0	0	0	806	26	864	26
Terminal de Fluidos	0	0	0	371	0	371	0	742	0	1113
Dräexlmaier	786	0	786	0	786	0	786	0	842	0
Goodyear	0	0	468	14	468	14	468	14	501	14
Vehículos totales al día	786		1639		1639		2842		3360	

Tabla 24. Número de viajes generados por empresa por año

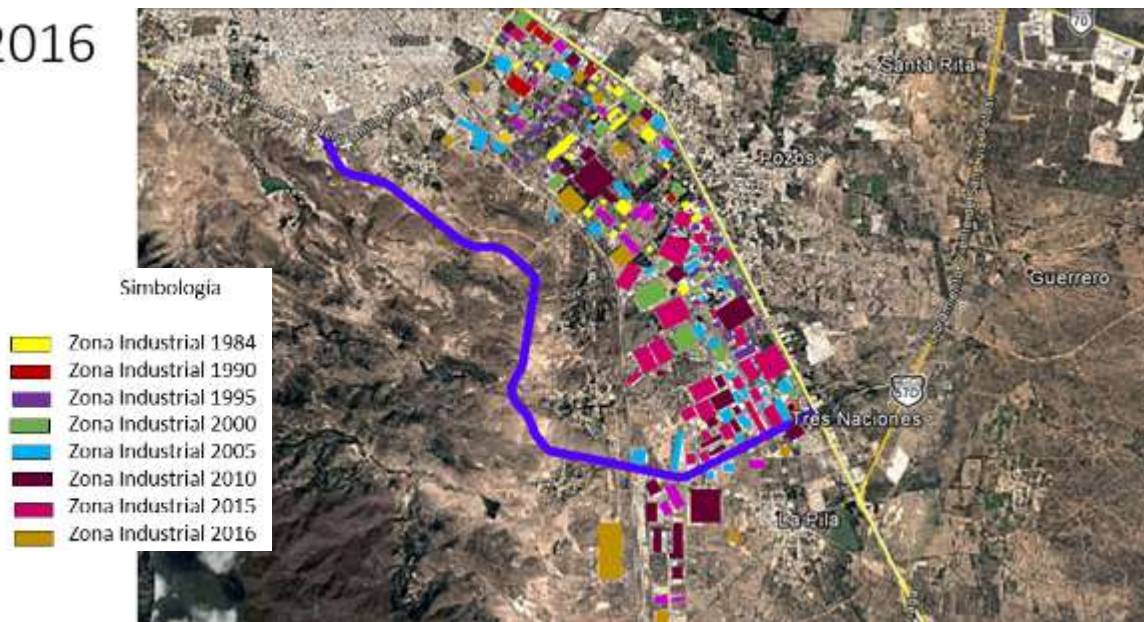
Al sumar los flujos pronosticados en estudio de 2014 con el estimado de viajes que aportan las nuevas industrias, se tiene:

	Año	Autos originales	Autos adicionales	Autos	Camiones originales	Camiones adicionales	Camiones
0	2017	8,140	1,254	9,394	1,100	385	1,485
1	2018	8,214	1,254	9,468	1,110	385	1,495
2	2019	8,303	2,060	10,363	1,122	782	1,903
3	2020	8,425	2,207	10,632	1,138	1,153	2,291
4	2021	8,720	2,207	10,928	1,178	1,153	2,331
5	2022	9,025	2,207	11,232	1,219	1,153	2,372
6	2023	9,341	2,207	11,549	1,262	1,153	2,415
7	2024	9,668	2,207	11,876	1,306	1,153	2,459
8	2025	10,006	2,207	12,214	1,352	1,153	2,504
9	2026	10,357	2,207	12,564	1,399	1,153	2,552
10	2027	10,719	2,207	12,927	1,448	1,153	2,601
11	2028	11,094	2,207	13,302	1,499	1,153	2,651
12	2029	11,483	2,207	13,690	1,551	1,153	2,704
13	2030	11,885	2,207	14,092	1,605	1,153	2,758
14	2031	12,301	2,207	14,508	1,661	1,153	2,814
15	2032	12,731	2,207	14,939	1,720	1,153	2,873
16	2033	13,177	2,207	15,385	1,780	1,153	2,933
17	2034	13,638	2,207	15,845	1,842	1,153	2,995
18	2035	14,115	2,207	16,323	1,907	1,153	3,060
19	2036	14,610	2,207	16,817	1,973	1,153	3,126
20	2037	15,121	2,207	17,328	2,042	1,153	3,195
21	2038	15,650	2,207	17,858	2,114	1,153	3,267
22	2039	16,198	2,207	18,406	2,188	1,153	3,341
23	2040	16,765	2,207	18,973	2,265	1,153	3,417
24	2041	17,352	2,207	19,560	2,344	1,153	3,497
25	2042	17,959	2,207	20,167	2,426	1,153	3,579
26	2043	18,587	2,207	20,795	2,511	1,153	3,664
27	2044	19,238	2,207	21,445	2,598	1,153	3,751
28	2045	19,911	2,207	22,118	2,689	1,153	3,842
29	2046	20,607	2,207	22,815	2,784	1,153	3,936
30	2047	21,329	2,207	23,536	2,881	1,153	4,034

Tabla 25. Pronóstico de tránsito con el estimado de viajes que aportan las nuevas industrias

Ubicación del proyecto y la zona industrial:

2016



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5.20 Crecimiento de la Zona Industrial de SLP, a partir de imágenes de satélite.

El crecimiento de la zona industrial provoca dos efectos:

- Aumento de los viajes con O-D en la zona
- Presión sobre la disponibilidad de terrenos.

El movimiento industrial demanda vialidades para movilizar carga y productos, y por otra parte ocupa terrenos sobre los cuales se podrían construir las vialidades de acceso. Conforme pasen los años será más difícil contar con la reserva territorial o derecho de vía con el que se cuenta actualmente para construir el Libramiento.

5.4.12 Interacción Oferta-Demanda

Se llevaron a cabo ejercicios tomados en consideración diferentes configuraciones del "Libramiento Arco 140". Los resultados fueron los de la Tabla 26:

Nivel de servicio A, B, o C en el
76.09%

97.72%

100% del horizonte

Año	1 + 1			2 + 2			3 + 3		
	Nivel de servicio para día laboral. 1 + 1			Nivel de servicio para día laboral. 2 + 2			Nivel de servicio para día laboral 3 + 3		
	Nivel de servicio calculado. HPM	Nivel de servicio calculado. HPT	Nivel de servicio calculado. HV	Nivel de servicio calculado. HPM	Nivel de servicio calculado. HPT	Nivel de servicio calculado. HV	Nivel de servicio calculado. HPM	Nivel de servicio calculado. HPT	Nivel de servicio calculado. HV
2014	C	B	A	A	A	A	A	A	A
2015	C	B	A	A	A	A	A	A	A
2016	C	B	A	A	A	A	A	A	A
2017	C	B	A	A	A	A	A	A	A
2018	C	B	A	A	A	A	A	A	A
2019	C	C	A	A	A	A	A	A	A
2020	C	C	A	A	A	A	A	A	A
2021	D	C	A	A	A	A	A	A	A
2022	D	C	A	B	A	A	A	A	A
2023	D	C	A	B	A	A	A	A	A
2024	D	C	A	B	A	A	A	A	A
2025	D	C	A	B	A	A	A	A	A
2026	D	C	A	B	A	A	A	A	A
2027	E	D	B	B	A	A	A	A	A
2028	E	D	B	B	A	A	A	A	A
2029	E	D	B	B	B	A	A	A	A
2030	E	D	B	B	B	A	A	A	A
2031	E	D	B	B	B	A	A	A	A
2032	E	D	B	B	B	A	A	A	A
2033	F	D	B	C	B	A	A	A	A
2034	F	E	B	C	B	A	A	A	A
2035	F	E	B	C	B	A	A	A	A
2036	F	E	B	C	B	A	A	A	A
2037	F	E	C	C	B	A	A	A	A
2038	F	E	C	C	B	A	A	A	A
2039	F	F	C	C	C	A	A	A	A
2040	F	F	C	C	C	A	A	A	A
2041	F	F	C	D	C	A	A	A	A
2042	F	F	C	D	C	A	A	A	A
2043	F	F	C	D	C	A	B	A	A
2044	F	F	C	D	C	A	B	A	A

HPM: Hora Pico Mañana (tres horas) HPT: Hora Pico Tarde (tres horas) HV: Hora valle (11 horas)

Tabla 26. Nivel de servicio para distintas configuraciones del "Libramiento Arco 140". Fuente: Elaboración propia

Los Niveles de Servicio se describen como sigue:

- A.- Flujo libre
- B. Flujo estable
- C. Flujo estable con velocidad de operación limitada ocasionalmente
- D. Flujo próximo al flujo inestable con velocidades tolerables
- E. Flujo inestable con velocidades reducidas

- Flujo forzado con paradas continuas

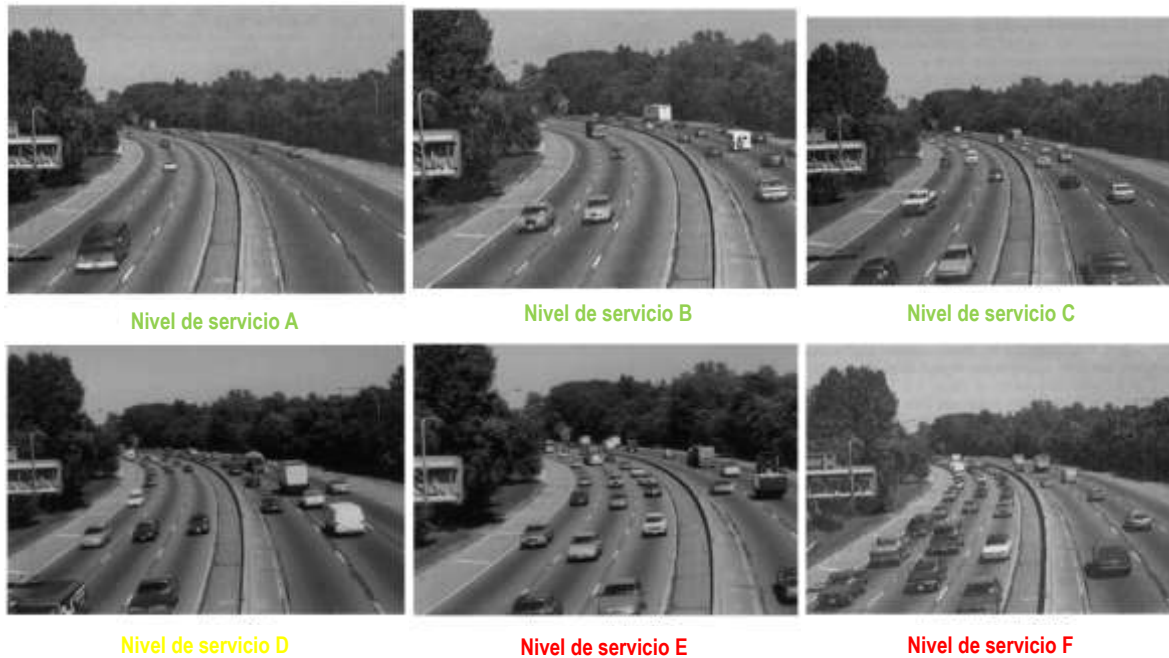


Ilustración 5.21 Ejemplo Nivel de Servicio

El mejor Nivel de Servicio es el A, donde el conductor tiene plena libertad de manejo, y puede ir a la velocidad de proyecto. Los niveles de servicio B y C son aceptables, siguen teniendo una velocidad adecuada, aunque el flujo vehicular empieza a disminuir su capacidad de maniobra. El Nivel de Servicio D es el límite recomendado, ya que cualquier incidente altera todo el tránsito con largos atascos. El nivel de servicio E ya es inaceptable.

Con los datos de aforo disponibles y la TMCA propuesta, los resultados de la proyección indican que si se construye la carretera con sólo 2 (dos) carriles, uno por sentido (1+1) en el año 2027 ya habrá llegado a su capacidad, se habrá saturado. Si se construye con 4 (cuatro) carriles, dos por sentido, la vialidad opera sobre estándares aceptables de Nivel de Servicio en Horas pico hasta incluso el año 2040. Si se construyen seis carriles, la circulación será fluida en todo el horizonte de análisis, lo que desde el punto de vista de recursos asignados es una sobreinversión con capacidad desperdiciada en toda su vida útil.

Si a la demanda se le incrementan los tránsitos que se estima generarán los proyectos industriales adicionales (Goodyear, BMW, fluidos, ampliación) posteriores a los cálculos del ACB 2014, se tiene:

AÑO	TDPA	Nivel de servicio para día laboral. 1 + 1			Nivel de servicio para día laboral. 2 + 2			Nivel de servicio para día laboral 3 + 3		
		Nivel de servicio calculado. HPM	Nivel de servicio calculado. HPT	Nivel de servicio calculado. HV	Nivel de servicio calculado. HPM	Nivel de servicio calculado. HPT	Nivel de servicio calculado. HV	Nivel de servicio calculado. HPM	Nivel de servicio calculado. HPT	Nivel de servicio calculado. HV
2014	10,879	D	C	A	A	A	A	A	A	A
2015	10,963	D	C	A	A	A	A	A	A	A
2016	12,267	D	C	A	B	A	A	A	A	A
2017	12,923	D	C	A	B	A	A	A	A	A
2018	13,258	D	C	B	B	A	A	A	A	A
2019	13,604	E	D	B	B	A	A	A	A	A
2020	13,963	E	D	B	B	A	A	A	A	A
2021	14,334	E	D	B	B	B	A	A	A	A
2022	14,718	E	D	B	B	B	A	A	A	A
2023	15,116	E	D	B	B	B	A	A	A	A
2024	15,527	E	D	B	B	B	A	A	A	A
2025	15,953	E	D	B	B	B	A	A	A	A
2026	16,394	F	D	B	C	B	A	A	A	A
2027	16,850	F	E	B	C	B	A	A	A	A
2028	17,322	F	E	B	C	B	A	A	A	A
2029	17,811	F	E	B	C	B	A	A	A	A
2030	18,317	F	E	B	C	B	A	A	A	A
2031	18,840	F	E	C	C	B	A	A	A	A
2032	19,382	F	E	C	C	B	A	A	A	A
2033	19,943	F	E	C	C	B	A	A	A	A
2034	20,523	F	F	C	C	C	A	A	A	A
2035	21,124	F	F	C	C	C	A	A	A	A
2036	21,746	F	F	C	D	C	A	A	A	A
2037	22,390	F	F	C	D	C	A	A	A	A
2038	23,056	F	F	C	D	C	A	A	A	A
2039	23,745	F	F	C	D	C	A	B	A	A
2040	24,458	F	F	C	D	C	A	B	A	A
2041	25,196	F	F	D	D	C	A	B	A	A
2042	25,960	F	F	D	D	C	A	B	A	A
2043	26,751	F	F	D	E	C	B	B	A	A
2044	27,570	F	F	D	E	D	B	B	A	A

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Nivel de servicio para distintas configuraciones del "Libramiento Arco 140" incluyendo tránsito de nuevas industrias.

Los resultados no cambian significativamente. Con dos carriles se satura desde los primeros años. Con cuatro carriles opera satisfactoriamente en horas pico hasta el año 2036, donde comienzan a presentarse congestiones en un horario. Con seis carriles nunca se pone en riesgo la operación fluida del proyecto.

5.4.13 Pre Evaluación

A partir de datos paramétricos, se obtuvo un primer acercamiento al comparativo de los costos y los beneficios del Proyecto.

Con los siguientes supuestos preliminares, de acuerdo a la información que se tuvo disponible al momento de realizar el presente ejercicio:

- El monto de inversión estimado en 1,079.95 mdp para construcción (sin IVA)
- El 59% de la inversión en el primer año
- El 41% de la inversión en el segundo año
- Inicio de operación al tercer año (2020)
- TDPA estimado :
 - 9,240 vehículos iniciales, con TMCA de 3.5%. Según Estudio de tránsito ACB 2014
 - 3,360 vehículos adicionales a partir del año 2020, por empleados y carga de proyectos recientes como BMW, Terminal de Fluidos, Dräexlmaier (ampliación), y Goodyear.
- 9,394 autos y 1,485 camiones TDPA inicial (10,632 y 2,291 en el año 2020)
- Sin incluir una proporción de autobuses y colectivos, con sus pasajeros, para el cálculo del valor del tiempo (al considerarse aumentan beneficios)
- Sin considerar periodos sin congestión y con congestión para el cálculo del valor del tiempo (al considerarse aumentan beneficios)
- Con Valores del tiempo estándar
- Costos de operación vehicular (VOC) con valores del IMT de 2014 aproximadamente
- Sin considerar en este ejercicio el valor del tiempo de la carga (al considerarse aumentan beneficios)
- Sin considerarse los beneficios al tránsito en la vía actual (MEX 057), al quitarle vehículos y proporcionar una circulación más fluida, con menor gasto de combustible (al considerarse aumentan beneficios)
- Monto de conservación rutinaria anual estimado paramétricamente
- Monto de Bacheo y riego de sello, sobrecarpeta y reconstrucción estimados paramétricamente
- Cuatro carriles con 15 kilómetros de longitud. Asfalto

Se obtuvieron provisionalmente, y bajo la estricta recomendación de considerarse como un ejercicio preliminar elaborado con la información disponible, los valores de la Tabla 28 a Valor Presente:

Resumen de indicadores económicos preliminares		
VP Costos de inversión	975,699,607	
VP Costos de operación	66,455,143	
VP Costo total	1,042,154,750	
VP Ahorro en COV	502,434,572	
VP Ahorro en VOT	664,195,378	
VP Beneficio total	1,166,629,950	
VP Neto	124,475,200	
TIR	11.23%	> 10%
TRI año 2	16%	
Relación Costo/Beneficio	1.12	

Tabla 28. Resumen de indicadores económicos preliminares

De acuerdo a esta pre-evaluación social, se tiene un Valor Presente positivo, y una TIR de 11.23, mayor a la Tasa Social de Descuento de 10%, por lo que bajo los estándares de la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público este proyecto resulta viable. Es viable aun cuando no se han incorporado algunos beneficios de los cuales no se tuvo información al momento del presente estudio; es de esperarse que de incorporarse estos mejoren los indicadores del proyecto.

6. Conclusiones

Tanto el objetivo del proyecto como del informe se cumplieron, ya que se logró demostrar la aplicación de la ingeniería civil en el área de planeación de infraestructura y se presentó el informe de la elaboración de un Análisis Costo Beneficio de un Libramiento a la Zona Metropolitana de San Luis Potosí.

De acuerdo a la evaluación realizada el proyecto es viable, sin embargo la TIR resultante (11.23%) es muy cercana a la Tasa Social de Descuento mínima establecida por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, por lo que si se presentan sobrecostos de inversión, menor aforo o mayores costos de mantenimiento, la TIR podría disminuir hasta caer por debajo de dicha tasa social de descuento mínima.

Debido a lo anterior es necesario realizar un Modelo de evaluación financiera y dentro del mismo hacer un análisis de sensibilidad considerando variables como las anteriormente mencionadas.

También es de gran importancia realizar un análisis de riesgos para priorizar los mismos y poder evaluar su impacto y probabilidad de ocurrencia para, de esta manera, determinar qué tan vulnerable es el proyecto, si esos eventos se llegasen a presentar durante la construcción y operación del Libramiento Arco 140. Entre los riesgos a evaluar se encuentran los siguientes: riesgo de errores u omisiones en el diseño, riesgo de sobrecosto de la construcción, riesgo de retrasos del programa de obra, riesgo de demanda de la vía, riesgo de discontinuidad en el servicio y riesgo ambiental, entre otros.

7. Bibliografía

1. AFH Consultores y Asociados. 2017. Proyecto de Vialidad “Libramiento Arco 140”, bajo el esquema de Asociación Público- Privada para presentar ante la SCT una Propuesta No Solicitada.
2. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómico de Proyectos (CEPEP). Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión: Análisis Costo Beneficio. Actualización 2015.
3. Figueroa E. “Planeación de Proyectos de Infraestructura: Un enfoque social”. Ed. Limusa.2007.
4. FOCIR. (2016). Las Propuestas No Solicitadas como instrumento para impulsar proyectos de infraestructura, en:
<http://www.focir.gob.mx/pdfs/5%20Eduardo%20de%20la%20Pen%CC%83a%20propuestas%20no%20solicitadas.pdf>
5. Gobierno Federal. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 en: <http://pnd.gob.mx/>
6. González A. & Vargas C. (2016)¿México está preparado para las Propuestas No Solicitadas?, de Forbes en: <https://www.forbes.com.mx/mexico-esta-preparado-para-las-propuestas-no-solicitadas/>
7. Layard R. “Cost-Benefit Analysis”. Ed. Penguin Economics Readings. 1972.
8. Ley de Asociaciones Público Privadas. Última reforma publicada DOF 21-04-2016. Diario Oficial de la Federación, México, 16 de enero de 2012.
9. ONU-Habitat. (2014). Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015, México: Oficina de Coordinación Nacional de Programa en México. Recuperado de: <http://www.onuhabitat.org/Reporte%20Nacional%20de%20Movilidad%20Urbana%20en%20Mexico%202014-2015%20-%20Final.pdf>
10. Stiglitz J. “La economía del sector público”. Ed. Antoni Bosch. 3ra edición. 2000.