

“2022. Año del Quincientosenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

SECRETARÍA DE MOVILIDAD

SISTEMA DE AUTOPISTAS, AEROPUERTOS, SERVICIOS CONEXOS Y AUXILIARES DEL ESTADO DE MÉXICO

CONCURSO PÚBLICO INTERNACIONAL NO. SMEM-CCA-01-2022

BASES DEL CONCURSO

APÉNDICE II.

PERFIL INFORMATIVO

PROYECTO PARA EL “OTORGAMIENTO DE UNA CONCESIÓN PARA LLEVAR A CABO EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LA AUTOPISTA “ATLACOMULCO-POLOTLÁN”, DE 82.80 KILÓMETROS DE LONGITUD, CON INICIO EN EL KILÓMETRO 0+000 Y TERMINACIÓN EN EL KILÓMETRO 82+800, EN EL ESTADO DE MÉXICO”.

"2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México".

1. Objetivo general.

El objetivo del presente Apéndice es establecer las características técnicas del proyecto consistente en el Diseño, Construcción, Operación, Conservación, Mantenimiento y Explotación de la Autopista "Atlacomulco-Polotitlán", de 82.80 kilómetros de longitud, con inicio en el kilómetro 0+000 y terminación en el kilómetro 82+800, en el Estado de México (en adelante la Autopista o el Proyecto indistintamente), que deberán considerar los Concursantes en la preparación de la Oferta Técnica.

2. Descripción del Proyecto.

2.1. Descripción del Anteproyecto de Referencia.

El Plan Estatal de Desarrollo 2017-2023 para el Estado de México, publicado el 15 de marzo de 2018 en el Periódico Oficial del Estado de México, señala en el diagnóstico: Infraestructura con una Visión de Conectividad Integral, del Pilar Económico denominado Estado de México Competitivo, Productivo e Innovador, que la existencia de infraestructura provee conectividad y fortalece la actividad económica del Estado, aprovechando las vocaciones productivas y de crecimiento de todas las regiones del Estado de México.

Asimismo, el desarrollo de una sociedad implica que se incremente la necesidad de movilidad, por lo que la demanda de transporte aumenta. Esta necesidad de transporte se atiende en un mayor porcentaje por infraestructura carretera, de ahí la importancia de que México cuente con una red carretera que atienda las necesidades de transporte actuales y futuras.

Dicha, la red carretera en su conjunto tiene la finalidad de enlazar en forma rápida, segura, y con menores costos de operación vehicular a las principales zonas de producción industrial y agropecuaria, así como a los centros poblacionales y turístico.

En el caso particular de la red carretera del Estado de México, el movimiento de bienes y mercancías provenientes de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y que tiene como destino el norte del país se realiza a través de la ruta Toluca – Palmillas.

La situación problemática que existe en la ruta Toluca - Palmillas, es la presencia de un número importante de entronques, accesos y retornos a nivel, asimismo, el paso por diversas poblaciones limita la velocidad de operación, consecuentemente se presentan altos Costos Generalizados de Viaje para los usuarios y accidentes.

Por otro lado, el tránsito proveniente del norponiente de la Zona Metropolitana del Valle de México, y que tiene como destino el norte del país se realiza su recorrido a través de la autopista Chamapa – Lechería, el Circuito Exterior Mexiquense y la autopista México – Querétaro.



SECRETARÍA DE MOVILIDAD

SISTEMA DE AUTOPISTAS, AEROPUERTOS, SERVICIOS CONEXOS Y AUXILIARES

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

Sin embargo, la autopista México – Querétaro presenta un elevado volumen de tránsito, con un alto porcentaje de vehículos pesados lo que genera saturación, bajas velocidades de operación y bajos niveles de servicio.

Asimismo, como resultado de los percances e interrupciones constantes en la circulación en la autopista México - Querétaro, es recurrente la formación de colas de varios kilómetros.

Debido a esta problemática, se hace necesario implementar una solución que proporcione más capacidad a través de una vía con mejores características físicas y geométricas.

Con base en lo anterior, Controladora de Operaciones de Infraestructura S.A. de C.V. en diciembre de 2021, presentó a la Secretaría una Propuesta No Solicitada para el desarrollo e implementación del proyecto consistente en el Diseño, Construcción, Operación, Conservación, Mantenimiento y Explotación de la Autopista "Atlacomulco-Polotlán", de 82.80 kilómetros de longitud, con inicio en el kilómetro 0+000 y terminación en el kilómetro 82+800, en el Estado de México.

El objetivo del Proyecto es resolver la problemática actual, al ofrecer mejores condiciones de servicio y disminuir los tiempos de recorrido para el transporte de carga y de pasajeros del Estado de México y del Centro del país, mejorando la conectividad con el corredor México - Querétaro y la vía Toluca - Polotlán.

A nivel regional, la nueva Autopista Atlacomulco - Polotlán, permitirá ofrecer una vía de altas especificaciones que contribuirá a mejorar la comunicación y facilitará el intercambio de bienes y mercancías en la zona metropolitana del valle de Toluca y la zona metropolitana del valle de México, principalmente en el corredor México – Querétaro y la vía Toluca - Querétaro.

El desarrollo del proyecto busca resolver la problemática que se presenta en términos de altos Costos Generalizados de Viaje (CGV) que experimentan los usuarios de largo itinerario, originados por las bajas velocidades y elevados tiempos de recorrido de la ruta actual, que corre a través de la carretera federal MEX-57D en el tramo comprendido entre México - Querétaro, así como la carretera federal MEX-55 en el tramo comprendido entre Toluca – Polotlán que limita la capacidad para ofrecer un nivel de servicio adecuado para los usuarios.

De esta forma, la construcción de la Autopista Atlacomulco - Polotlán permitirá aumentar las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos; reducir los tiempos de recorrido; disminuir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos; bajar los niveles de contaminación auditiva y degradación del medio ambiente; y operar de manera más segura para los usuarios.

El Anteproyecto de Referencia considera una autopista de 82.8 kilómetros de longitud, tipo A-4, con ancho de corona de 22 metros, contará con 4 carriles de circulación, dos por sentido, de 3.5 metros de ancho, acotamientos exteriores de 3.0 metros de ancho, acotamientos internos de 1.0 metro y barrera

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

separadora de sentidos. El trazo inicia en la carretera federal Toluca – Palmillas a la altura de la localidad de San Francisco y concluye en Polotitlán.

El proyecto incluye la construcción de 4 Entronques a desnivel e incorpora 1 Paso de Ferrocarril, 47 PIV, 17 PSV, 39 PSMG, 11 Puentes y 3 Viaductos.

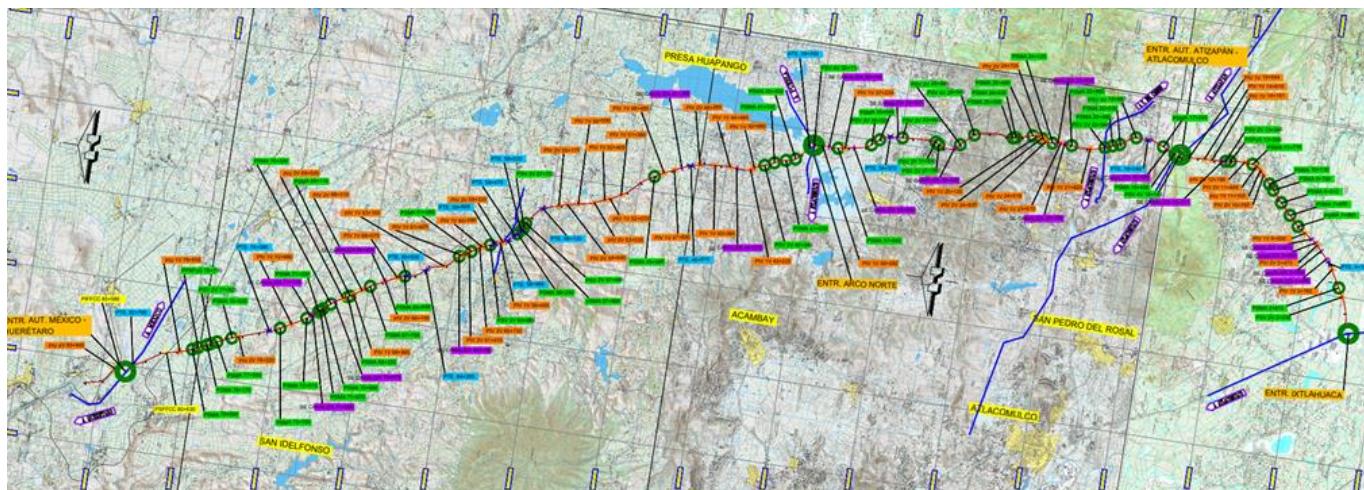


Figura 1. Croquis de localización considerada en el Anteproyecto de Referencia

Asimismo, la autopista Atlacomulco – Polotitlán se complementará con la Autopista Atizapán – Atlacomulco, lo cual permitirá ofrecer una alternativa para el tránsito proveniente del Norponiente de la ZMVM y que tiene como destino el norte del país.

El Concursante para la elaboración de su Oferta Técnica, deberá tomar en cuenta las siguientes características técnicas para el Diseño, Construcción, Operación, Conservación, Mantenimiento y Explotación de la Autopista:

2.1.1. Caracterización del sitio.

Situación geopolítica.

La zona por la cual se desarrollará la Autopista se desarrollará en la zona norte del Estado de México, específicamente en los municipios de Atlacomulco, Acambay, Aculco, Ixtlahuaca, Jocotitlán y Polotitlán.



"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".



Figura 2. Localización geopolítica del proyecto.

El municipio de Atlacomulco, México se ubica en la zona noroeste del Estado de México. Limita al norte, con los municipios de Acambay y Temascalcingo; al noreste, con el municipio de San Andrés Timilpan; al este, con los municipios de San Bartolo Morelos y San Andrés Timilpan; al sur y oeste, con el municipio de Jocotitlán; al noroeste, con los municipios de Temascalcingo y El Oro.

El municipio de Acambay se localiza en la parte noroccidental del Estado de México, limita al norte: el estado de Querétaro y el municipio de Aculco; al este: con los municipios de Aculco y Timilpan; al sur: con los municipios de Timilpan, Atlacomulco y Temascalcingo; al oeste: con el municipio de Temascalcingo y el estado de Querétaro.

El municipio de Aculco se ubica en la parte noroccidental del Estado de México, Colinda al norte con el estado de Querétaro y el municipio de Polotitlán; al sur con los municipios de Acambay y Timilpan; al este con el municipio de Jilotepec y al oeste con el estado de Querétaro.

El municipio de Ixtlahuaca se localiza en la parte noroccidental del Estado de México, sus coordenadas son: 19°28'06" al 19°44'03" latitud norte y 99°40'43" al 99°54'59" longitud oeste. Limita al norte con el

"2022. Año del Quincientos Aniversario de Toluca, Capital del Estado de México".

municipio de Jocotitlán; al oriente con los municipios de Jiquipilco y Temoaya; al sur con Almoloya de Juárez; al poniente con los municipios de San Felipe del Progreso y Villa Victoria.

El municipio de Jocotitlán está localizado en la parte noroeste del Estado de México, se sitúa entre los paralelos 19°36'45" y 19°48'58" de latitud norte, entre los 99°39'33" y 100°00'55" de longitud oeste; limita: al norte con el municipio de Atlacomulco; al sur con los municipios de Ixtlahuaca y Jiquipilco; al este, con el municipio de San Bartolo Morelos; al oeste, con el municipio de El Oro y Temascalcingo; al suroeste con el municipio de San Felipe del Progreso.

El municipio de Polotitlán, se localiza en el vértice noroccidental del territorio mexiquense, entre los paralelos 20°06'44" y 20°17'27" de latitud norte y los meridianos 99°41'40" y 99°56'02" de longitud oeste. Su altitud promedio es de 2,350 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con los estados de Hidalgo y Querétaro, al sur con Aculco, al este con el estado de Hidalgo y Jilotepéc, mientras que al oeste colinda con Aculco y el estado de Querétaro.

Hidrología.

El Estado de México está comprendido dentro de tres grandes cuencas, el Lerma, que ocupa el 27.3% de la superficie estatal; el Balsas 37.2% y el Pánuco 35.5%.

El río Lerma tiene una longitud aproximada de 125 kilómetros. Nace en el municipio de Almoloya del Río y desemboca en el océano Pacífico. Pasa por los municipios de: San Antonio la Isla, Tianguistenco, Texcalyacac, Santa, Cruz Atizapán, Capulhuac, San Mateo Atenco, Metepec, Lerma, Toluca, Otzolotepec, Temoaya, Almoloya de Juárez, Ixtlahuaca, Jocotitlán, Atlacomulco y Temascalcingo. Por su margen derecha recibe las aguas de los ríos Tianguistenco, la ciénaga de Texcaltenango, el Ocoyoacac, el Amealco, el Atarasquillo, el San Pedro, el Caparrosa, el Temoaya, el Solano, los manantiales de Jocotitlán y el Sila; y por la izquierda, el Verdiguel, el Calixtlahuaca, el Almoloya de Juárez, el Santa María del Monte y el Mineral del Oro.

Toda la región sur del estado forma parte de la cuenca del río Balsas, el Ocuilan o Chalma (con sus afluentes Malinalco, Zumpahuacán, Zempoala y Zarcas) se une al Amacuzac ya en el estado de Morelos; el río Tenango pasa de forma subterránea por las grutas de Cacahuamilpa, donde se conoce como Chontalcoatlán y llega al estado de Guerrero; el Malinaltenango se vierte en el Apetlahuacán; el Almoloya, el Sultepec e Ixtapan desembocan en el Balsas; mientras el Temascaltepec y el de La Asunción lo hacen en el Cutzamala. El de La Asunción recibe al de Valle de Bravo, al de Amealco de Becerra y al de Ixtapan del Oro.

La cuenca del río Pánuco está unido a la cuenca de México y tiene como fuentes originales las subcuenca del lago de Texcoco, que recoge las aguas de los ríos la Asunción, los Remedios, Tlalmanalco o de la Compañía, Río Frío, los Reyes y Panoaya; y la de Zumpango y Cuautitlán, que capta las corrientes de Zumpango, Coscomate, San Isidro, Aculco y Cuautitlán, que junto Taxhimay y Rosas alimentan el caudal del Tula - Moctezuma, que ayuda dar salida a las aguas negras de la ciudad de México. Aparte de las espectaculares lagunas del Sol y la Luna en el Nevado de Toluca, en el estado se encuentran las del cráter de Cerro Gordo; la de Atexcapan en Valle de Bravo; San Simón,

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

en Donato Guerra; La que se halla entre San Pedro y la Concepción de los Baños; Tepetitlán, en San Felipe del Progreso; las cuatro de Acutizapan al pie del cerro Jocotitlán, en Atlacomulco; El Rodeo, cerca de Xonacatlán; Xibojay y Santa Elena en Chapa de Mota, la de Huapango en Timilpan, la de Zumpango y el Lago Nabor Carrillo en Texcoco. Asimismo, existen manantiales de aguas termales en Ixtapan de la Sal, Tonatico, Apaxco, San Pedro de los Baños, Valle de Bravo, Sultepec, Temascaltepec y Tejupilco.

Clima

El 73% del estado presenta clima templado subhúmedo, localizado en los valles altos del norte, centro y este; el 21% es cálido subhúmedo y se encuentra hacia el suroeste, el 6% seco y semiseco, presente en el noreste, y 0.16% clima frío, localizado en las partes altas de los volcanes.

La temperatura media anual es de 14.7°C, las temperaturas más bajas se presentan en los meses de enero y febrero son alrededor de 3.0°C. La temperatura máxima promedio se presentan en abril y mayo es alrededor de 25°C.

Las lluvias se presentan durante el verano en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de 900 mm anuales.

El Nevado de Toluca (Alberge, Estación de Microondas), se registra una temperatura media anual de 3.9°C, que es la más baja de todo el país.

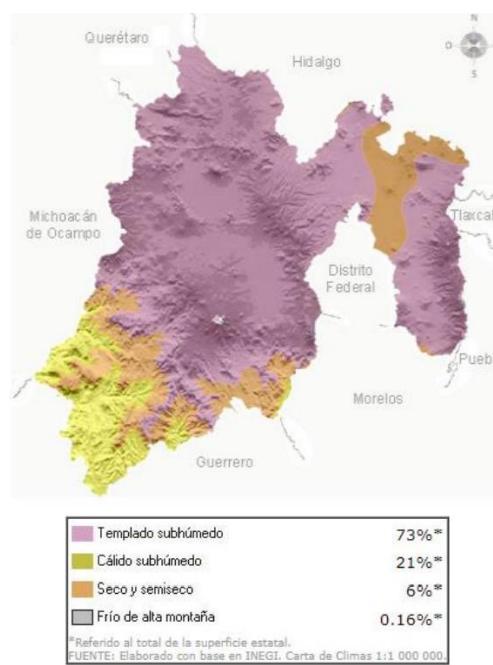


Figura 3. Clima en el Estado de México

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

Geología.

Con la información recabada a través de las cartas geológicas denominadas E14-2 Ciudad de México y F-11 Pachuca, del Servicio Geológico Mexicano, de las observaciones realizadas mediante Google Earth ®, el recorrido de campo, así como con los perfiles y secciones transversales preliminares, se determinaron las unidades geológicas sobre las cuales se tiene el Eje de Proyecto Preliminar.

Tabla 1. Contactos geológicos observables sobre eje de proyecto

Subtramo	Unidad geológica
Km 0+000 a Km 4+200	Qptla; Lacustre
Km 4+200 a Km 4+500	Qhoal; Aluvial
Km 4+500 a Km 7+140	Qptla; Lacustre
Km 7+140 a Km 26+200	QhoTa; Toba andesítica
Km 26+200 a Km 29+100	TmA-DA; Adesita – Toba andesítica
Km 29+100 a Km 35+320	Qhoal; Aluvial
Km 35+320 a Km 7+880	Qptla; Suelo aluvial
Km 47+880 a Km 49+740	TplTr-TDa; Toba riolítica – Toba Dasíctica
Km 49+740 a Km 55+800	Tpl-QB; Basalto
Km 55+800 a Km 57+100	TplTr-TDa; Toba riolítica – Toba Dasíctica
Km 57+100 a Km 59+560	Tpl-QB; Basalto
Km 59+560 a Km 62+560	TplTr-TDa; Toba riolítica – Toba Dasíctica
Km 62+560 a Km 63+600	Tpl-QB; Basalto
Km 63+600 a Km 64+240	TplTr-TDa; Toba riolítica – Toba Dasíctica
Km 64+240 a Km 65+040	Tpl-QB; Basalto
Km 65+040 a Km 66+320	TplTr-TDa; Toba riolítica – Toba Dasíctica
Km 66+320 a Km 66+980	Tpl-QB; Basalto
Km 66+980 a Km 69+380	TplTr-TDa; Toba riolítica – Toba Dasíctica
Km 69+380 a Km 73+200	Tpl-QB; Basalto
Km 73+200 a Km 75+400	TplTr-TDa; Toba riolítica – Toba Dasíctica
Km 75+400 a Km 82+560	Tpl-QCgp-Ar; Conglomerado polimítico-Arenisca
Km 82+560 a Km 82+800	TplTr-TDa; Toba riolítica – Toba Dasíctica

Fuente: Elaboración propia

"2022. Año del Quincientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

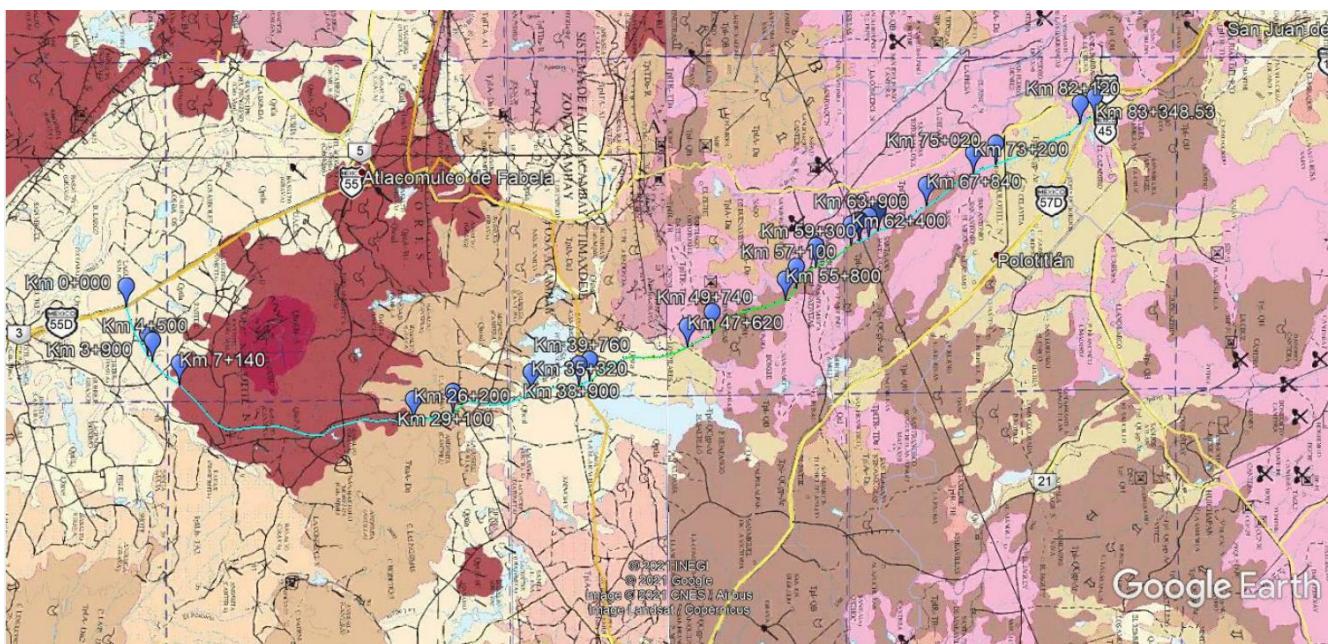


Figura 4. Contactos geológicos observables sobre eje de proyecto

Investigación geotécnica.

Con objeto de tener un mayor conocimiento en cuanto al comportamiento del terreno de cimentación, se definió ejecutar nueve (9) Pozos a Cielo Abierto distribuidos a lo largo del tramo, con una profundidad mínima de 3.0 m, mismos que fueron realizados en el mes de octubre del año 2021, condición que permitió conocer el contenido de agua natural en temporada de lluvias.

La definición de los puntos se realizó en los puntos característicos del tramo, mismos que cubren zonas bajas, así como sembradíos, la ubicación se presenta en la siguiente.

Tabla 2. Localización de Pozos a Cielo Abierto.

PCA No.	Km	Coordenadas
1	0+000	19°38'25.89"N -99°46'53.92"O
2	4+200	19°39'23.55"N -99°44'42.00"O
3	16+420	19°44'51.66"N -99°41'46.55"O
4	32+860	19°53'12.92"N -99°42'44.18"O
5	39+700	19°56'43.76"N -99°43'37.75"O
6	44+800	19°59'10.43"N -99°44'40.21"O

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

7	60+800	20° 6'36.30"N -99°48'44.51"O
8	76+200	20°13'48.65"N -99°53'1.13"O
9	82+800	20°17'19.96"N -99°54'50.84"O

Fuente: Elaboración propia

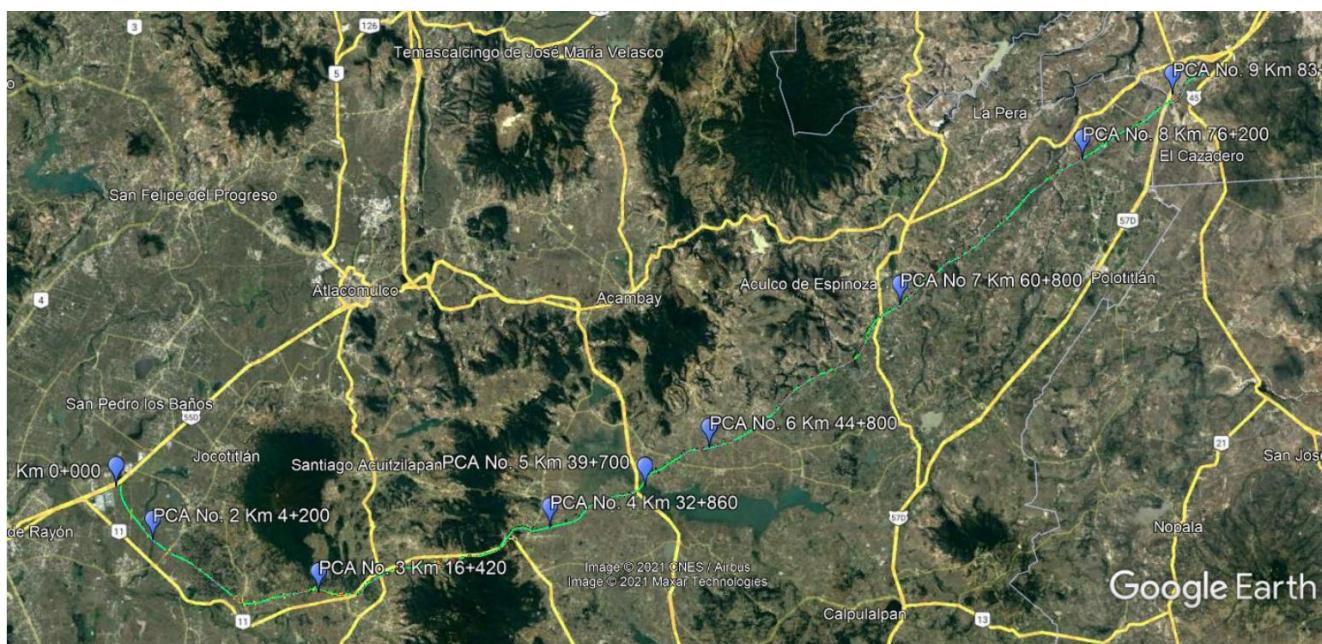


Figura 5. Localización de Pozos a Cielo Abierto.

2.1.2. Alternativas de trazo.

Considerando las condiciones actuales de la infraestructura en la zona de estudio, se determinó que para el tramo Atlacomulco – Polotitlán es necesaria la construcción de un nuevo camino, por lo cual se analizaron diversas alternativas de solución.

"2022. Año del Quincientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

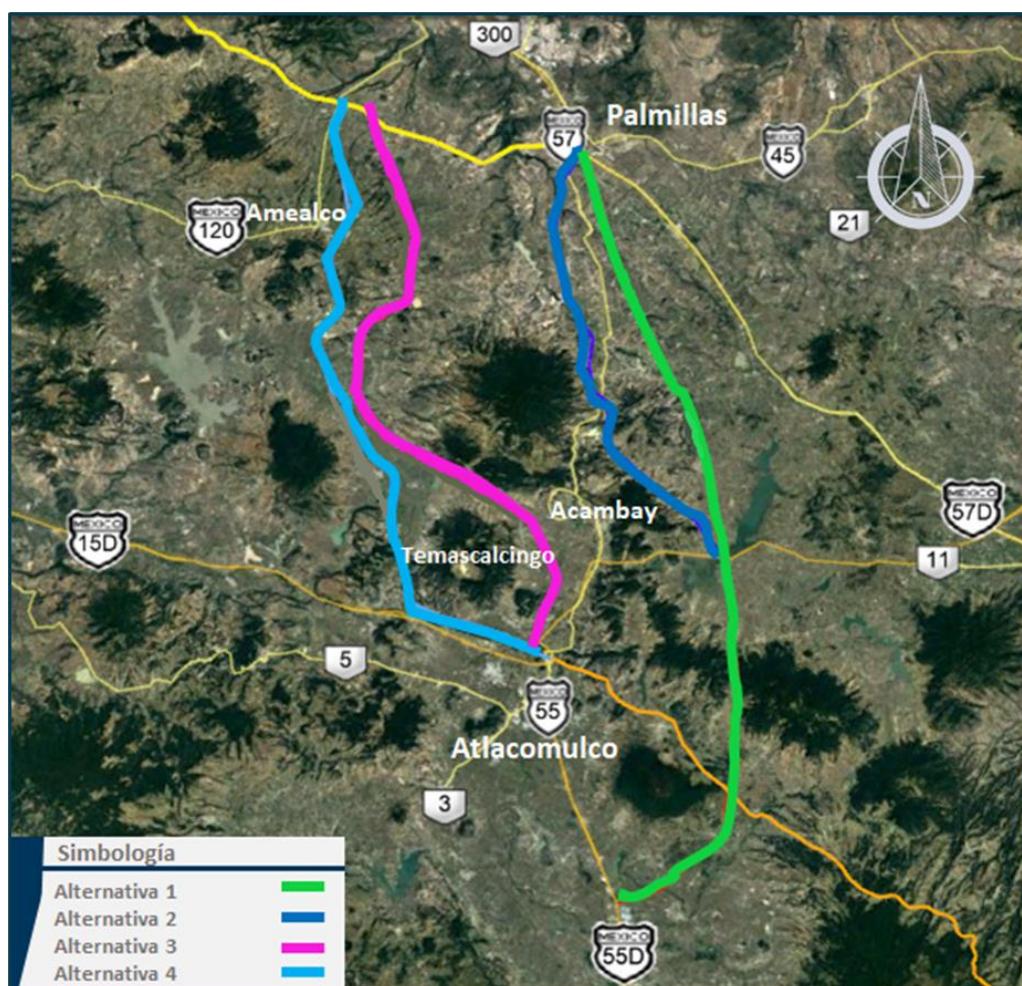


Figura 6. Alternativas de trazo analizadas

Para la construcción de la Autopista se estudiaron 4 diferentes alternativas de trazo, sin embargo, la alternativa 1 se ha desarrollado en definitiva a nivel de anteproyecto debido a lo siguiente:

Considerando la conectividad carretera que proveen las 4 alternativas, se puede decir lo siguiente: La alternativa 1 permite una conectividad regional mucho mayor, al enlazar la Autopista Toluca – Atlacomulco con la nueva Autopista Atizapán – Atlacomulco, el Arco Norte y la Carretera Federal MEX-057 México – Querétaro. Esta alternativa permite generar una conectividad terrestre entre los corredores troncales México – Nogales con Ramal a Tijuana y México – Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras.

Adicional a lo anterior, la Alternativa 1 permitirá a los usuarios de largo itinerario utilizar una Autopista de Altas Especificaciones que libre el paso por poblaciones, tenga control de accesos y su geometría

"2022. Año del Quincientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

permite desarrollar velocidades del orden de los 110 km/h, reducirá los costos operativos vehiculares, permitirá detonar el intercambio comercial entre el estado de Querétaro y la zona industrial del Valle de Toluca.

Una característica que diferencia la Alternativa 1 de las demás, es que permite crear un "libramiento" de Atlacomulco para el tránsito de largo itinerario proveniente de Toluca, con destino el norte del país, la Alternativa 1 permitirá mejorar los niveles de servicio de las vías urbanas de Atlacomulco y de la actual Carretera Federal MEX-055 Atlacomulco – Palmillas.

Desde un punto de vista a nivel macro la Alternativa 1 permitirá la conectividad entre las zonas metropolitanas de Toluca, Querétaro, Morelia, CDMX, con la implementación de esta alternativa el tránsito que se origina en el norte del país, el bajío y el Valle de Toluca no tendrán que utilizar la Carretera Federal Toluca – Palmillas, la cual ya no es adecuada para el tránsito de largo itinerario.

Después del análisis hecho en el presente documento se determina que la Alternativa 1 representa la mejor solución a la problemática identificada.

2.1.3. Proyecto geométrico.

Las principales características geométricas de la Autopista se enlistan a continuación:

- Tipo de carretera: "A4".

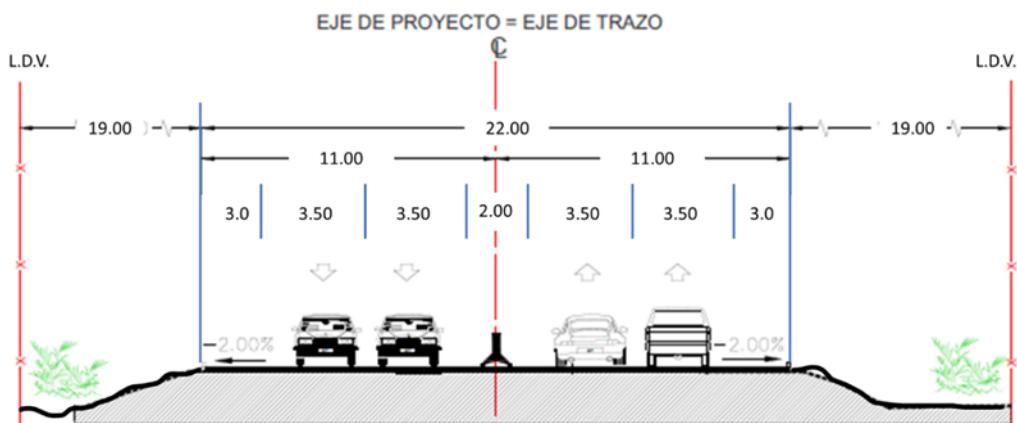


Figura 7. Sección transversal.

- Tipo de terreno: Lomerío y montañoso.
- Sección transversal: La carretera incluirá 4 carriles de circulación, dos por sentido, de 3.50 metros de ancho, acotamientos exteriores de 3.0 metros de ancho, acotamientos internos de 1.0 metro y barrera separadora de sentidos
- Tipo de pavimento: Asfáltico.
- Velocidad de proyecto: 90-110 km/h.

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

- Ancho de corona: 22.0 m.
- Ancho de derecho de vía: 60.0 m.
- Longitud total aproximada de la troncal: 82.8 km.



Figura 8. Representación de proyecto.

2.1.4. Entronques.

La Autopista contará con 4 entronques a desnivel con sus respectivas estructuras conforme a lo siguiente:

Entronque Atlacomulco.

El entronque Atlacomulco permite la conexión entre la carretera federal Toluca – Atlacomulco y la nueva Autopista Atlacomulco – Polotitlán, el cual corresponde a un entronque a desnivel tipo trompeta el cual permite atender todos los movimientos direccionales.



"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

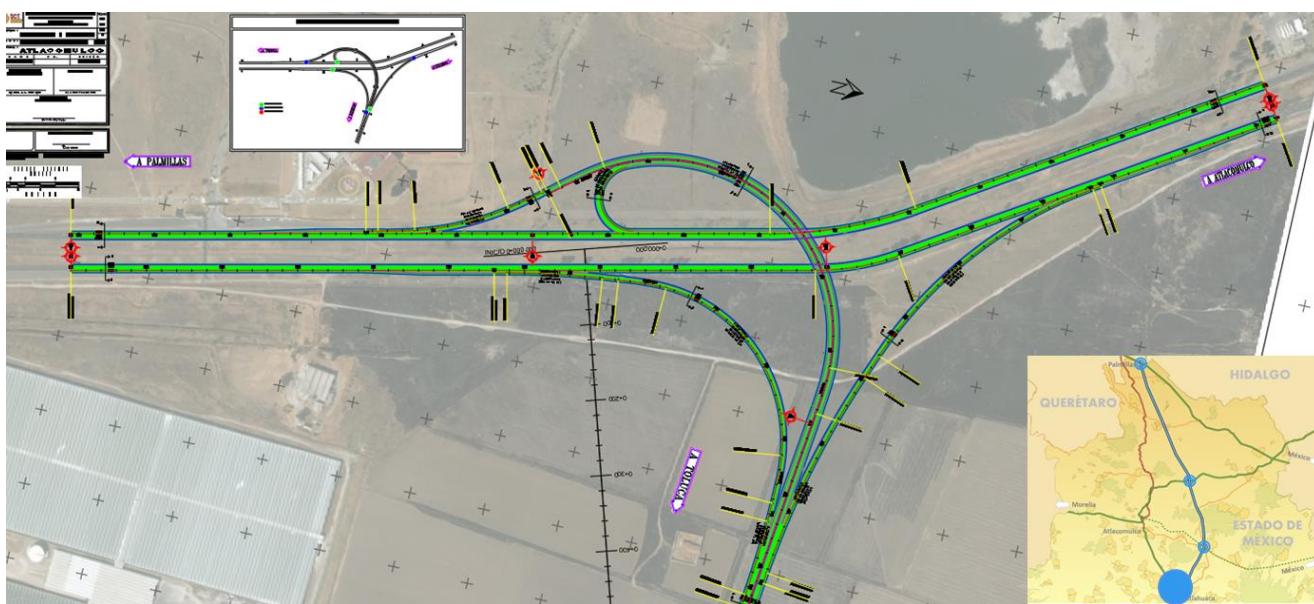


Figura 9. Planta general del Entronque Atlacomulco.

Entronque Atizapán – Atlacomulco.

El entronque Atizapán – Atlacomulco tiene por objeto enlazar la autopista Atizapán – Atlacomulco con la nueva autopista Atlacomulco – Polotitlán.

Este entronque se considera uno de los más relevantes para el proyecto, debido a que al enlazar ambas autopistas permitirá ofrecer una alternativa para el tránsito proveniente del Norponiente de la ZMVM y que tiene como destino el norte del país.

Así mismo, la propuesta de solución corresponde a un tipo trébol el cual alojará casetas auxiliares en cada una de las gatas.

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

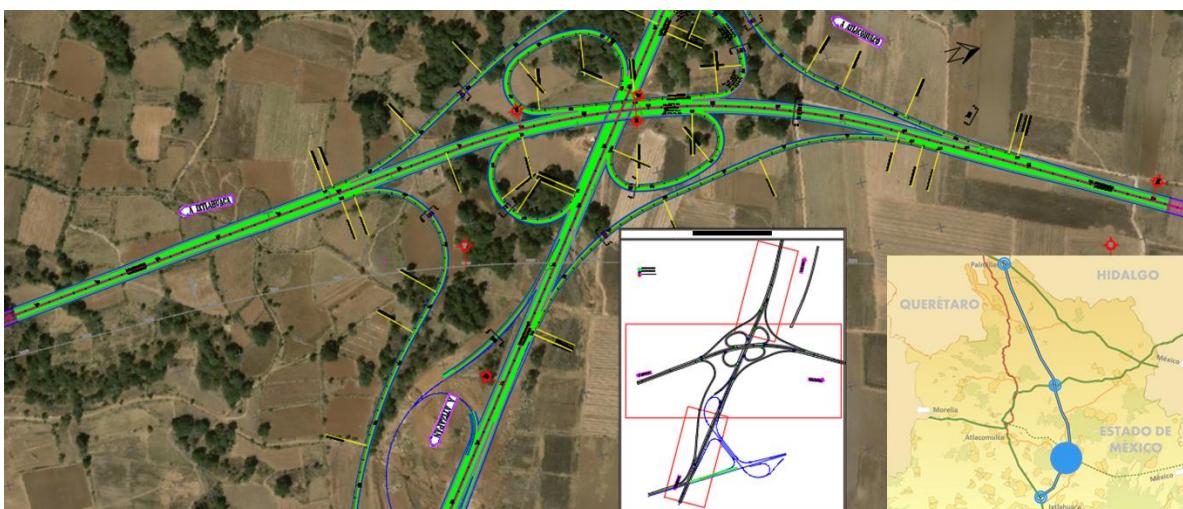


Figura 10. Planta general del Entronque Atizapán - Atlacomulco.

Entronque Arco Norte.

El entronque Arco Norte tiene por objeto enlazar la autopista Arco Norte con la nueva autopista Atlacomulco – Polotitlán.

La configuración de este entronque permitirá que el cobro de peaje se realice en la zona central del mismo, a efecto de disminuir los costos operativos por dicho cobro.

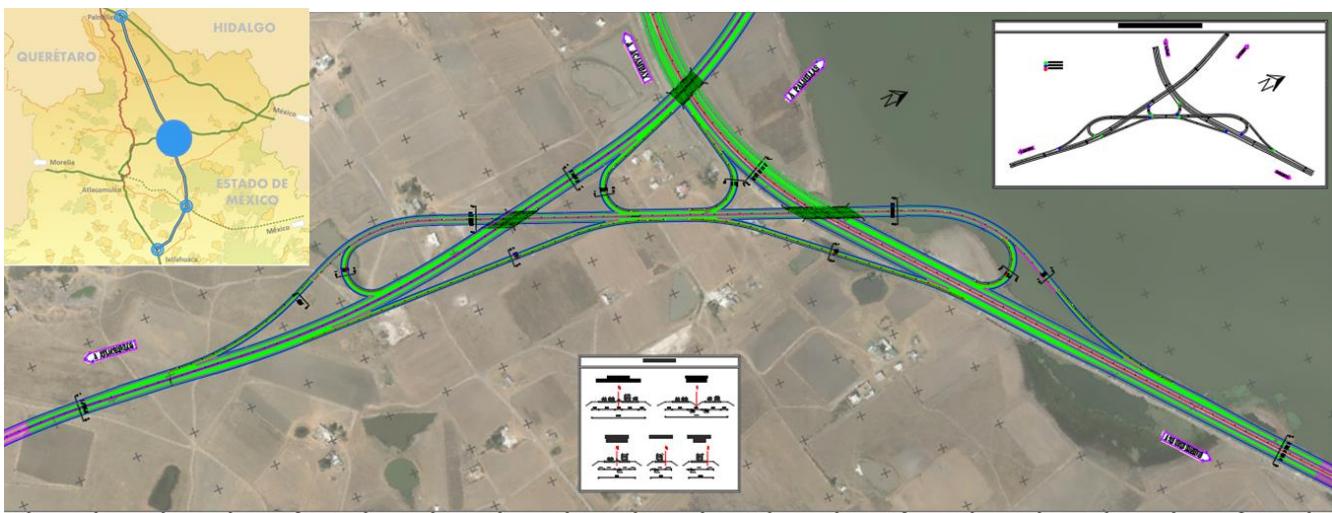


Figura 11. Planta general del Entronque Arco Norte.

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

2.1.5. Estructuras.

El proyecto incluye la construcción de 4 Entronques a desnivel e incorpora 1 Paso de Ferrocarril, 47 PIV, 17 PSV, 39 PSMG, 11 Puentes y 3 Viaductos.

Tabla 3. Pasos de ferrocarril

KM	TIPO
80+570.00	PUENTE Y PSFFCC

Tabla 4. Pasos Inferiores Vehiculares de 1 Vía y 2 Vías

KM	TIPO
2+030.00	PIV 2V
3+765.00	PIV 1V
5+470.00	PIV 2V
6+500.00	PIV 1V
10+762.00	PIV 2V
11+105.00	PIV 1V
11+445.00	PIV 2V
12+190.00	PIV 2V
14+161.00	PIV 1V
14+610.00	PIV 1V
15+544.00	PIV 1V
21+820.00	PIV 1V
23+610.00	PIV 1V
24+518.00	PIV 1V
24+705.00	PIV 2V
24+830.00	PIV 2V
25+120.00	PIV 1V
37+235.00	PIV 1V
38+582.00	PIV 1V
42+980.00	PIV 1V
43+225.00	PIV 1V
44+480.00	PIV 1V
45+360.00	PIV 1V
46+285.00	PIV 2V
47+830.00	PIV 1V
48+480.00	PIV 1V
51+380.00	PIV 1V

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

52+070.00	PIV 1V
52+405.00	PIV 1V
53+035.00	PIV 2V
54+000.00	PIV 1V
54+640.00	PIV 2V
55+170.00	PIV 2V
59+320.00	PIV 2V
60+590.00	PIV 1V
60+730.00	PIV 2V
61+410.00	PIV 2V
61+985.00	PIV 1V
63+165.00	PIV 1V
66+795.00	PIV 2V
68+310.00	PIV 2V
69+530.00	PIV 2V
72+940.00	PIV 1V
76+220.00	PIV 2V
76+630.00	PIV 1V
79+855.00	PIV 1V
82+800.00	PIV 4V

Tabla 5. Pasos Superiores Vehiculares de 2 Vías y 4 Vías

KM	TIPO
13+346.00	PSV 2V
16+145.00	PSV 4V
18+960.00	PSV 4V
20+945.00	PSV 2V
28+940.00	PSV 4V
29+965.00	PSV 2V
31+390.00	PSV 2V
31+630.00	PSV 2V
33+640.00	PSV 2V
35+620.00	PSV 2V
39+110.00	PSV 4V
42+340.00	PSV 2V
57+490.00	PSV 2V
57+755.00	PSV 2V
60+085.00	PSV 2V

SECRETARÍA DE MOVILIDAD

SISTEMA DE AUTOPISTAS, AEROPUERTOS, SERVICIOS CONEXOS Y AUXILIARES

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

77+925.00	PSV 2V
-----------	--------

Tabla 6. Pasos Superiores de Maquinaria Agrícola

KM	TIPO
2+610.00	PSMA
7+080.00	PSMA
7+900.00	PSMA
8+438.00	PSMA
8+833.00	PSMA
9+705.00	PSMA
10+130.00	PSMA
11+710.00	PSMA
13+511.00	PSMA
16+435.00	PSMA
17+240.00	PSMA
20+035.00	PSMA
20+480.00	PSMA
22+960.00	PSMA
24+120.00	PSMA
25+400.00	PSMA
26+420.00	PSMA
26+590.00	PSMA
35+045.00	PSMA
37+640.00	PSMA
40+450.00	PSMA
41+030.00	PSMA
41+740.00	PSMA
49+080.00	PSMA
57+900.00	PSMA
58+290.00	PSMA
61+280.00	PSMA
65+600.00	PSMA
67+760.00	PSMA
69+110.00	PSMA
70+335.00	PSMA
70+880.00	PSMA
71+070.00	PSMA
71+585.00	PSMA

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

71+740.00	PSMA
72+015.00	PSMA
73+700.00	PSMA
78+080.00	PSMA
79+087.00	PSMA

Tabla 7. Puentes y viaductos

KM	TIPO
4+180.00	PUENTE
18+240.00	PUENTE
34+370.00	PUENTE
39+400.00	PUENTE
46+815.00	PUENTE
56+120.00	PUENTE
58+020.00	PUENTE
58+470.00	PUENTE
58+980.00	PUENTE
59+809.00	PUENTE
64+265.00	PUENTE
65+500.00	PUENTE
74+380.00	PUENTE
82+790.00	PUENTE

2.1.6. Obras de drenaje.

De acuerdo al análisis de cuencas, a lo largo del trazo se determinaron 232 obras de drenaje menores, que se enlistan a continuación en la tabla siguiente:

Tabla 8. Obras de drenaje menor.

NÚMERO	ESTACION	ESTACION	ACEPTADO								PLANTILLA	
			eje de trazo	eje de proyecto	A (ha)	DATOS HID.	Q Diseño	TIPO				
								L	4.5	X	1.5	DESP. s%
1	0+112.92	0+112.92	79.28		0.43	4.12		L	4.5	X	1.5	2542.14 0.5
2	0+341.00	0+341.00	35.32		0.43	8.34		L	4	X	1.2	2542.12 0.5
3	0+613.00	0+613.00						L	1.5	X	1.2	2542.18 0.49
4	0+830.00	0+830.00	7.95		0.43	0.78		L	1.5	X	1.2	2542.23 0.48
5	0+929.76	0+929.76	19.53		0.43	2.57		L	3.5	X	1.2	2543.16 0.65

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

6	1+145.00	1+145.00					L	1.5	X	1.2	2544.03	0.61
7	1+364.85	1+364.85					L	1.5	X	1.2	2545.38	0.63
8	1+472.63	1+472.63					L	2	X	1.2	2545.03	0.77
9	1+726.51	1+726.51	41.75	0.43	4.12	L	4.5	X	1.5	2544.75	0.14	
10	1+848.03	1+848.03				L	1.5	X	1.2	2544.92	0.36	
11	2+000.00	2+000.00				L	1.5	X	1.2	2545.62	0.52	
12	2+068.06	2+068.06	17.87	0.43	1.69	L	2.5	X	1.2	2546.28	0.5	
13	2+151.61	2+151.61				L	1.5	X	1.2	2546.02	0.62	
14	2+420.00	2+420.00				L	2	X	1.2	2546.87	0.21	
15	2+610.00	2+610.00				L	5	X	3.5	2547.86	0.5	
16	2+709.11	2+709.11				L	1.5	X	1.2	2548.38	0.09	
17	2+947.13	2+947.13				L	6	X	1.2	2549.32	0.3	
18	4+003.10	4+003.10				2L	5	X	1.2	2538.84	0.8	
19	4+682.80	4+682.80	26.1	0.43	4.29	L	3	X	1.5	2541.6	2.92	
20	5+354.39	5+354.39				L	1.5	X	1.2	2553.56	3.38	
21	5+468.62	5+468.62				L	1.5	X	1.2	2555.14	2.78	
22	5+482.33	5+482.33	97.16	0.43	5.25	L	4.5	X	1.5	2555.51	3.33	
23	5+647.95	5+647.95				L	1.5	X	1.2	2557.15	0.62	
24	5+656.39	5+656.39				L	1.5	X	1.2	2557.14	0.55	
25	5+795.00	5+795.00				L	1.5	X	1.2	2558.11	1.14	
26	6+280.44	6+280.44	16.25	0.43	3.21	L	1.5	X	1.2	2561.24	0.5	
27	6+431.98	6+431.98	117.07	84.05	6.8	L	4	X	2	2562.52	1.5	
28	6+707.35	6+707.35				L	1.5	X	1.2	2563.58	0.9	
29	6+804.69	6+804.69	3.87	0.43	0.76	L	2	X	1.2	2564.94	0.5	
30	7+083.79	7+083.79	33.12	0.48	5.85	L	6	X	4.5	2569.88	3.06	
31	7+853.79	7+853.79	105.19	0.48	5.88	T	L	3.05	f	2587.74	3.02	
32	7+866.35	7+866.35				T	L	3.5	f	2587.47	2.62	
33	8+437.16	8+437.16	103.9	83	11.69	L	5	X	3.5	2609.79	0.5	
34	8+834.35	8+834.35				L	50	X	3.5	2637.05	12	
35	9+380.00	9+380.00	6.11	0.43	0.42	L	2	X	1.2	2644.94	0.5	
36	9+710.33	9+710.33				L	5	X	3.5	2631.25	8	
37	9+984.00	9+984.00	1008.11	73.34	12.54	L	6	X	4	2623.82	8.1	
38	10+129.82	10+129.82				L	5	X	3.5	2623.38	5.96	
39	10+204.67	10+204.67	21.24	0.48	4.25	T	C	1.5	ϕ	2622.5	9.41	
40	10+413.97	10+413.97	33.69	0.48	2.71	T	C	1.5	ϕ	2628.48	19.69	
41	10+717.85	10+717.85	10.3	0.48	2.27	L	2	X	1.2	2651	9.8	
42	11+549.94	11+549.94	924.77	84.76	40.02	L	6	X	3	2672	0.5	
43	11+662.54	11+662.54	31.27	0.48	6.15	T	C	1.8	ϕ	2673.12	2.82	
44	11+708.95	11+708.95				L	5	X	3.5	2674.75	0.5	

SECRETARÍA DE MOVILIDAD
SISTEMA DE AUTOPISTAS, AEROPUERTOS, SERVICIOS CONEXOS Y AUXILIARES

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

45	12+498.80	12+498.80	1.52	0.43	0.27	L	2	X	1.2	2693.88	0.96
46	12+673.43	12+673.43	9.01	0.43	1.4	L	2	X	1.2	2696.07	1.57
47	12+900.00	12+900.00	3.94	0.43	0.71	T	C	1.2	Φ	2695.28	1.37
48	13+056.43	13+056.43				L	4	X	2.5	2697	0.55
49	13+139.83	13+139.83	3.04	0.43	0.55	T	C	1.2	Φ	2696.28	0.5
50	13+214.65	13+214.65	655.32	0.43	22.52	L	6	X	4.5	2696.1	0.5
51	13+289.10	13+289.10				T	C	1.2	Φ	2695.93	3.98
52	13+392.15	13+392.15	646.17	67.42	12.56	L	6	X	4.5	2698.12	0.68
53	13+511.00	13+511.00				L	5	X	3.5	2699.88	0.6
54	13+740.00	13+740.00	8.7	0.48	1.74	T	C	1.2	Φ	2699.82	0.07
55	14+020.00	14+020.00	13.44	0.48	2.69	L	2	X	1.2	2700.54	0.5
56	14+383.23	14+383.23	3.25	0.48	0.65	L	2	X	1.2	2704.38	1.46
57	14+444.26	14+444.26	1.46	0.48	0.29	L	2	X	1.2	2704.87	0.5
58	14+800.00	14+800.00	7.6	0.51	1.62	L	2	X	1.2	2707.13	10.16
59	14+940.62	14+940.62	0.7	0.48	0.14	T	C	1.2	Φ	2708.96	10.87
60	15+975.72	15+975.72	113.18	74.37	4.97	T	L	3.05	Φ	2681.18	5.39
61	16+052.23	16+052.23	26.99	0.49	5.52	T	L	1.8	Φ	2677.6	3.69
62	16+204.04	16+204.04	1.78	0.48	0.36	T	C	1.5	Φ	2674.7	3.76
63	16+323.82	16+323.82	0.77	0.51	0.16	T	C	1.5	Φ	2673.88	7.82
64	16+433.55	16+433.55				L	5	X	3.5	2669.55	0.75
65	16+481.00	16+481.00	7.81	0.51	1.66	T	C	2	Φ	2668.8	1.06
66	16+580.28	16+580.28	891.97	54.92	5.18	L	5.5	X	3	2668.3	0.5
67	16+800.54	16+800.54	46.06	0.48	9.22	L	6	X	2	2668.34	0.5
68	17+244.46	17+244.46	21.77	0.45	4.09	L	5	X	3.5	2668.11	0.5
69	17+552.03	17+552.03	7.21	0.43	1.29	L	2	X	1.2	2671.11	2.1
70	17+880.09	17+880.09	33.53	0.48	5.31	L	4	X	1.2	2675.58	3.5
71	18+474.59	18+474.59	32.37	0.43	3.54	L	2	X	1.5	2688.02	4.99
72	18+835.19	18+835.19	3.15	0.48	0.63	T	C	2	Φ	2703.8	10.01
73	19+046.95	19+046.95	23.15	0.48	3.8	T	C	1.5	Φ	2702.08	2.18
74	19+115.01	19+115.01				T	C	1.5	Φ	2709.63	16.32
75	20+031.25	20+031.25	7.47	0.46	1.43	L	5	X	3.5	2712.24	1.07
76	20+462.52	20+462.52	2.92	0.48	0.58	L	5	X	3.5	2716.22	4.06
77	20+746.10	20+746.10	2.34	0.48	0.47	T	C	1.5	Φ	2719.23	4.37
78	20+880.00	20+880.00	1.44	0.48	0.29	T	C	1.5	Φ	2719.5	0.7
79	21+400.00	21+400.00	12.29	0.48	2.46	C	2	X	1.2	2721.97	1.31
80	22+250.00	22+250.00	2.23	0.51	0.47	L	2	X	1.2	2721.17	3.56
81	22+440.00	22+440.00	8.54	0.51	1.82	L	2	X	1.2	2716.32	2.5
82	22+600.00	22+600.00	4.17	0.51	0.89	L	2	X	1.2	2717.08	2
83	22+780.00	22+780.00	247.73	0.39	5.62	L	4.5	X	3	2718.48	0.48

SECRETARÍA DE MOVILIDAD
SISTEMA DE AUTOPISTAS, AEROPUERTOS, SERVICIOS CONEXOS Y AUXILIARES

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

84	22+961.70	22+961.70				L	5	X	3.5	2719.59	0.5
85	23+171.64	23+171.64	690.39	0.39	9.48	L	6	X	2.5	2721.75	1.1
86	23+760.00	23+760.00	4.9	0.48	0.98	L	2	X	1.2	2730.35	1.15
87	23+966.54	23+966.54				L	1.5	X	1.2	2733.14	1.7
88	24+115.00	24+115.00	24.7	0.48	4.7	L	5	X	3.5	2733.94	3.13
89	24+327.97	24+327.97				T	C	1.2	Φ	2742.67	0.5
90	24+463.00	24+463.00	7.91	0.48	1.58	L	2	X	1.2	2751.7	2
91	25+353.94	25+353.94	18.63	0.5	3.85	T	C	1.5	Φ	2772.97	5.58
92	25+431.69	25+431.69	4.48	0.5	0.93	L	6	X	4.5	2776.57	4.72
93	25+517.84	25+517.84	10.71	0.48	2.14	L	2	X	1.2	2783.5	4.5
94	26+300.00	26+300.00	11.63	0.48	2.33	L	2	X	1.2	2784.71	4.5
95	26+440.00	26+440.00	1.75	0.51	0.37	T	C	1.2	Φ	2774.48	14.44
96	26+524.69	26+524.69	1.96	0.51	0.42	T	C	1.2	Φ	2769.28	1.46
97	26+588.75	26+588.75				L	5	X	3.5	2768.11	0.5
98	26+680.00	26+680.00	3.76	0.49	0.77	T	C	1.2	Φ	2766.52	0.5
99	26+946.21	26+946.21	164.97	0.43	2.87	C	5.5	X	2	2765.38	4.01
100	27+204.54	27+204.54	7.51	0.48	1.5	L	2	X	1.2	2759.48	5
101	27+542.46	27+542.46	11.28	0.48	2.26	T	C	1.2	Φ	2743.93	15.67
102	27+680.00	27+680.00	59.77	0.48	11.96	L	3	X	1.5	2739.22	10
103	27+980.00	27+980.00	5.97	0.48	1.2	T	C	1.2	Φ	2738.88	32.14
104	28+253.17	28+253.17	9.42	0.48	1.89	T	C	1.2	Φ	2730.26	23.78
105	28+460.00	28+460.00	2.77	0.48	0.55	T	C	1.2	Φ	2725.25	18.5
106	28+583.44	28+583.44	8.87	0.48	1.77	T	C	1.2	Φ	2719.78	18.83
107	29+160.96	29+160.96	6.39	0.49	1.31	T	C	1.2	Φ	2686.11	2.54
108	29+548.97	29+548.97	732.43	0.45		C	6	X	2.5	2677.8	2
109	29+895.00	29+896.00	972.87	0.43		C	6	X	4	2668.59	1.56
110	30+361.63	30+361.63	57.92	0.45	9.2	L	3.5	X	1.2	2654.22	5
111	30+540.05	30+540.05	85.26	74.59	2.23	L	4.5	X	1.5	2650.11	2
112	30+698.72	30+698.72	5.51	0.48	1.1	L	2	X	1.2	2647.57	2.32
113	30+962.32	30+962.32	147.14	0.39	3.27	L	4.5	X	1.5	2641.89	2.35
114	31+050.95	31+050.95	14.17	0.48	2.86	L	2	X	1.5	2638.8	0.5
115	31+248.18	31+248.18	1338.71	0.48	77.65	C	6	X	3.5	2631.38	2.98
116	32+062.17	32+062.17				L	1.5	X	1.2	2625.16	0.2
117	32+435.60	32+435.60				L	2	X	1.2	2623.17	0.57
118	32+618.87	32+618.87				L	1.5	X	1.2	2622.19	0.63
119	32+860.00	32+860.00				L	1.5	X	1.2	2621.11	0.04
120	33+400.00	33+400.00				L	1.5	X	1.2	2620.04	0.22
121	33+698.79	33+698.79	1499.82	0.43	83.01	C	6	X	4	2619.6	0.76
122	34+736.19	34+736.19	149.55	0.43	6.97	L	5	X	2	2618.55	0.5

SECRETARÍA DE MOVILIDAD
SISTEMA DE AUTOPISTAS, AEROPUERTOS, SERVICIOS CONEXOS Y AUXILIARES

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

123	35+020.00	35+020.00	12.04	0.43	2.16	L	5	X	3.5	2618.49	0.85
124	35+445.00	35+445.00	205.76	86	6.66	T	L	3.5	Φ	2618.37	0.5
125	35+996.43	35+996.43	10.03	0.48	2.01	L	2	X	1.2	2619.32	2
126	36+260.00	36+260.00	34.56	0.43	4.48	L	3	X	1.5	2619.41	1.29
127	36+480.00	36+480.00	2.88	0.48	0.58	L	2	X	1.2	2620.08	0.71
128	36+588.54	36+588.54	102.72	86	5.11	L	4	X	1.5	2619.56	0.64
129	37+600.00	37+600.00	30.53	0.43	3.35	L	4	X	1.5	2631.05	2.97
130	37+641.50	37+641.50				L	5	X	3.5	2631.19	1.43
131	38+376.68	38+376.68	4.7	0.43	0.83	L	2	X	1.2	2632.21	1
132	38+478.00	38+478.00	25.63	0.43	3.52	L	6	X	1.5	2629.4	1.18
133	38+900.00	38+900.00	3.62	0.48	0.73	L	5	X	3.5	2627.58	3.49
134	40+450.00	40+450.00	25.2	0.43	3.32	L	5	X	3.5	2620.52	0.5
135	41+030.00	41+030.00				L	5	X	3.5	2624	0.5
136	41+572.00	41+572.00	4.52	0.48	0.81	T	C	1.2	Φ	2627.17	1.64
137	41+742.05	41+742.05				L	5	X	3.5	2629.41	2.72
138	41+800.00	41+800.00	1.56	0.48	0.28	T	C	1.2	Φ	2629.47	3.16
139	41+980.00	41+980.00	2.02	0.48	0.36	T	C	1.2	Φ	2630.37	2.94
140	42+074.67	42+074.67	3.06	0.43	0.49	T	C	1.2	Φ	2631.29	1.67
141	42+383.00	42+383.00	8.67	0.43	1.4	T	C	1.2	Φ	2633.91	1.68
142	42+803.90	42+803.90	2.52	0.48	0.45	L	2	X	1.2	2640.32	1.85
143	43+110.00	43+110.00	11.89	0.43	1.92	L	6	X	1.5	2640.52	1.94
144	43+594.00	43+594.00	124.77	0.43	5.44	L	6	X	4	2628.66	0.58
145	43+722.00	43+722.00	8.98	0.48	1.62	T	C	1.2	Φ	2635.26	2.48
146	44+265.60	44+265.60	6.15	0.48	1.11	L	2	X	1.2	2644.04	3.57
147	44+618.60	44+618.60	38.37	0.43	4.01	L	6	X	1.5	2635.86	1.57
148	44+916.90	44+916.90	24.56	0.43	3.82	L	3	X	1.2	2636.85	1.36
149	44+995.14	44+995.14	12.87	0.43	2.12	L	2	X	1.2	2638.23	2.5
150	45+630.00	45+630.00				L	6	X	1.5	2638.8	3
151	45+853.00	45+853.00	174.13	0.43	6.97	L	6	X	2	2635	1
152	45+875.00	45+875.00				L	4	X	1.5	2635.6	0.5
153	46+574.69	46+574.69	14.05	0.8	2.45	L	2	X	1.2	2632.91	1.9
154	46+651.34	46+651.34				L	4	X	2.5	2629.35	0.5
155	47+374.65	47+374.65				L	5	X	3.5	2631.12	0.5
156	47+700.00	47+700.00				L	2	X	1.2	2634.77	0.94
157	48+940.00	48+940.00	8.42	0.48	2.41	C	2	X	1.2	2617.95	3.1
158	49+030.08	49+030.08	7.17	0.48	1.44	T	C	1	Φ	2613.8	3.58
159	49+090.00	49+090.00				C	5	X	3.5	2612.64	1.1
160	49+509.30	49+509.30	241.42	0.43	9.77	C	6	X	2	2598.86	0.5
161	49+680.00	49+680.00	13.54	0.46	2.6	C	2	X	1.2	2605.56	4.34

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

162	49+996.40	49+996.40	51.62	0.46	7.85	T	L	2.44	Φ	2609.27	3.5
163	50+022.30	50+022.30	51.62	0.46	7.85	T	L	2.44	Φ	2610.19	2.88
164	51+440.00	51+440.00	15.75	0.48	3.15	L	2	X	1.5	2641.75	12
165	51+659.65	51+659.65	15.34	0.48	3.07	T	L	2.44	Φ	2625.17	11.66
166	51+847.71	51+847.71	2.38	0.46	1.15	L	2	X	1.2	2633.95	9.18
167	52+636.60	52+636.60	21.71	0.45	3.71	T	L	2.44	Φ	2611.83	12.79
168	52+849.00	52+849.00	9.8	0.45	1.84	T	C	1.2	Φ	2609.71	1.38
169	53+594.58	53+594.58	9.36	0.45	1.76	T	L	2.44	Φ	2559.29	11.16
170	53+662.25	53+662.25	6.43	0.45	1.21	T	L	2.44	Φ	2557.46	10.15
171	53+821.82	53+821.82	5.21	0.45	0.98	T	C	1.2	Φ	2574.96	6.75
172	54+377.64	54+377.64	6.61	0.49	1.35	T	L	2.44	Φ	2544.73	17.94
173	54+428.68	54+428.68	9.8	0.49	2	T	L	2.44	Φ	2544.96	11.18
174	55+915.50	55+915.50	29.65	0.48	5.94	L	3	X	1.2	2523.22	6.35
175	57+330.00	57+330.00	21.5	0.45	3.73	T	C	1.5	Φ	2476.6	15.49
176	57+392.83	57+392.83	8.54	0.45	1.6	T	C	1.2	Φ	2466.62	9.9
177	57+726.64	57+726.64	5.16	0.48	1.03	T	C	1.2	Φ	2447.74	0.5
178	57+900.00	57+900.00				L	5	X	3.5	2443.75	1.08
179	58+291.40	58+291.40				L	6	X	4.5	2442.21	0.53
180	59+673.80	59+673.80	8.93	0.43	1.6	L	6	X	4.5	2424.05	0.5
181	60+170.21	60+170.21	9.18	0.48	3.87	T	C	1.5	Φ	2428.52	3.18
182	61+209.86	61+209.86	73.74	0.43	6.37	T	L	3.05	Φ	2432.57	0.5
183	61+275.56	61+275.56				L	6	X	4.5	2438.57	0.5
184	62+245.03	62+245.03	2.99	0.51	0.87	T	C	1.5	Φ	2423.76	17.48
185	62+578.13	62+578.13	49.03	0.43	5.88	T	L	1.83	Φ	2394.52	0.8
186	62+589.64	62+589.64	9.88	0.51	2.1	T	L	2.44	Φ	2395.36	4.3
187	63+305.08	63+305.08	3.03	0.5	1.09	T	C	1.2	Φ	2391.31	15
188	63+620.00	63+620.00	17.32	0.49	3.54	T	C	1.5	Φ	2372.47	7.17
189	65+056.00	65+056.00	29.11	0.49	5.95	T	L	2.44	Φ	2327.13	3.2
190	65+600.00	65+600.00				L	5	X	3.5	2343.26	9.1
191	66+328.90	66+328.90	35.59	0.46	6.57	T	C	2.44	Φ	2341.88	3.66
192	66+854.40	66+854.40				L	6	X	1.2	2353.83	0.5
193	67+020.00	67+020.00	102.42	0.37	7.15	L	6	X	4	2344.98	4.33
194	67+529.23	67+529.23	102.42	0.37	7.15	T	L	3.5	Φ	2335.76	0.61
195	67+634.55	67+634.55	8.45	0.46	1.62	T	C	1.2	Φ	2337.2	5.56
196	67+728.45	67+728.45	13.02	0.48	2.48	T	C	1.2	Φ	2339.76	5.7
197	67+750.82	67+750.82				L	5	X	3.5	2340.56	6.49
198	67+917.43	67+917.43	13.75	0.51	4.69	L	2	X	1.2	2348.63	6.85
199	69+110.00	69+110.00				C	5	X	3.5	2335.74	3.77
200	69+212.38	69+212.38	80.95	82.01	6.77	T	L	2.44	Φ	2328.85	3.77

SECRETARÍA DE MOVILIDAD
SISTEMA DE AUTOPISTAS, AEROPUERTOS, SERVICIOS CONEXOS Y AUXILIARES

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

201	69+311.13	69+311.13	3.73	0.48	0.75	C	5	X	3.5	2334.34	7.54
202	69+922.62	69+922.62	10.29	0.48	2.06	L	2	X	1.2	2350.02	4.72
203	70+309.95	70+309.95	2.01	0.4	0.34	L	5	X	3.5	2355.04	0.77
204	70+744.71	70+744.71	7.24	0.43	1.3	T	C	1.2	Φ	2352.12	0.5
205	70+878.20	70+878.20	8.52	0.43	1.53	L	5	X	3.5	2350.43	0.5
206	71+067.37	71+067.37				L	5	X	3.5	2347.29	0.5
207	71+383.00	71+383.00	16.91	0.43	3.03	L	3	X	1.5	2346.46	0.74
208	71+582.73	71+582.73				L	5	X	3.5	2342	0.5
209	71+738.21	71+738.21				L	5	X	3.5	2338.51	0.5
210	72+015.00	72+015.00				L	5	X	3.5	2331.62	0.51
211	73+545.67	73+545.67			1.63	T	L	1.83	Φ	2269.89	0.5
212	73+704.90	73+704.90	13.71	0.43	2.42	L	6	X	4.5	2261.52	4.85
213	74+729.81	74+729.81	44.22	0.46	8.48	L	5	X	1.5	2244.27	3.3
214	75+278.80	75+278.80	19.29	0.46	4.76	L	2	X	1.2	2260.29	9.71
215	76+568.60	76+568.60	9.14	0.37	1.41	L	2	X	1.2	2269.88	0.5
216	77+124.21	77+124.21	20.26	0.37	2.99	L	3	X	1.5	2264.38	0.5
217	77+324.76	77+324.76	11	0.37	1.7	L	2	X	1.5	2262.64	0.5
218	77+551.10	77+551.10	5.41	0.4	0.9	L	2	X	1.2	2261.49	0.5
219	78+056.75	78+056.75	17.05	0.4	2.84	T	C	1.5	Φ	2256.88	1.63
220	78+172.26	78+172.26				L	5	X	3.5	2255.57	1.36
221	78+241.18	78+241.18	5.59	0.43	1	L	2	X	1.2	2255.55	1.38
222	78+664.70	78+664.70	2.07	0.48	0.41	L	2	X	1.2	2250.95	0.5
223	78+730.00	78+730.00				L	5	X	3.5	2250.48	0.5
224	79+086.15	79+086.15				L	5	X	3.5	2246.35	0.5
225	79+317.34	79+317.34	167.93	0.43	12.79	L	6	X	2	2241.58	1.08
226	79+432.65	79+432.65	7.67	0.43	1.38	L	2	X	1.5	2240.5	1.12
227	79+564.00	79+564.00	3.07	0.43	0.54	L	2	X	1.2	2240.19	3.27
228	80+266.21	80+266.21	12.73	0.48	2.82	L	3	X	1.2	2228.41	2.02
229	80+777.83	80+777.83	3.67	0.48	0.81	T	C	1.2	Φ	2227.55	1.78
230	81+022.00	81+022.00	40.39	0.43	4.7	L	3	X	1.5	2230.73	3.22
231	81+320.00	81+320.00	7.36	0.43	1.46	L	2	X	1.5	2234.52	0.5
232	82+054.10	82+054.10	61.29	0.43	9.56	L	5	X	1.2	2232.82	0.5

2.1.7. Terracerías.

Desde el punto de vista técnico, es de suma importancia la optimización de los movimientos de tierra, por lo que se busca proyectar la rasante lo más cercana posible al terreno natural, y aprovechar los cortes que se efectúen en los que el material excavado sea utilizable, para compensar con los terraplenes, lo cual representa reducciones significativas en los costos de construcción.

"2022. Año del Quinientosenario de Toluca, Capital del Estado de México".

2.1.8. Pavimentos.

- Formación y compactación al 100% de su P.V.S.M. AASHTO Modificada de la capa base hidráulica en un espesor de 0.25 m con material de préstamo de banco más cercano que cumpla con la calidad especificada en proyecto.
- Construcción de base asfáltica de 0.16 m de espesor compactada al 95% de su peso volumétrico de su Peso Volumétrico Marshall.
- Construcción de carpeta de concreto asfáltico de 0.10 m de espesor compactada al 95% de su peso Volumétrico Marshall.

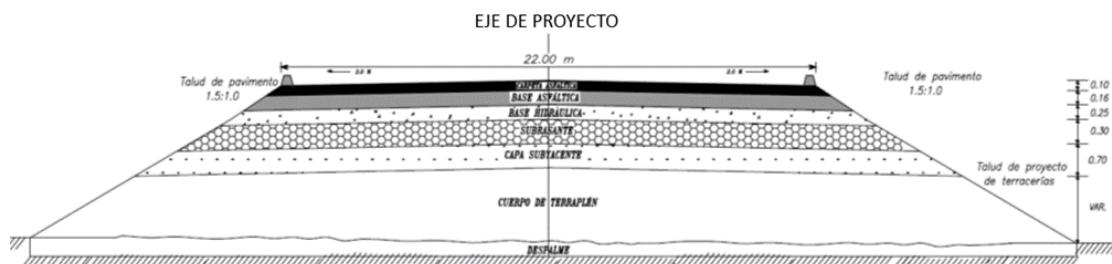
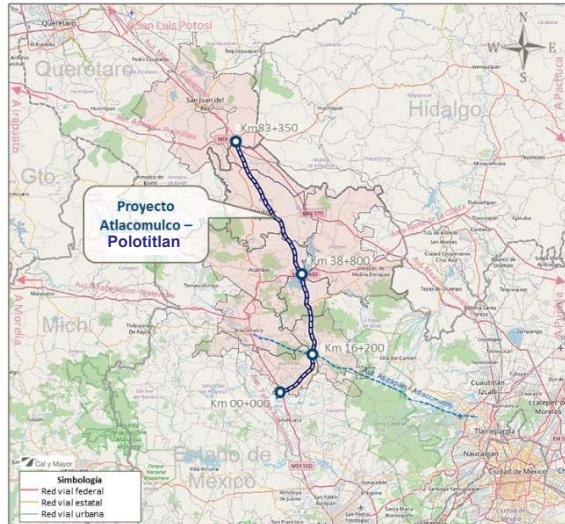


Figura 12. Sección estructural de pavimentos.



“Análisis de tráfico e ingresos para el proyecto de la Autopista Atlacomulco – Polotitlán, bajo la modalidad de Propuesta No Solicitada”

CONTENIDO

1 INFOGRAFÍA.....	1
2 INTRODUCCIÓN.....	2
2.1 ANTECEDENTES.....	2
2.2 OBJETIVO.....	2
2.3 METODOLOGÍA	4
2.4 ALCANCES	4
3 DIAGNÓSTICO.....	6
3.1 IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....	6
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	7
3.3 VENTAJAS COMPETITIVAS DEL PROYECTO	11
3.4 ENTORNO ECONÓMICO	13
3.4.1 <i>Red de influencia directa</i>	16
3.5 PRINCIPALES INSUMOS.....	17
3.5.1 <i>Tarifas</i>	17
3.5.2 <i>Características físicas y operativas de la Red</i>	19
3.5.2.1 Número de carriles	19
3.5.2.2 Velocidades.....	19
3.5.3 <i>Encuestas Origen – Destino</i>	21
3.5.3.1 Motivo de viaje	23
3.5.3.2 Frecuencia de viaje	24
3.5.3.3 Líneas de Deseo	25
3.5.4 <i>Encuestas de Preferencia Declarada (PD)</i>	28
3.6 ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	29
3.6.1 <i>Aforos en las vías de influencia</i>	29
3.6.2 <i>Aforos automáticos en la PC Polotitlán</i>	31
3.7 MERCADO	33
4 MODELOS.....	35
4.1 PREMISAS GENERALES.....	35
4.2 VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO	36
4.2.1 <i>Supuestos y desarrollo</i>	36
4.2.2 <i>Resultados VOT</i>	37

4.3 MODELO DE TRANSPORTE	38
4.3.1 <i>Supuestos de modelación</i>	38
4.3.2 <i>Calibración del modelo de transporte</i>	40
4.3.3 <i>Estimación de los viajes potencial al proyecto</i>	44
4.3.4 <i>Resultados del proyecto con tarifa referencial</i>	44
4.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD TARIFARIA.....	44
4.4.1 <i>Resultados del proyecto con tarifa óptima</i>	47
4.5 MODELO DE PRONÓSTICO	48
4.5.1 <i>Supuestos y desarrollo</i>	48
4.5.1.1 Insumos.....	48
4.5.2 <i>Modelos econométricos</i>	58
4.5.2.1 Pronósticos de crecimiento.....	59
4.6 PROYECCIONES DE AFOROS E INGRESOS	61
4.6.1 <i>Escenario ESC01 Proyecto con tarifa referencial + Aut. ATAT</i>	61
4.6.2 <i>Escenario ESC02 Proyecto con tarifa óptima + Aut. ATAT</i>	62
5 NIVELES DE SERVICIO.....	64
5.1 SUPUESTOS CONSIDERADOS	66
5.1.1 <i>Características físicas, geométricas para los tramos del proyecto.</i>	67
5.2 RESULTADOS DE LOS NIVELES DE SERVICIO.....	70
6 CONCLUSIONES	71

TABLA DE ABREVIACIONES

Abreviatura	Correspondencia
\$/km	Costo por kilómetro cobrado de una tarifa
A2	Autopista de altas especificaciones de 1 carriles por sentido
A4	Autopista de altas especificaciones de 2 carriles por sentido
AA	Aforo automático
AGEB	Áreas Geoestadísticas Básicas
AM	Aforo Manual
ATAT	Autopista Atizapán - Atlacomulco
AU	Automóviles
BANXICO	Banco de México
B	Autobuses
CA	Camiones articulados 1 y 2
CA1	Camiones articulados 1 (5 y 6 ejes)
CA2	Camiones articulados 2 (7 o más ejes)
CBO	Congressional Budget Office
CDMX	Ciudad de México
CEM	Círculo Exterior Mexiquense
CU	Camiones unitarios (2, 3 y 4 ejes)
DV	Datos Viales SCT
EDOMEX	Estado de México
ES	Periodo entre semana
FMI	Fondo Monetario Internacional
FONADIN	Fondo Nacional de Infraestructura
FS	Periodo en fin de semana
IC	Intervalos de confianza
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INPC	Índice Nacional de Precios al Consumidor
IVA	Impuesto al Valor Agregado
M	Motos
NS	Nivel de Servicio
OD	Encuesta de origen y destino
OCDE	Organización para la cooperación y el desarrollo económicos
PC	Plaza de Cobro
PEA	Población económicamente activa
PIB	Producto Interno Bruto
PD	Encuestas de Preferencia Declarada
PR	Encuestas de Preferencia Revelada
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SIG	Sistema de información geográfica
SIREM	Sistema de Información Regional de México

TCA	Tasa de crecimiento anual
TCMA	Tasa de crecimiento media anual
TPDA	Tránsito Promedio Diario Anual
TPDM	Tránsito Promedio Diario Mensual
TPDS	Tránsito Promedio Diario Semanal
TPES	Tránsito Promedio Entre Semana
TPFS	Tránsito Promedio en Fin de Semana
VOT	Value of time (Valor subjetivo del tiempo)
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
ZMQ	Zona Metropolitana de Querétaro
ZMT	Zona Metropolitana de Toluca

1 INFOGRAFÍA

El proyecto Autopista Atlacomulco - Polotitlán será una autopista regional de altas especificaciones, que se localizará en el Estado de México y Querétaro. El entronque inicial del proyecto se conectará con la autopista Toluca – Atlacomulco y el entronque final con la autopista México – Querétaro, complementándose con 2 entronques intermedios que comunicarán con la autopista Atizapán – Atlacomulco y con el Arco Norte de la CDMX.

De acuerdo con la metodología empleada por Cal y Mayor y Asociados, el presente documento contiene los resultados relevantes derivados del estudio de tráfico e ingresos del proyecto Autopista Atlacomulco - Polotitlán.



82.8

Km de longitud

\$2.4/km

A precios del 2021 en tarifa óptima para automóvil, incluye IVA,

13,436

Vehículos diarios
año 2022*
**AU 65%, CU11%
CA 24%**



2.2%

Tasa de crecimiento media anual 2022-2052



35 min

de ahorro promedio en Viajes

\$1,657.9

Mdp en ingreso anual 2022 con tarifa 2021 (IVA incluido) *

Especialidad: Autopista Regional

Región: Zona centro país.

Año base estimado: 2022

Proyecto: Autopista Atlacomulco-Polotitlán.

*Escenario con tarifa óptima

2 INTRODUCCIÓN

2.1 ANTECEDENTES

El trazo del proyecto Autopista Atlacomulco - Polotitlán se ubica principalmente en el Estado de México y finaliza en Querétaro, actualmente en la zona de estudio existen tres grandes zonas metropolitanas que son la del Valle de México, Toluca y Querétaro y que requieren de nuevas alternativas de conexión pues las vías actuales de comunicación tienen una alta demanda y la movilidad se vuelve cada vez más conurbana, lo que dificulta los viajes de carácter regional y trayendo consigo oportunidades para nuevos proyectos como este.

Dado estas oportunidades de reducir los tiempos de traslado para los viajes de carácter regional o nacionales, coadyuvar a la disminución de congestionamiento vial e inclusive evitar accidentes de las vías actuales, se propone un trazo que conecte al sur con la actual autopista Toluca – Atlacomulco en el tramo Ixtlahuaca - Atlacomulco, para captar todos los viajes generados o atraídos por la Zona Metropolitana de Toluca, pero también, desde el entronque intermedio del proyecto con la autopista Atizapán – Atlacomulco, se atenderá la demanda desde la Zona Metropolitana del Valle de México con destinos u orígenes hacia Querétaro y las zonas bajío, occidente y norte del país. Finalmente, en el extremo norte el proyecto contempla un entronque con la autopista México – Querétaro.

Con esta nueva conectividad se dará oportunidad de reducir los tiempos de traslado de los viajes que se desplacen principalmente entre estas tres ciudades (CDMX, Toluca, y Querétaro), adicionalmente también creará una vía alterna para los camiones que usan el corredor número de uno de carga, que es, el corredor longitudinal México – Nuevo Laredo con Ramal a Piedras Negras.

Un factor determinante es establecer un sistema de vías que mejoren la conectividad a nivel regional, y que consolide las comunicaciones entre zonas metropolitanas y regionales del país con la implementación de proyectos que eviten flujos concentrados y que permitan una comunicación interestatal y mejoras en la competitividad.

El proyecto Atlacomulco – Polotitlán tiene contemplado tres tramos carreteros que son:

Tramo 1.- km 0+000 al km 16+200, desde Ixtlahuaca a la Autopista ATAT.

Tramo 2.- km 16+200 al km 38+800, desde Autopista ATAT al Arco Norte de la CDMX.

Tramo 3.- km 38+800 al km 83+300, desde el Arco Norte de la CDMX a la Aut. México – Querétaro.

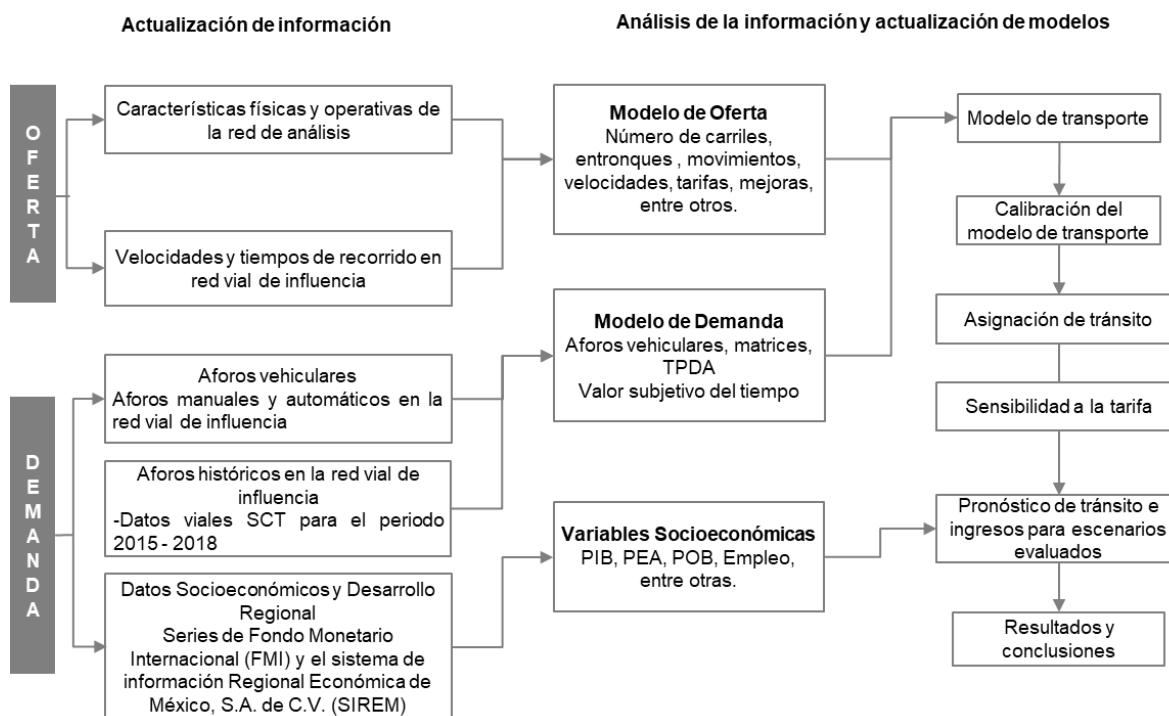
2.2 OBJETIVO

El objetivo principal del estudio estimar el tráfico e ingresos para el año base y un pronóstico a 30 años para el proyecto autopista Atlacomulco – Polotitlán, realizar el análisis de sensibilidad tarifaria para identificar la tarifa optima que maximice los ingresos, y determinar el nivel de servicio del proyecto.

2.3 METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología que Cal y Mayor y Asociados desarrolló para el presente estudio y cumplir los objetivos.

Figura 1 Metodología general desarrollada en el estudio



Elaboración propia, 2021.

La metodología que consideró la elaboración del modelo de transporte con la herramienta de PTV Visum, en la cual se calibró la situación actual de la zona, replicando los tiempos de recorrido actuales y las condiciones bajo las cuales se operaba con los volúmenes vehiculares en el año 2019, lo anterior, sugerido por el consultor para evitar los sesgos provenientes de la pandemia por COVID-19.

2.4 ALCANCES

Cal y Mayor cuenta con un extenso conocimiento de la zona de influencia directa del proyecto y de las vías de competencia, adicionalmente, cuenta con un amplio banco de datos, el cual fue aportado por el consultor para fortalecer el estudio y desarrollar los siguientes alcances.

- Recopilación de características físicas y operativas de la red vial de influencia mediante aplicaciones de la Web (*Google maps*).
- Recopilación de volúmenes vehiculares en la red de influencia del proyecto, se recopilará información de aforos de Datos Viales (SCT) de los últimos años.

- Recopilación y análisis de encuestas origen - destino de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y del banco de datos de Cal y Mayor.
- Información de tarifas de la zona de estudio a partir de fuentes oficiales y sitios web de diversos concesionarios.
- Tiempos de recorrido de reconocimiento por las principales vías de competencia y de conectividad principal de los trazos planteados, esto es la autopista México – Querétaro (57D) y la carretera Acambay – Atlacomulco (Mex-57).
- Levantamiento de trabajos de campo a partir de la instalación de una estación maestra sobre la autopista México – Querétaro, para la recolección de encuestas origen – destino, preferencias declaradas, aforo de flujo manual y aforo automático.
- Inspección visual de las condiciones físicas de la carretera México – Querétaro (57D) y la carretera Acambay – Atlacomulco (Mex-57).
- Realización de un modelo de elección discreta que permitió obtener el Valor Subjetivo del tiempo (VOT) de los usuarios actuales.
- Integración de un modelo de transporte que representa la oferta y demanda en situación actual y futura, que permitió generar los resultados de demanda en el año base del proyecto y en el horizonte.
- Realizar en análisis de sensibilidad tarifaria con la finalidad de identificar la tarifa optima que maximice los ingresos.
- Elaborar un modelo econométrico que permitió generar los pronósticos o las tasas de crecimiento empleadas en las asignaciones futuras en el modelo de transporte.
- Determinación y análisis de los niveles de servicio para cada tramo del proyecto.

En términos generales, lo descrito anteriormente corresponde a los alcances relevantes de estudio de aforos e ingresos, en el cual se realizaron algunas actividades adicionales como; distribución de volúmenes vehiculares en las rampas de acceso y salida en los entronques del proyecto, análisis de la composición vehicular del proyecto por tramo y sentido de circulación, entre otras.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 IMPORTANCIA DEL PROYECTO

La Autopista Atlacomulco - Polotitlán será una vía alterna para los viajes con orígenes y destinos desde la CDMX o Toluca, hacia Querétaro, brindará una alternativa de conexión ágil a los usuarios de recorrido regional que actualmente ocupan la autopista México – Querétaro, la autopista Toluca – Atlacomulco o la carretera federal Toluca – Polotitlán, coadyuvará a realizar sus traslados mitigando los problemas de congestión que se presentan las vialidades actuales.

Figura 2 Proyecto Autopista Atlacomulco - Polotitlán



Elaboración propia, 2021

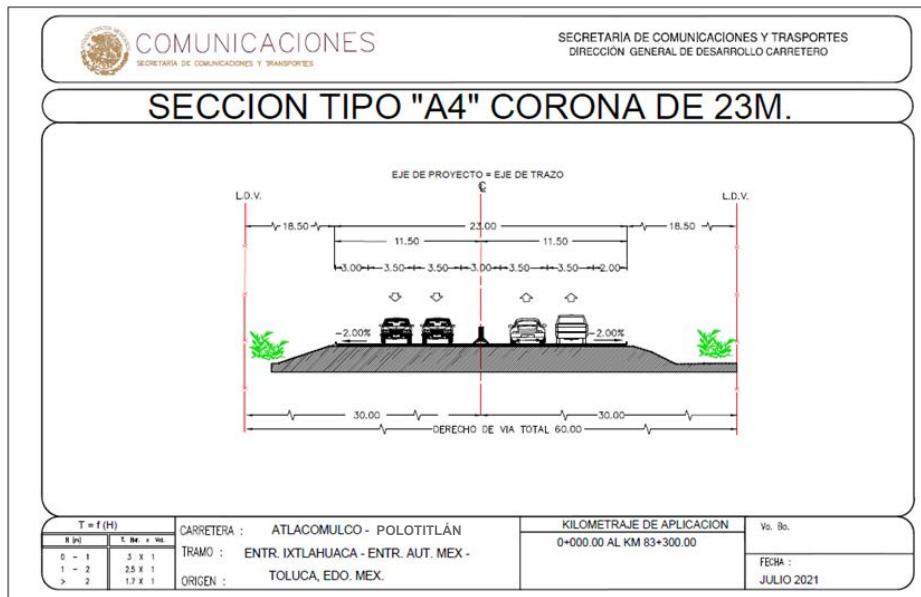
El proyecto Autopista Atlacomulco – Polotitlán ofrece una reducción significativa en los tiempos de viaje que se realizan entre las zonas metropolitanas del Valle de México y Toluca, con destinos u orígenes hacia Querétaro, teniendo ahorros de tiempo de alrededor de **35 minutos.**

El proyecto inicia en la intersección de la autopista Toluca - Atlacomulco y culmina con la autopista México - Querétaro.

3.2 Características del proyecto

El proyecto Atlacomulco -Polotitlán se conceptualiza como una autopista de altas especificaciones tipo "A4" con dos carriles de circulación de 3.5 m cada uno por sentido, con acotamiento de 3.0 m para un ancho de corona total de 23.0 metros desde el km 0+000 al km 83 +300, que corresponde a su longitud total.

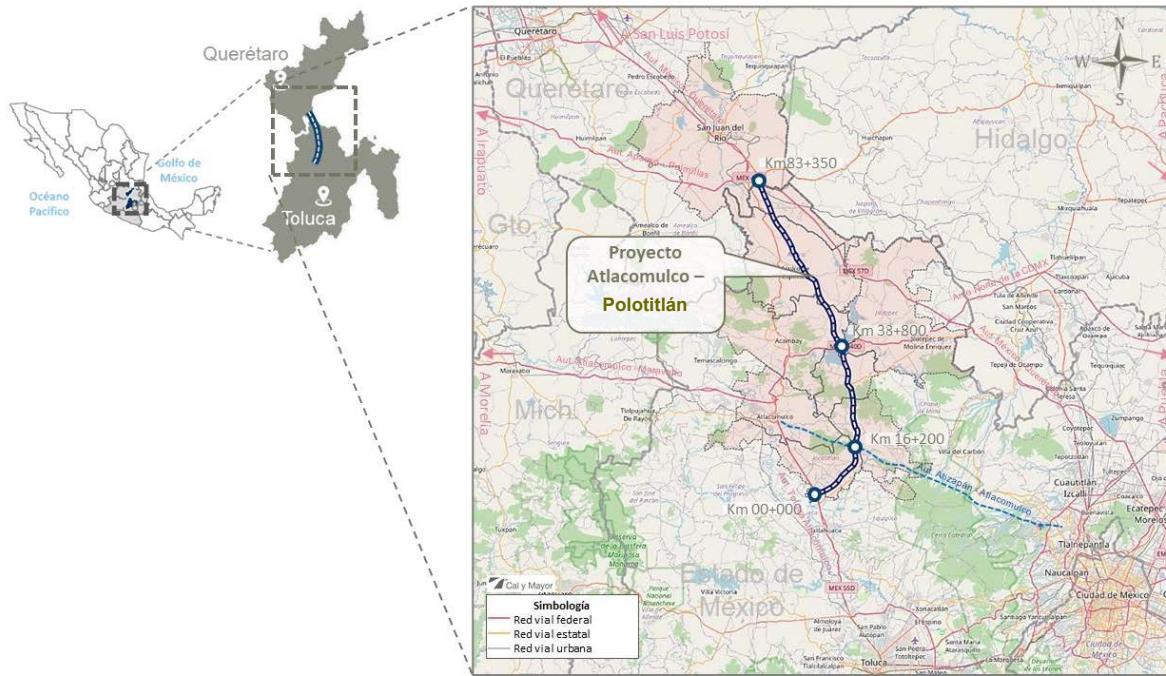
Figura 3 Sección tipo de "A4" corona de 23 metros para el proyecto



Elaboración con información de la SCT y del cliente.

Conforme a la información del proyecto geométrico, carta ruta y entronques proporcionada por el cliente, se identifica que aproximadamente el 98% del trazo del proyecto se ubica en el Estado de México e interviene en los municipios de; Jocotitlán, Morelos, Atlacomulco, Timilpan, Jirotepec, Acambay, Aculco y Polotitlán; y el 2% restante en el estado de Querétaro en el municipio de San Juan del Río, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 4 Localización local del proyecto Autopistas Atlacomulco - Polotitlán



Elaboración propia Cal y Mayor y Asociados.

En la siguiente tabla se muestran las características generales del proyecto Autopista Atlacomulco- Polotitlán.

Tabla 1 Características generales de la Autopista Atlacomulco - Polotitlán

Autopista Atlacomulco - Polotitlán

Longitud	82.80 km
Velocidad de diseño	110 km/h

Construcción vía tipo “A4”

Ubicación	Atlacomulco - Polotitlán
Número de carriles	4 carriles (2 por sentido de circulación) con acotamiento. Ancho de carril 3.5m Ancho de acotamiento 3.0m Ancho de corona 23.0 m
Vehículos permitidos	Ligeros y pesados
Entronque inicial	Autopista Toluca - Atlacomulco

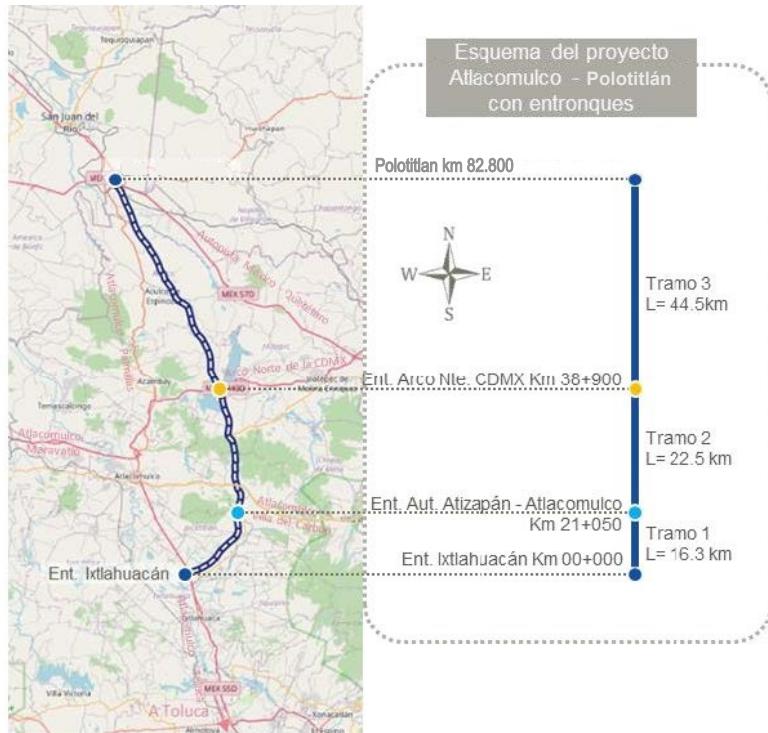
Autopista Atlacomulco - Polotitlán

Entronques intermedios	Autopista Atizapán-Atlacomulco, Arco Norte de la Ciudad de México
Entronque final	Autopista México-Polotitlán
Año base estimado	2022

Elaboración propia, con información del cliente.

El trazo del proyecto está integrado por cuatro entronques: inicial, final y dos intermedios mediante distribuidores viales que permiten el intercambio de flujos vehiculares con las vías de la zona de estudio. En el siguiente esquema se presenta la configuración considerada del proyecto en el presente estudio.

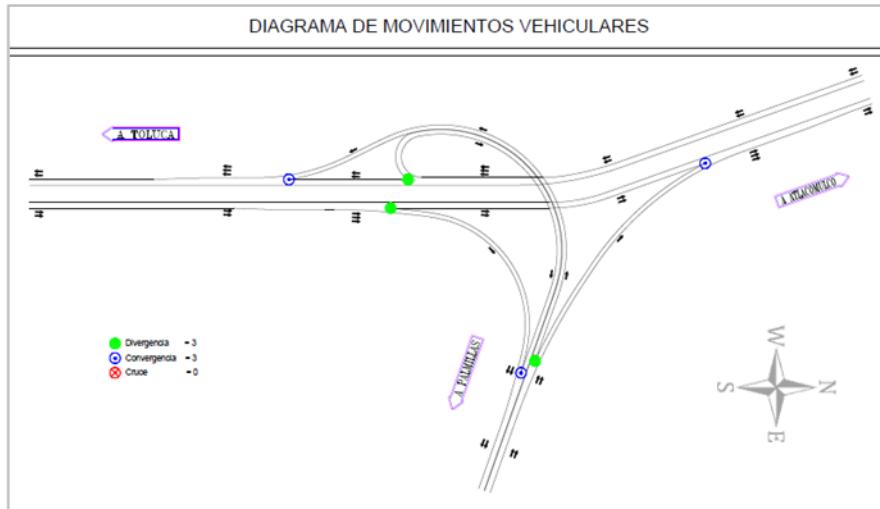
Figura 5 Proyecto Atlacomulco – Polotitlán, tramo y entronques.



Elaboración propia, con información del cliente.

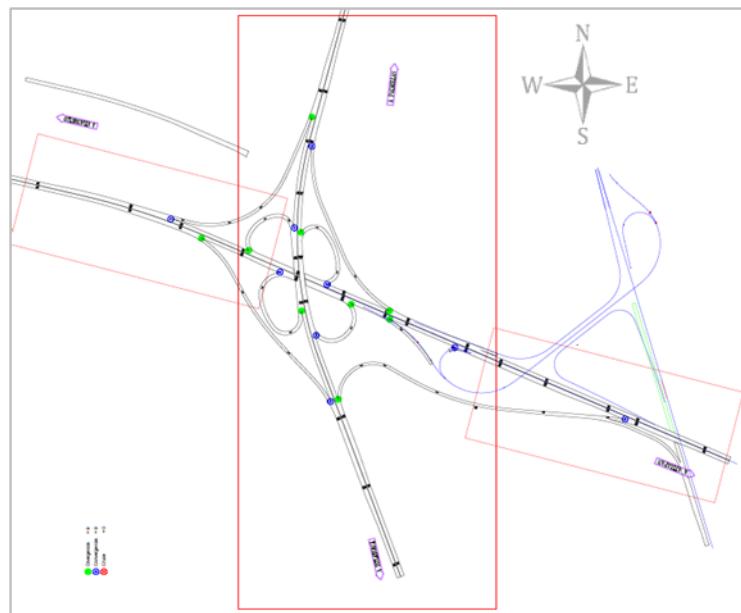
La configuración que presenta cada distribuidor permite salidas y accesos al proyecto Autopista Atlacomulco – Polotitlán, se idéntica que los entronques permitirán todos los movimientos vehiculares posibles en la conexión con las vías existentes y futuras. En las siguientes figuras se puede observar la configuración de los entronques.

Figura 6 Entronque Atlacomulco, km 00+000 (inicial).



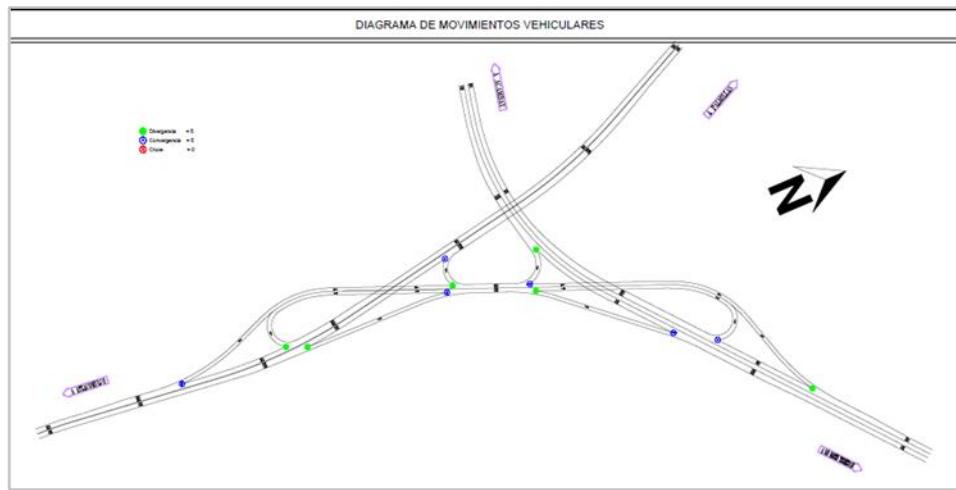
Elaboración propia, con información del cliente.

Figura 7 Entronque Aut. Atizapán – Atlacomulco, km 16+200 (intermedio).



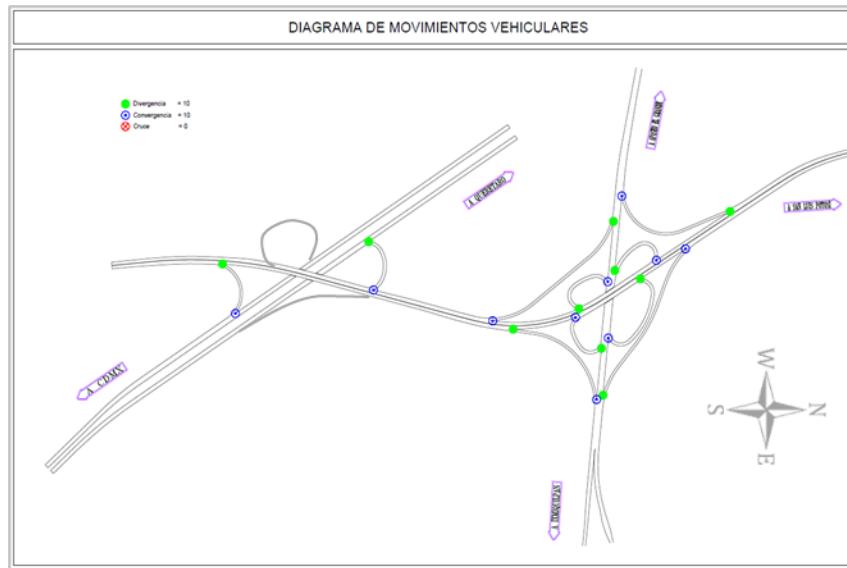
Elaboración propia, con información del cliente.

Figura 8 Entronque Arco Norte de la CDMX, km 38+800 (intermedio).



Elaboración propia, con información del cliente.

Figura 9 Entronque Polotitlán, km 83+300 (final).



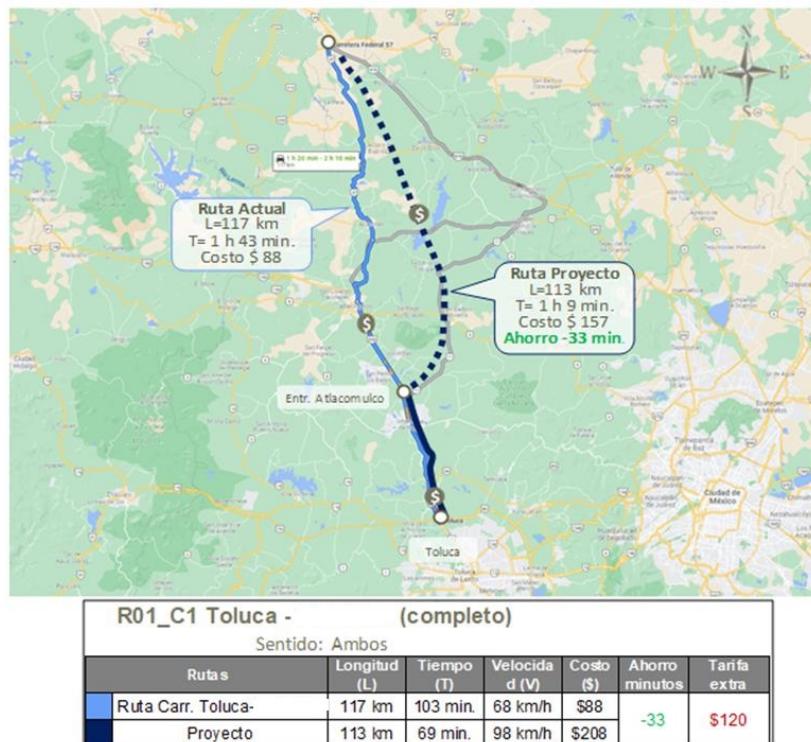
Elaboración propia, con información del cliente.

3.3 Ventajas Competitivas del proyecto

Con el fin de conocer los beneficios que ofrecerá el proyecto Autopista Atlacomulco - Polotitlán sobre su competencia, se llevó a cabo la estimación de las ventajas competitivas, las cuales se realizaron con base en las velocidades, distancias, tiempos y costos de tarifas, obtenidas de fuentes documentales disponibles como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y plataformas digitales, así como de la información levantada en campo.

Con base en la información recopilada, se obtuvieron los tiempos de recorrido y costos para usuarios en automóvil. Se comparó el tiempo y costo de viaje para usuarios que realizan los viajes. A continuación, se muestran las principales rutas de usuarios en automóvil en la zona de influencia.

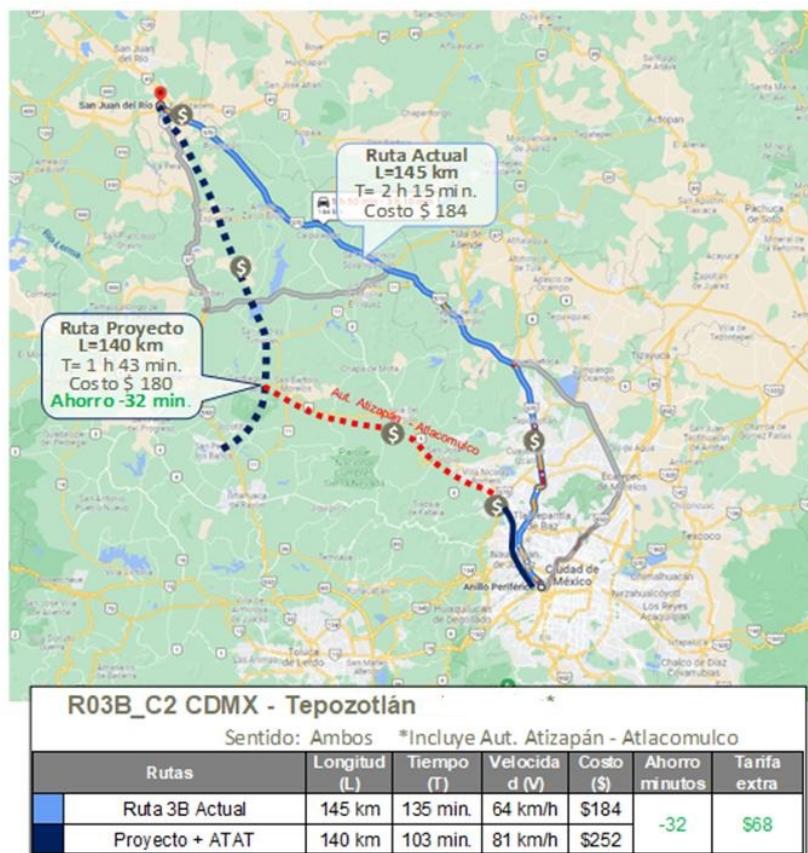
Figura 10. Ventaja competitiva 1, Ruta Toluca- Polotitlán



Nota: tarifas con IVA observadas a octubre 2021. Tarifa referencial para el proyecto estimada con promedio el \$/km de la zona de estudio. La ruta con proyecto incluye el peaje de la PC El Dorado.

Elaboración propia, 2021.

Figura 11. Ventaja competitiva 1, Ruta CDMX- Polotitlán



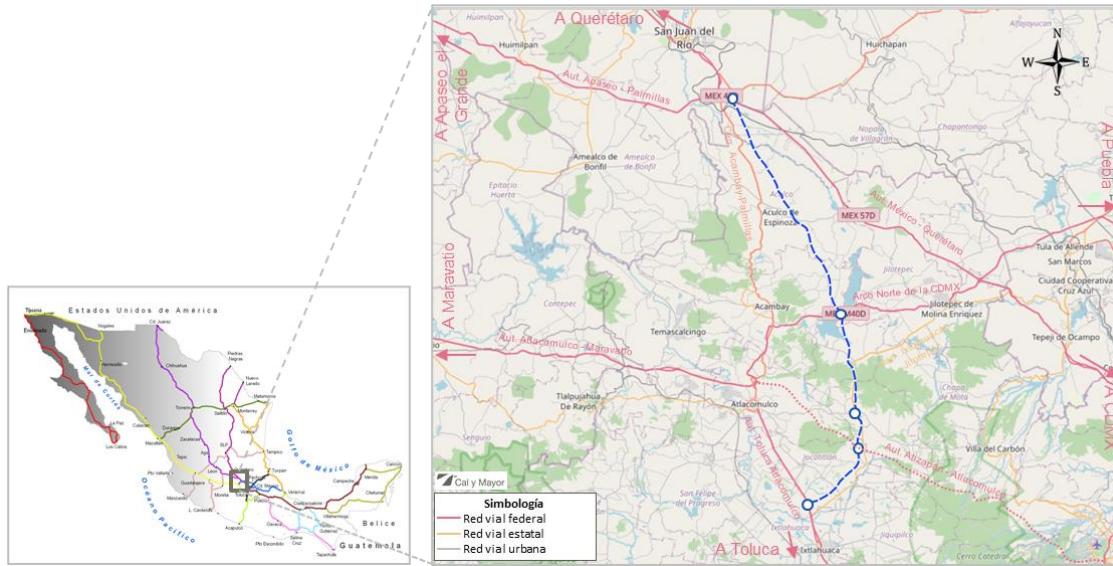
Nota: tarifas con IVA observadas a octubre 2021. Tarifa referencial para el proyecto estimada con promedio el \$/km de la zona de estudio. La ruta con proyecto incluye el peaje del tramo de la Aut. Atizapán-Atlacomulco.

Elaboración propia, 2021.

3.4 Entorno Económico

La realización del proyecto de Atlacomulco – Polotitlán plantea una alternativa de comunicación para la zona y, al interconectarse con las autopistas Polotitlán – Apaseo y Atizapán – Atlacomulco, logren la integración de un nuevo corredor que permita generar una ruta alternativa para conectar la región centro del país con la zona de El Bajío y, con ello, atender los distintos flujos de carga que se mueven en estas regiones.

Figura 12. Localización regional del proyecto



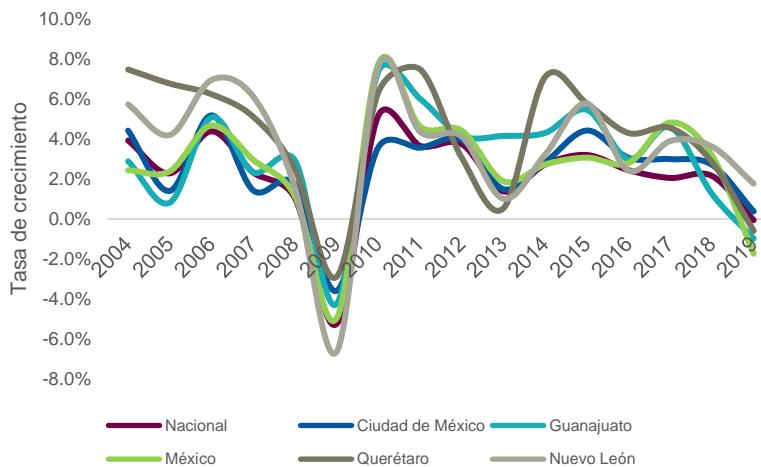
Elaboración propia, con información proporcionada por el cliente.

La realización del proyecto de Atlacomulco a Polotitlán impacta de forma directa a diversos estados circunvecinos, además de algunas otras entidades federativas por los viajes de largo recorrido, sobre todo para los vehículos de carga. Lo anterior, con base en la información de los viajes de atracción y producción.

La zona de influencia del proyecto se compone de la Ciudad de México, Guanajuato, Estado de México y Querétaro para los automóviles y Camiones Unitarios (CU), mientras para los camiones de carga (CAI y CAII) se agrega el estado de Nuevo León al análisis.

Para dar un contexto de la importancia de la actividad económica de los estados beneficiados y, de acuerdo a datos del SIREM, a continuación, se presenta la gráfica del crecimiento económico de los estados y el nacional.

Figura 13. Crecimiento económico a nivel nacional y Zona de influencia

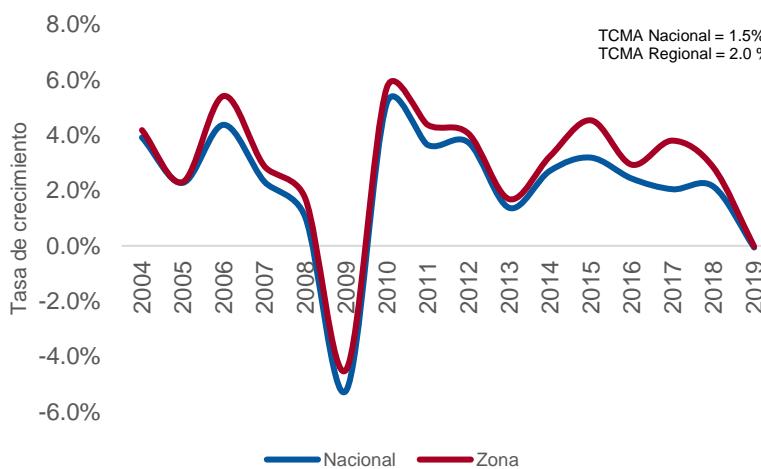


Elaboración propia Cal y Mayor y Asociados.

Las economías estatales presentan un comportamiento similar en la tendencia y tasas de crecimiento con la actividad nacional sobre todo Ciudad de México, Nuevo León y Estado de México en el periodo 2004-2019 (niveles prepandemia). A nivel nacional, la TCMA fue de 1.5% en el periodo referido, mientras que, para Ciudad de México, Guanajuato, Estado de México, Querétaro y Nuevo León fueron de 1.8, 2.4, 1.8, 3.1 y 2.6%, respectivamente.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento del crecimiento económico a nivel nacional y la suma de la zona, así como la TCMA.

Figura 14. Crecimiento económico a nivel nacional y zona de influencia 2004-2019

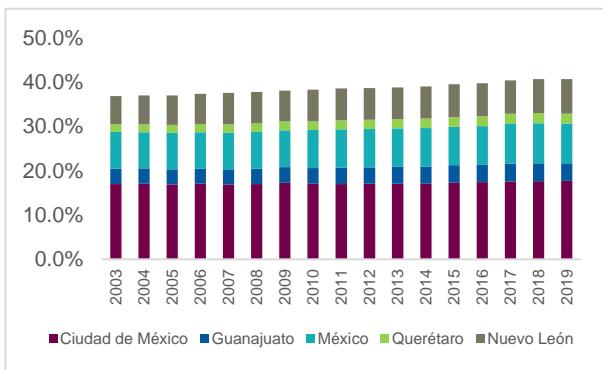


Elaboración propia Cal y Mayor y Asociados.

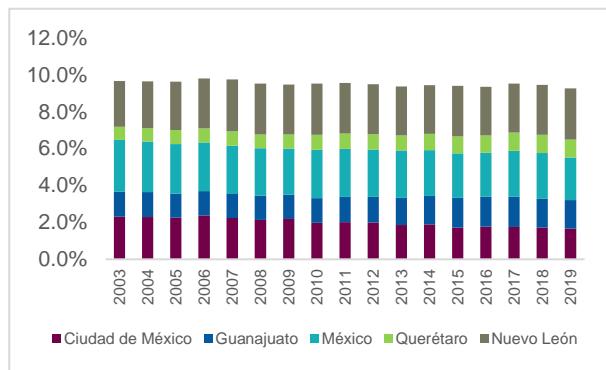
Nuevamente, la zona muestra un comportamiento mayor en sus tasas de crecimiento del periodo con respecto a la actividad nacional, sin embargo, en tendencia son similares. La Zona de influencia en su conjunto aportó el 38.6% del crecimiento económico del país entre el 2003 y el 2019, es decir, casi 4 de 10 pesos producidos en el país fue en esta zona. De destacar la CDMX que en el periodo mencionado aportó el 17.2%, seguido del Estado de México con 8.6%, Guanajuato y Querétaro con 2.7 y 2% y, finalmente, Nuevo León con 7.1%.

Figura 15. Conformación de la actividad económica de la zona de influencia respecto al nacional, 2003-2019

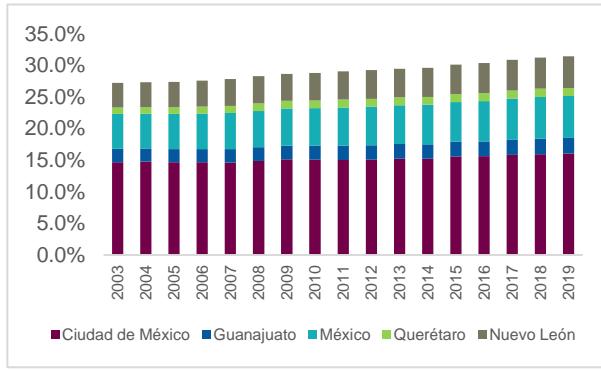
a) Total de las actividades económicas



b) Actividades primarias y secundarias



c) Actividades terciarias



Elaboración propia Cal y Mayor y Asociados.

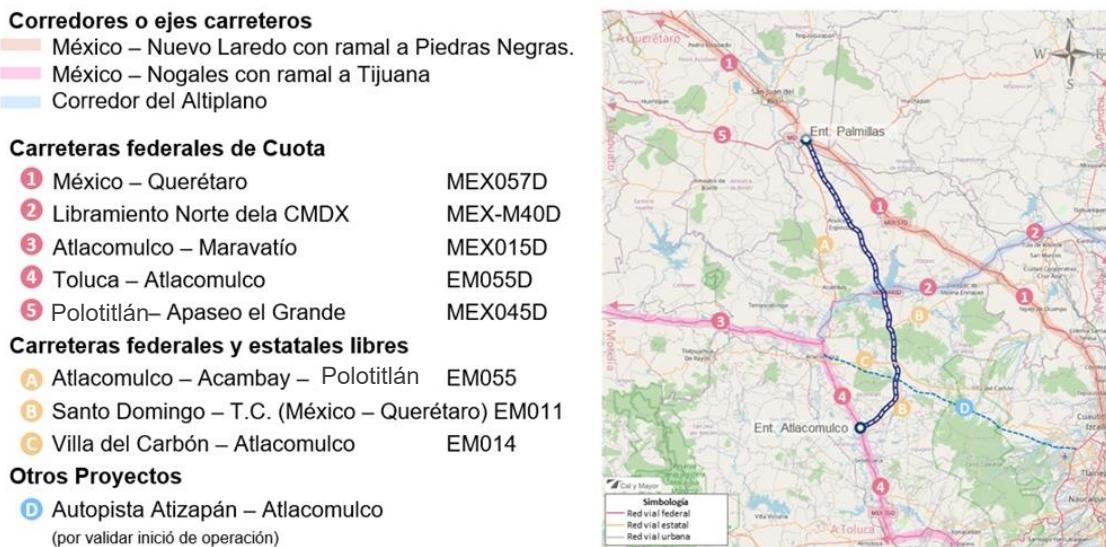
De acuerdo con la información presentada, la actividad económica predominante en la zona es el sector terciario; además, en conjunto, se nota una tendencia al alza en el periodo de análisis.

3.4.1 Red de influencia directa

La red de influencia directa considera vías federales y estatales libres y de cuota, las cuales tienen una relación con la operación la autopista en estudio. Dichas vías puedes ser actuales o también

futuros próximos a si operación, como es el caso de la autopista Atizapán – Atlacomulco (ATAT). En la siguiente figura se identifican la infraestructura vial u oferta existente en la zona de estudio.

Figura 16 Red de influencia directa



Elaboración propia con apoyo de Q-Gis y open Street maps.

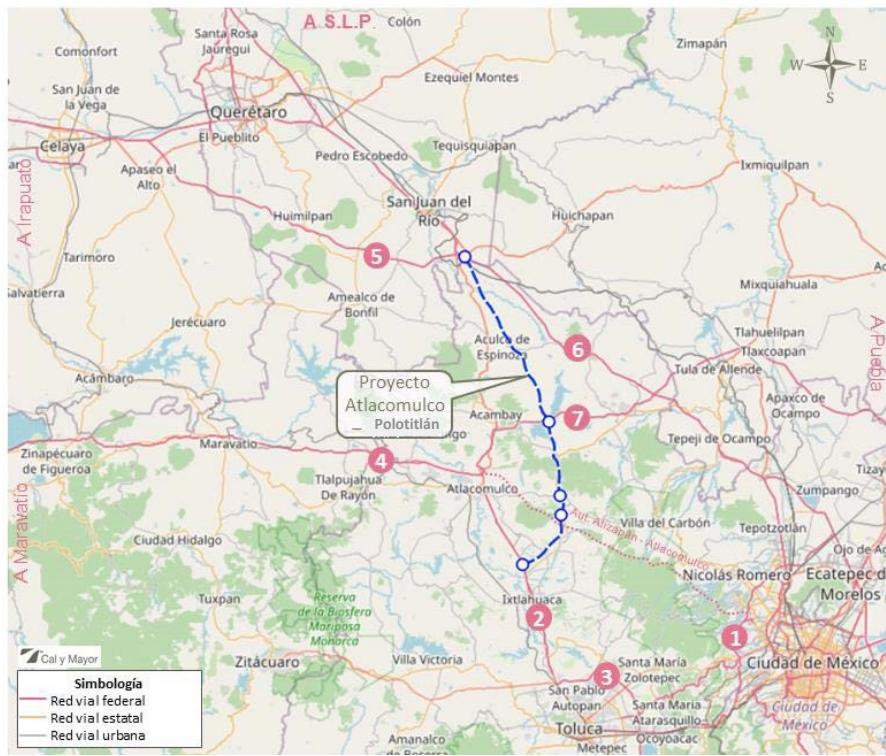
Como se puede aprecia en la figura anterior, el proyecto Atlacomulco – Polotitlán intercomunicará 3 corredores o ejes carreteros troncales que son; México – Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras, México – Nogales con ramal a Tijuana y el corredor del Altiplano. A demás que competirá principalmente con la autopista México -Querétaro (MEX057D) y la Carretera federal de cuota y libre Toluca – Atlacomulco – Polotitlán (EM055D y EM055).

3.5 Principales insumos

3.5.1 Tarifas

Para establecer la tarifa base del proyecto, se consideró como referencia el costo/kilómetro (\$/km) promedio de las vías de peaje en la zona de estudio. Dicho costo para cada tipo de vehículo se obtuvo de la identificación y análisis de 7 autopistas y libramientos de peaje que se ubican en la zona directa de estudio. Es importante mencionar, que las tarifas analizadas corresponden a precios observados en octubre de 2021 e incluyen el impuesto al valor agregado (IVA). En la siguiente figura y tabla se muestra los resultados de este análisis.

Figura 17 Autopistas de cuota de referencia para el \$/km



Elaboración propia, 2021

En la siguiente tabla, se muestra un análisis de los \$/km para cada autopista de referencia en la zona de estudio. Es importante mencionar que para el caso de la autopista Atizapán-Atlacomulco, la tarifa empleada para este proyecto, se obtuvo como referencia del libro blanco de la SCT publicado en octubre de 2018, página 39 tabla 11. https://www.sct.gob.mx/fileadmin/Transparencia/rendicion-de-cuentas/LB/01_LB.pdf, el cual se establece una tarifa para este proyecto, siendo esta actualizada por el factor de inflación a la fecha de octubre 2021.

Tabla 2. \$/km de autopistas urbanas y regionales de referencia

Autopista	AU	B	CU	CA1	CA2
Aut. Chamapa - Lechería	\$2.1	\$3.6	\$3.4	\$5.2	\$6.4
Aut. Toluca - Atlacomulco	\$1.7	\$3.6	\$3.8	\$8.2	\$13.2
Libramiento Poniente de Toluca	\$2.8	\$5.5	\$7.4	\$11.0	\$11.0
Aut. Atlacomulco - Maravatío	\$1.6	\$3.5	\$3.5	\$5.4	\$6.8
Aut. Polotitlán - Apaseo El Grande	\$1.7	\$3.7	\$4.0	\$6.5	\$9.2
Aut. México - Querétaro	\$1.1	\$2.3	\$2.9	\$5.4	\$6.4
Arco Norte de la CDMX	\$2.3	\$4.0	\$4.0	\$6.2	\$9.3
\$/km promedio de la zona de estudio					
Tarifa de referencia para el proyecto Atlacomulco-Polotitlán	\$2.0	\$3.1	\$4.4	\$7.3	\$9.4

Elaboración propia, 2021

3.5.2 Características físicas y operativas de la Red

Con la finalidad de registrar las características físicas y operativas de la red vial de influencia, se realizó una recopilación de bases de datos de plataformas digitales como Open Street Maps y se complementó con la información recopilada en campo a través de recorridos directos por consultor en las vías de competencia al proyecto.

La información recopilada consistió en revisar:

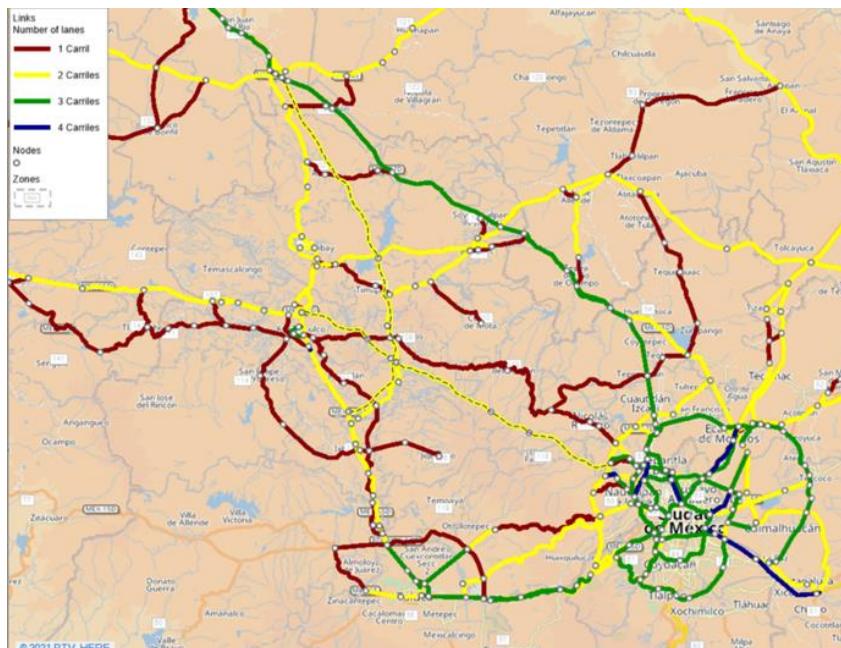
- Número de carriles, se determinó el número de carriles de la red vial relevante.
 - Velocidades, se recopiló información de tiempos de recorrido entre semana y fin de semana de las vías, a través del método de vehículo flotante, y posteriormente, se obtuvo las velocidades promedio de la red de influencia.

La información recopilada se describe a continuación y se muestra a detalle la información de las vías observadas.

3.5.2.1 Número de carriles

La red de influencia directa está compuesta mayormente de vías de 2 carriles por sentido de circulación para las vías de competencia del corredor 1 Toluca – Polotlán y de 3 carriles por sentido para el corredor 2 México – Querétaro.

Figura 18 Número de carriles en la red de influencia



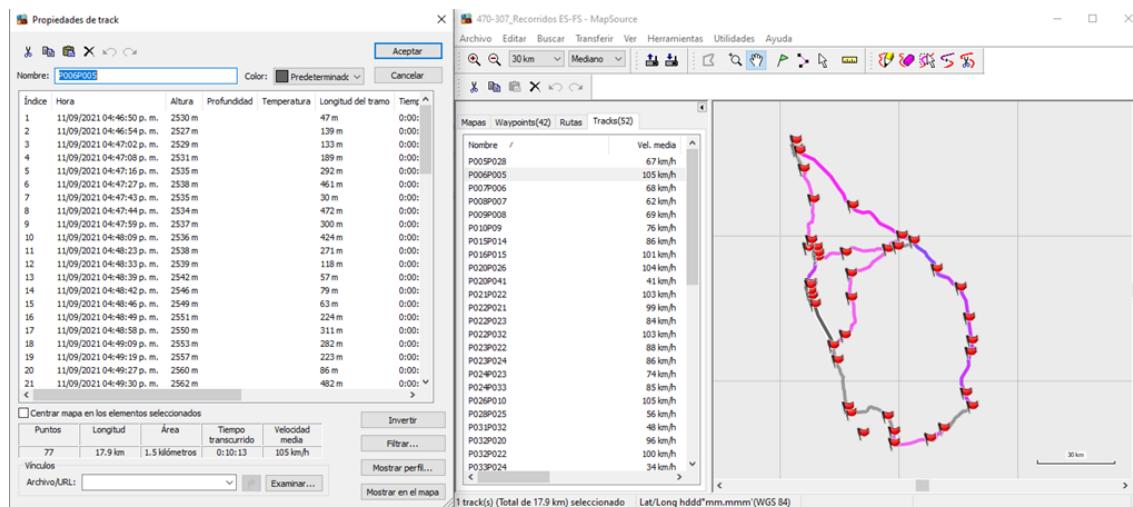
Elaboración propia, 2021

3.5.2.2 Velocidades

Para el levantamiento de información de tiempos de recorrido y velocidades, se consideró en primera instancia los datos recopilados de plataformas digitales como Google maps, posteriormente, para validar y complementar esta información se realizaron recorridos entre semana y fin de semana por las vías de competencia al proyecto, Dichos recorridos se realizaron pro el método de vehículo flotante para automóvil y con el apoyo de equipo GPS. Como se muestra en la figura siguiente el

procesamiento de los datos del GPS se obtuvo la velocidad promedio para los tramos de la red vial en la zona de estudio.

Figura 19 Levantamientos de tiempos de recorrido y velocidades en la red vial de estudio.

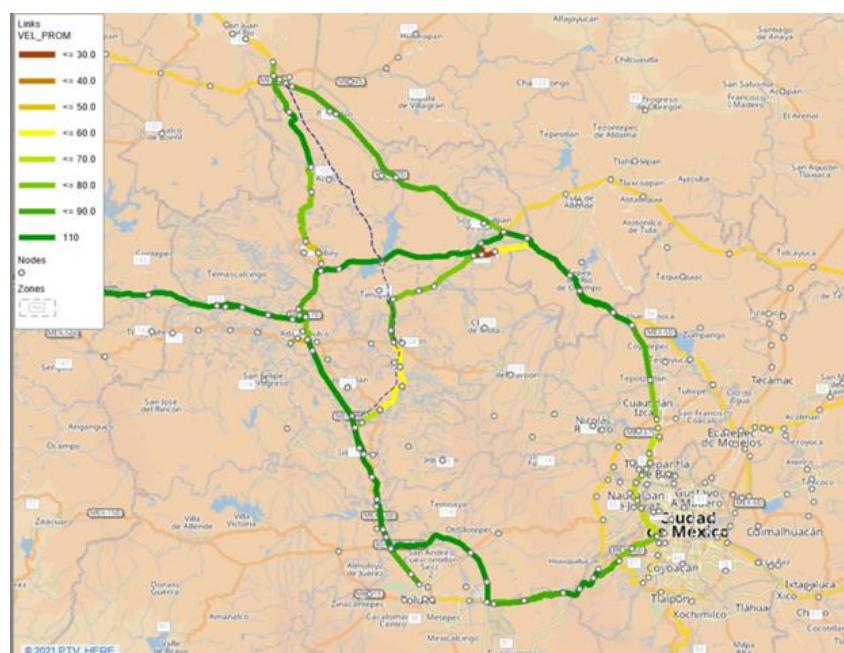


Elaboración propia, 2021

Por otro lado, en el caso de las velocidades estimadas en la red de influencia, se aprecian velocidades que van desde los 40 km/hr en algunas vías urbanas hasta los 110 km/hr o mayores principalmente en las autopistas como: México – Querétaro y Arco Norte de la CDMX.

En la siguiente imagen se muestran los resultados de la recopilación de características físicas y operativas.

Figura 20 Velocidades promedio en la red de influencia



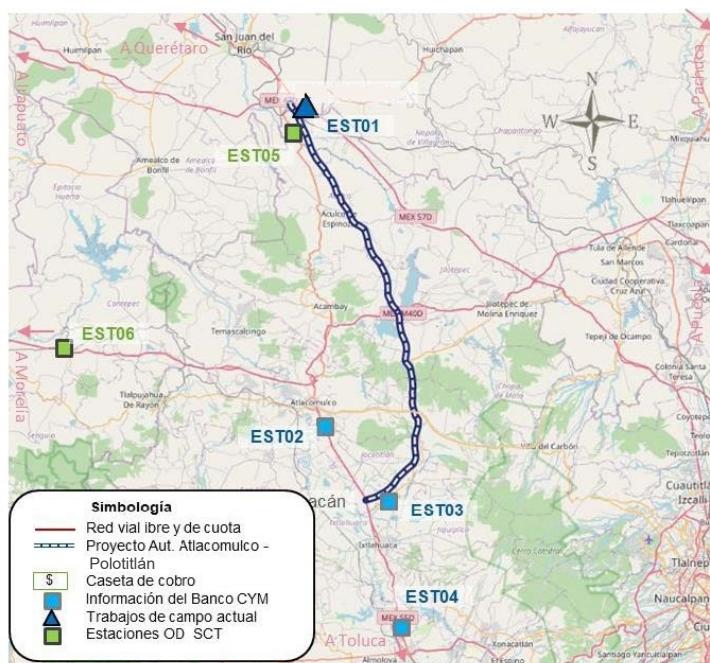
Elaboración propia, 2021

3.5.3 Encuestas Origen – Destino

Para el presente estudio se realizó el levantamiento de encuestas Origen – Destino en la estación maestra Plaza de Cobro Polotitlán y para complementar la demanda se consideraron estaciones OD del banco de datos del Consultor y de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Con base en esta información se obtuvo el origen - destino de los usuarios que transitan por la red de análisis y área de influencia, los viajes se codificaron y asignaron a las diferentes zonas previamente delimitadas ya sea a nivel municipal o a nivel estatal, el resultado fueron matrices de viaje, que serán insumo principal del modelo de transporte a partir de las cuales se pueden identificar los principales pares de viaje que se generan en la zona de estudio. Para este análisis, las matrices de viaje se generaron por tipo de vehículo (AU, CU, CA1 y CA2), que a su vez fueron agrupadas para en matrices de viaje correspondientes al corredor C1 Toluca – Polotitlán y corredor C2 México – Querétaro, dicha agrupación permitió caracterizar la demanda de acuerdo a la vía actual que usa (carretera Toluca Atlacomulco – Polotitlán o autopista México – Querétaro).

En la siguiente figura se muestra la ubicación de las estaciones OD de campo y complementarias que fueron consideradas para caracterizar la demanda y generar posteriormente las matrices que son insumos para el modelo de transporte.

Figura 21 Estaciones de encuesta OD



Elaboración propia, 2021

Tabla 3. Estaciones OD

Estación	Nombre	Ubicación
EST01*	PC Polotitlán	Autopista México - Querétaro
EST02**	PC Atlacomulco	Autopista Toluca - Atlacomulco
EST03**	PPS Jilotepec	PPS Ixtahuaca - Jilotepec
EST04**	PC El Dorado	Autopista Toluca -Atlacomulco
EST05**	San Sebastián	Carr. Fed. Toluca - Polotitlán
EST06***	PC Contepec	Autopista Maravatio – Atlacomulco.

*OD información primaria de campo. **OD información del banco de datos CYM, ***OD SCT.

Elaboración propia, 2021

En las siguientes figuras se muestra el formato de encuesta OD empleado en el levantamiento de información de campo para la estación EST01 PC Polotitlán, dicho formato fue diseño específicamente para el presente estudio y para cada tipo de vehículo.

Figura 22 Formato de encuesta OD, para automóvil

“ANÁLISIS DE TRÁFICO E INGRESOS PARA EL PROYECTO DE LA AUTOPISTA ATLACOMULCO – Polotitlán”

AUTOMÓVILES, VÍA CUOTA

Encuesta Origen-Destino



Sentido	(1-3) <input type="radio"/>	(2-4) <input type="radio"/>	(3-1) <input type="radio"/>	(4-2) <input type="radio"/>	Hora	Horario de 24 hrs	Fecha	Día	Mes	Año
Estación	POLOTITLÁN				Encuestador	<input type="text"/>	Supervisor	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

P1. ¿DÓNDE INICIÓ SU VIAJE?

ESTADO

Ciudad de México Estado de México Querétaro Jalisco
 Guanajuato Puebla SLP Otro: _____

MUNICIPIO/ DELEGACIÓN

COLONIA/LOCALIDAD Indicar: _____ REFERENCIA _____

P2. ¿DÓNDE TERMINA SU VIAJE?

ESTADO

Ciudad de México Estado de México Querétaro Jalisco
 Guanajuato Puebla SLP Otro: _____

MUNICIPIO/ DELEGACIÓN

COLONIA/LOCALIDAD Indicar: _____ REFERENCIA _____

P3. ¿CUÁL ES EL MOTIVO DE SU VIAJE?

Trabajo Recreación Compras Hogar Escuela Otros _____

P4. ¿CON QUE FRECUENCIA REALIZA ESTE VIAJE?

____ veces Diario Semanal Quincenal Mensual Anual solo por esta vez

P5.1. ¿A QUE HORA INICIO SU VIAJE?

____ Horas ____ Minutos

P5.3. APROXIMADAMENTE, ¿CUÁL ES EL TIEMPO DE ESTE VIAJE DESDE QUE INICIO HASTA QUE LLEGA A SU DESTINO?

____ Horas ____ Minutos

P6.1. ¿QUIÉN PAGÓ LOS COSTOS DE ESTE VIAJE?

Usted La empresa Otro: _____

P6.2BIS. ¿Cuánto pagará en peajes aproximadamente en este viaje?

¿Cuánto? \$ _____ TAG Efectivo Ambos Otro

P8. ¿CUÁL ES EL RANGO DE SU INGRESO MENSUAL?

P9.-1 P9.-2 P9.-3 P9.-4 P9.-5 P9.-6 P9.-7 P9.-8 P9.-9 (No Contesto) (Mostrar tabla de ingresos)

P9. A LA SEMANA, ¿CUÁNTO DINERO GASTA EN COMBUSTIBLE?

Indicar: \$ _____

P7. ¿EL VEHÍCULO QUE ESTÁ MANEJANDO ES...?

Propio Empresa Rentado Otro _____

P14. ¿CUÁNTAS PERSONAS VIAJAN EN EL VEHÍCULO?

(incluido conductor) _____ (Por observación) _____

Folio _____

Elaboración propia, 2021

Figura 23 Formato de encuesta OD, para camiones

"ANÁLISIS DE TRÁFICO E INGRESOS PARA EL PROYECTO DE LA AUTOPISTA ATLACOMULCO – Polotitlán"																					
CAMIONES, VÍA CUOTA Encuesta Origen-Destino																					
Sentido	(1-3)	(2-4)	(3-1)	(4-2)	Hora	Horario de 24 hrs	Día	Mes	Año												
Estación	POLOTITLÁN	Encuestador					0	9	2	0	2										
											1										
P1.	¿DÓNDE INICIÓ SU VIAJE? ESTADO																				
	<input type="radio"/> Ciudad de México	<input type="radio"/> Estado de México	<input type="radio"/> Querétaro	<input type="radio"/> Jalisco																	
	<input type="radio"/> Guanajuato	<input type="radio"/> Puebla	<input type="radio"/> SLP	Otro: _____																	
	MUNICIPIO/ DELEGACIÓN																				
	COLONIA/LOCALIDAD Indicar: _____																				
	REFERENCIA / Parque Industrial																				
P2.	¿DONDE TERMINA SU VIAJE? ESTADO																				
	<input type="radio"/> Ciudad de México	<input type="radio"/> Estado de México	<input type="radio"/> Querétaro	<input type="radio"/> Jalisco																	
	<input type="radio"/> Guanajuato	<input type="radio"/> Puebla	<input type="radio"/> SLP	Otra: _____																	
	MUNICIPIO/ DELEGACIÓN																				
	COLONIA/LOCALIDAD Indicar: _____																				
	REFERENCIA																				
P4.	¿CON QUE FRECUENCIA REALIZA ESTE VIAJE?																				
	<input type="checkbox"/> VECES	<input type="radio"/> Diario	<input type="radio"/> Semanal	<input type="radio"/> Quincenal	<input type="radio"/> Mensual	<input type="radio"/> Anual	<input type="radio"/> solo por esta vez														
P5.1	¿A QUE HORA INICIO SU VIAJE? Horas _____ Minutos _____																				
P5.3	APROXIMADAMENTE, ¿CUÁL ES EL TIEMPO DE ESTE VIAJE DESDE QUE INICIO HASTA QUE LLEGA A SU DESTINO? Horas _____ Minutos _____																				
P10.	¿QUÍEN ES EL PROPIETARIO DEL CAMIÓN?																				
	<input type="radio"/> Propio	<input type="radio"/> La empresa	Nombre de la Empresa: _____																		
P11.	¿CUÁNTAS TONELADAS TRANSPORTA? (Aproximadamente)																				
	Otra Unidad de medida _____																				
P12	¿QUÉ TIPO DE CARGA TRANSPORTA? Indicar: _____																				
	No sabe <input type="radio"/> Vacio: No <input type="radio"/> Si <input type="radio"/>																				
P6.1	¿QUÍEN PAGA LOS COSTOS DE ESTE VIAJE? <input type="radio"/> Usted <input type="radio"/> La empresa <input type="radio"/> Otro: _____																				
P6.2BIS	¿Cuánto pagará en peajes aproximadamente en este viaje? ¿Cuánto? \$ _____																				
P15.1	Número de ejes del vehículo					P15.2 TIPO DE CAJA															
	<input type="checkbox"/> Camión 2 ejes	<input type="checkbox"/> Camión 3 ejes	<input type="checkbox"/> Camión 4 ejes	<input type="checkbox"/> Camión 5 ejes	<input type="checkbox"/> Camión 6 ejes	<input type="checkbox"/> Camión 7 ejes	<input type="checkbox"/> Camión 8 ejes	<input type="checkbox"/> Camión 9 ejes	<input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Trailer sin caja	<input type="checkbox"/> Caja Seca	<input type="checkbox"/> Caja refrigerada	<input type="checkbox"/> Platfroma	<input type="checkbox"/> Contenedor	<input type="checkbox"/> Pipa de agua	<input type="checkbox"/> Redillas	<input type="checkbox"/> Maletas	<input type="checkbox"/> Piezas de metal peligroso	<input type="checkbox"/> Revolvedora	<input type="checkbox"/> Volteo	<input type="checkbox"/> Otro
	(Observación directa del encuestador)											Nota: ver imagen de tipo de caja									
												Folio _____									

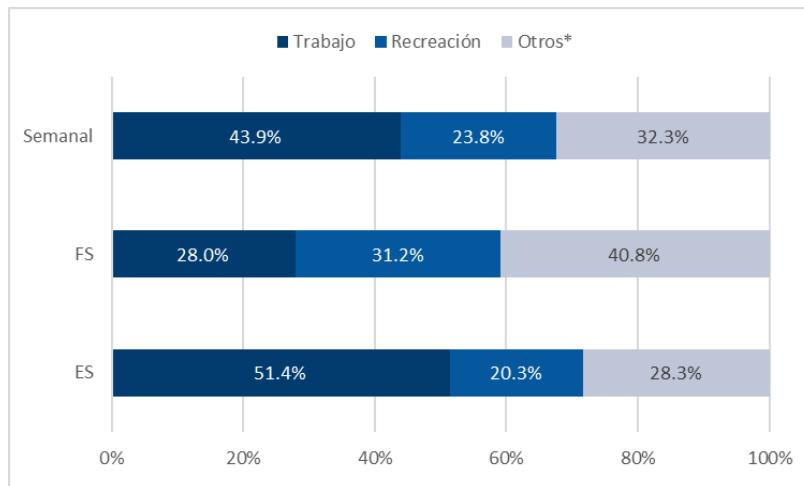
Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta la caracterización de la OD de la estación maestra EST01 Polotitlán, que corresponde el levantamiento de información primaria de campo.

3.5.3.1 Motivo de viaje

Conforme a los datos recopilados en campo entre semana el 51.4% de los viajes se realiza por motivo trabajo, participación que se reduce en fin de semana a 28.0% por el incremento de viajes por motivo recreación, hogar, compra, visita familiar entre otros.

Figura 24 Distribución porcentual por motivo de viaje en automóvil



*Otros motivos; Hogar, compras, estudio, visita familiar, otros.

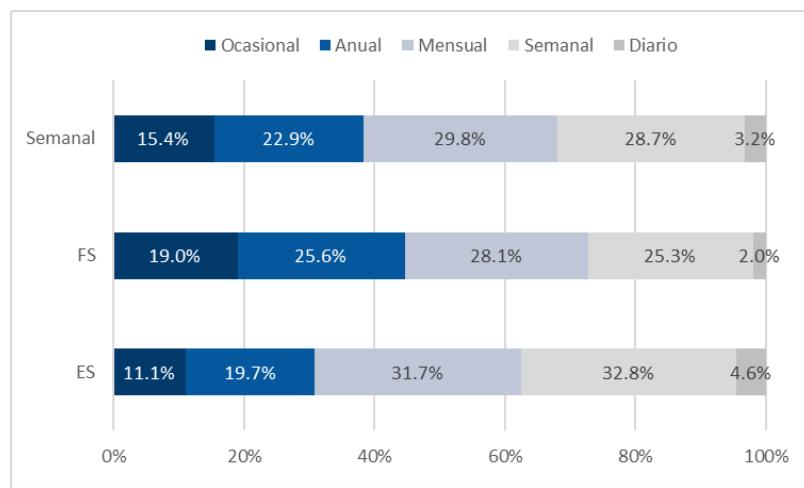
Elaboración propia con información de campo, 2021

3.5.3.2 Frecuencia de viaje

- Automóviles

La frecuencia de viaje para los automóviles se concentra en los viajes semanales y mensuales, por lo que se considera que los usuarios corresponden a una demanda muy constante y permanente.

Figura 25 Distribución porcentual por frecuencia de viaje en automóvil

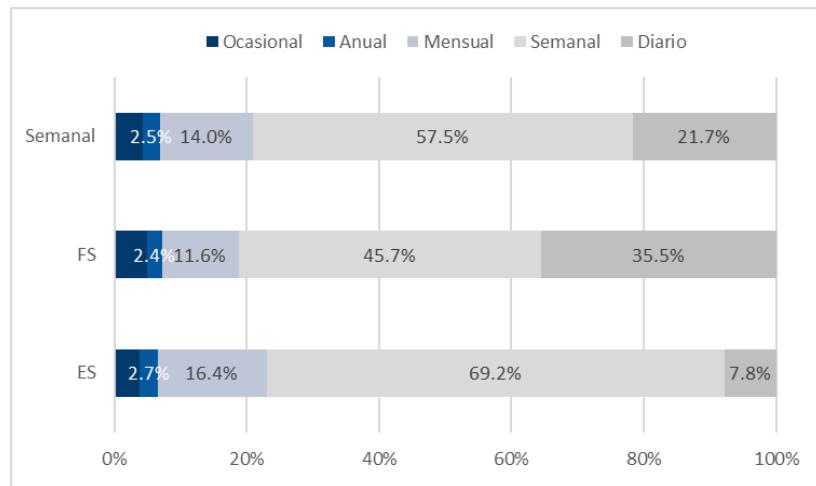


Elaboración propia con información de campo, 2021

- Camiones

En el caso de los camiones las frecuencias de viajes son muy altas, radicando en viajes semanales y diarios, como respuesta al ser viajes pertenecientes a dos principales corredores carreteros longitudinales a nivel país. La frecuencia semana de los viajes en promedio es del 57.5% de la demanda que circula por la zona de estudio.

Figura 26 Distribución porcentual por frecuencia de viaje en automóvil



Elaboración propia con información de campo, 2021

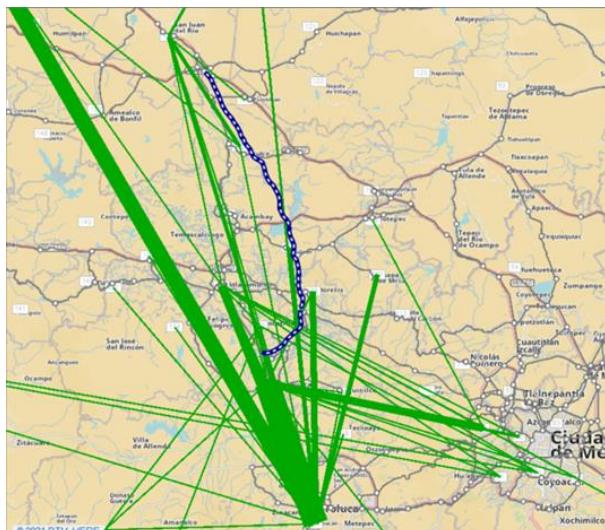
3.5.3.3 Líneas de Deseo

Como se mencionó anteriormente, las encuestas OD permitieron obtener las matrices Origen – Destino para cada tipo de vehículo (AU, CU, CA1 y CA2), agrupando también la demanda por tipo de corredor; C1 Toluca – Polotitlán y C2 CDMX – Querétaro. En las siguientes figuras se muestra las matrices de viajes asignadas en la situación actual, lo cual permite observar e identificar los flujos o patrones de viajes que captará el proyecto.

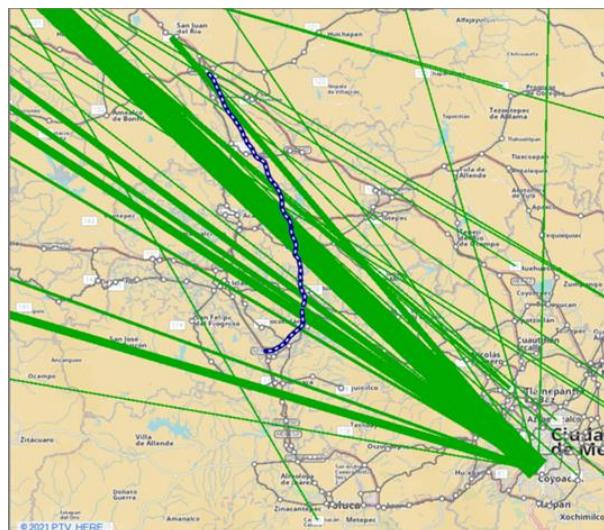
Con base en las matrices OD se presentan las líneas de deseo en las principales zonas generadoras y atractoras de viajes.

Figura 27 Principales flujos de viaje en automóvil

Corredor C1 Toluca - Polotitlán



Corredor C2 CDMX - Querétaro

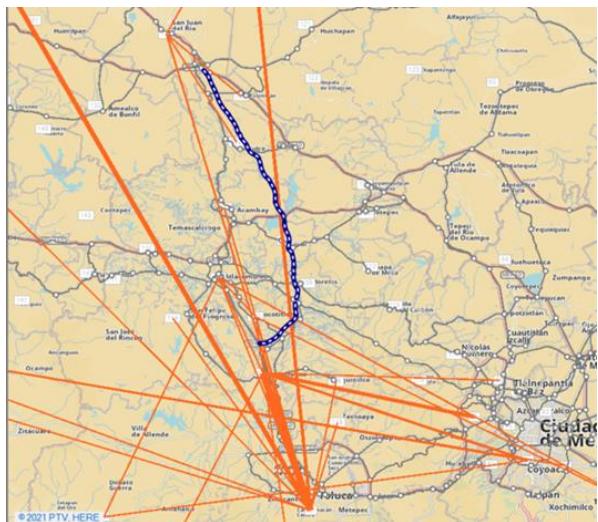


Elaboración propia, con información de campo y apoyo de VISUM.

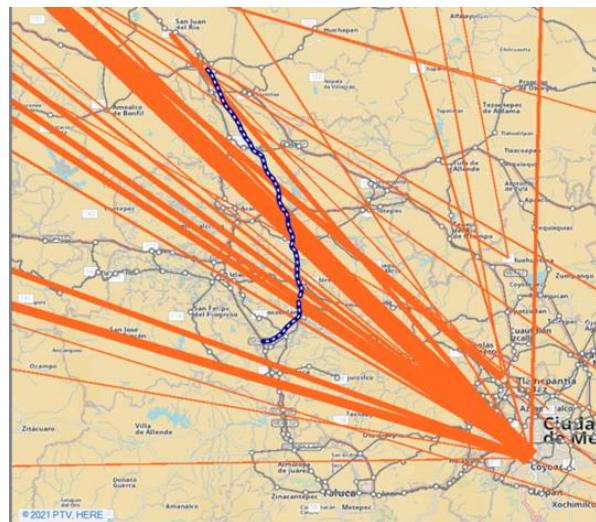
Para el corredor C1 Toluca-Polotitlán, los automóviles se caracterizan por tener un recorrido regional entre la zona metropolitana de Toluca con destinos o orígenes principalmente hacia Querétaro y San Juan del Río. En el caso del corredor C2 CDMX – Querétaro, la ruta actual por la autopista México – Querétaro concentra la totalidad de los viajes hacia Querétaro y la zonas del bajío como Celaya, León Guanajuato, entre otras ciudades, dicha demanda representa un flujo potencial relevante al proyecto Autopista Atlacomulco- Polotitlán, es importante mencionar que para lograr la integración completa del proyecto es la zona deberá existir y operar la autopista Atizapán – Atlacomulco, para que ambos proyectos sean la alternativa competitiva de estos viajes.

Figura 28 Principales flujos de viaje en CU

Corredor C1 Toluca - Polotitlán



Corredor C2 CDMX - Querétaro

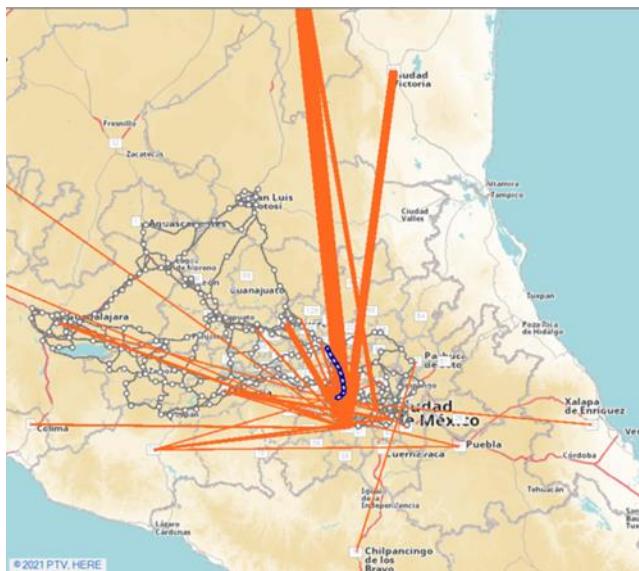


Elaboración propia, con información de campo y apoyo de VISUM.

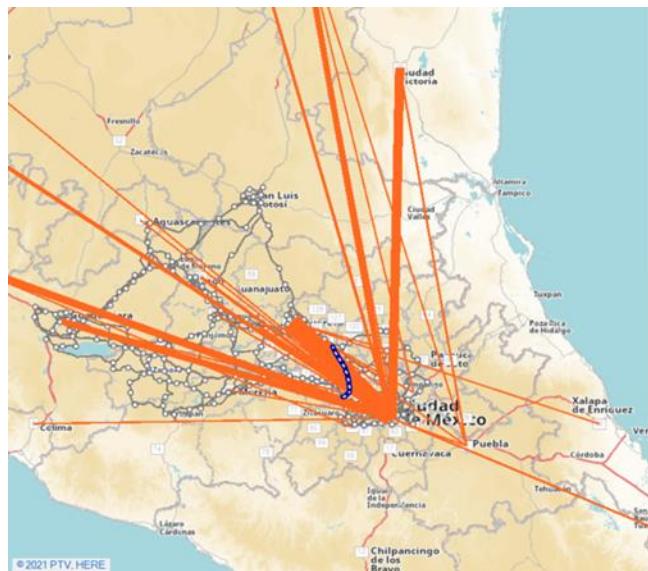
En el caso de los viajes obtenidos para el segmento Camión Unitario, estos se muestran ya con un carácter más regional principalmente en el corredor C2 CDMX - Querétaro, al tener recorridos más largos. Al igual que los automóviles, se captarán pares de viaje potenciales al proyecto una vez que se complemente con la autopista ATAT.

Figura 29 Principales flujos de viaje en CA1

Corredor C1 Toluca - Polotitlán



Corredor C2 CDMX - Querétaro

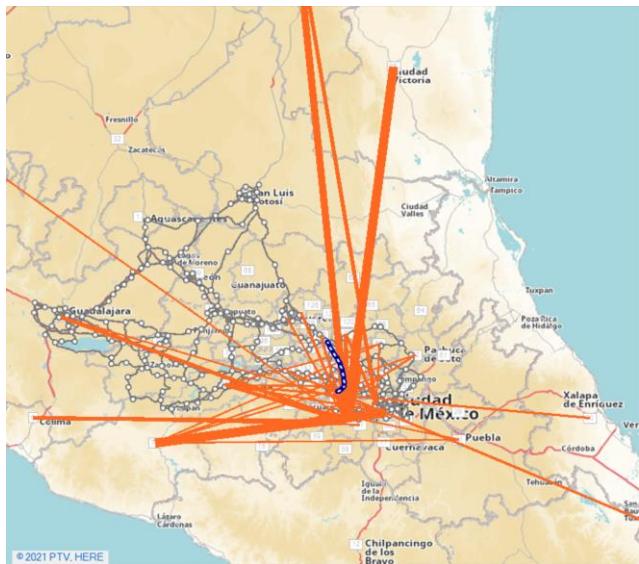


Elaboración propia, con información de campo y apoyo de VISUM.

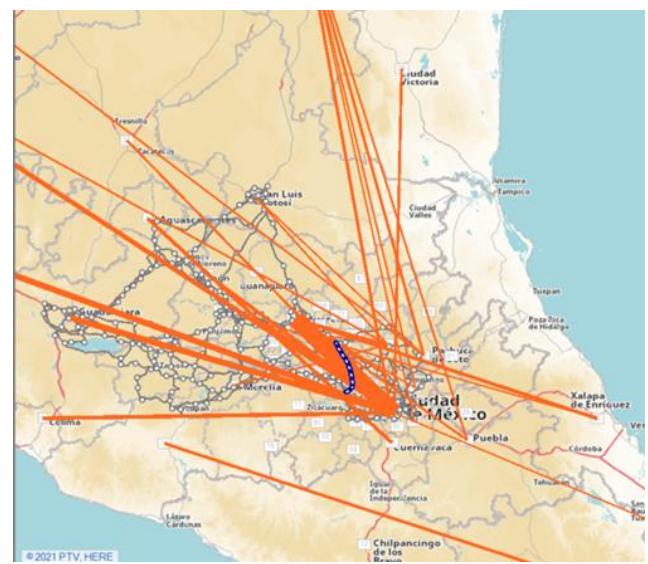
En el caso de los Camiones Articulados 1, los pares de viajes obtenidos son de carácter nacional en su mayoría, dando con esto una idea clara que son de largo recorrido. Los principales polos generadores y atractores de viajes son la zona noreste del país.

Figura 30 Principales flujos de viaje en CA2

Corredor C1 Toluca - Polotitlán



Corredor C2 CDMX - Querétaro



Elaboración propia, con información de campo y apoyo de VISUM.

Finalmente, los Camiones Articulados 2, también son flujo de carácter nacional, aunque también existen viajes generados en el corredor industrial del bajío (Celaya, Guanajuato, Irapuato, León), así como viajes hacia Jalisco.

3.5.4 Encuestas de Preferencia Declarada (PD)

A partir de este tipo de encuestas, se busca inferir las preferencias individuales de los usuarios para una serie de situaciones construidas de forma hipotética. Es así que el proyecto de la Autopista Atlacomulco – Polotitlán, al ser una nueva infraestructura que aún no está construida, es un buen caso para desarrollar un conjunto de escenarios hipotéticos con ahorros de tiempo que esta vialidad realizaría a cambio del cobro de una cuota. Por lo cual, se diseñó una encuesta que permitiera entrevistar a los usuarios de automóviles y camiones de carga que podrían ser potenciales al uso de este nuevo viaducto.

La encuesta fue diseñada para ser aplicada a través de entrevista directa a pie de carretera, con un grupo de encuestadores capacitados previamente. El cuestionario fue impreso en papel y posteriormente capturado y codificado a través de una serie de plantillas de captura que permitieron la generación de la base de datos electrónica de la encuesta. El formato empleado en esta toma de información se muestra a continuación.

Figura 31 Formato de encuesta de preferencia declarada, automóviles

Encuesta PD	Encuestador	Supervisor	Horario	:	dd	Sep	2021	Folio	
Estación									
1. ¿Cuál es su tiempo de viaje desde su origen al destino? <input type="text"/> Horas <input type="text"/> Minutos Menos 1 hr-Cancela									
Mostrar mapa y explique el proyecto									
2. Este proyecto, ¿le serviría en sus viajes? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No (Cancela encuesta)									
3. En este viaje ¿Cuánto considera pagar de casetas? <input type="text"/> \$									
A continuación le voy a presentar 6 opciones con distintas combinaciones de ahorros de tiempo y costos que podría considerar para realizar su viaje si utiliza la nueva autopista EN LUGAR de la ACTUAL caseta Palmillas. Le pido que evalúe cada opción y considere si con estos ahorros de tiempo y costos; usted SÍ utilizaría este nuevo proyecto, NO usaria el nuevo proyecto o LE DA IGUAL usar la carretera actual o el nuevo proyecto. Recuerde que no hay respuestas correctas o incorrectas, sólo queremos conocer su opinión.									
34-B	Auto	Opción	Ahorro (min)	Pago (\$)	Respuesta	E1 Si las respuestas NO tuvieron variación, ¿por qué?			
					<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> S _u <input type="checkbox"/> N _o	<input type="radio"/> No es real lo que preguntan	<input type="radio"/> Es muy caro		
	1	40	\$ 200			<input type="radio"/> Mi ruta actual me parece mejor	<input type="radio"/> No puedo cambiar mi ruta		
	2	30	\$ 80			<input type="radio"/> Si me gustaría usar el nuevo proyecto	<input type="radio"/> El proyecto me parece más seguro		
	3	45	\$ 150			<input type="radio"/> Otro _____	<input type="radio"/> Es muy barato		
	4	40	\$ 90						
	5	30	\$ 120						
6	25	\$ 60							
E2 ¿Cuál es la cantidad máxima que estaría dispuesto a pagar por esta nueva autopista? <input type="text"/> \$ <input type="text"/> Hr <input type="text"/> Min									
E3 ¿Cuánto tiempo de viaje debería ahorrar esta autopista para que la considere buena opción? <input type="text"/> Hr <input type="text"/> Min									
4. ¿Dónde inició su viaje? 5. ¿Dónde termina su viaje?									
Estado				Estado					
Municipio				Municipio					
6. ¿Cuál es el motivo del viaje? <input type="radio"/> Trabajo <input type="radio"/> Paseo <input type="radio"/> Compras <input type="radio"/> Hogar <input type="radio"/> Escuela <input type="radio"/> Salud/Médico									
<input type="radio"/> Otro									
7. ¿Con qué frecuencia realiza el viaje? <input type="checkbox"/> Veces <input type="checkbox"/> Día <input type="checkbox"/> Semana <input type="checkbox"/> Quincena <input type="checkbox"/> Mes <input type="checkbox"/> Año <input type="checkbox"/> Solo esta vez									
8. ¿Quién paga los costos del viaje? <input type="radio"/> Usted <input type="radio"/> Empresa <input type="radio"/> Familiar / Amigo									
9. El vehículo que está manejando es: <input type="radio"/> Propio <input type="radio"/> Empresa <input type="radio"/> Rentedo									
10. ¿Cuánto gasta en combustible? <input type="text"/> \$ <input type="text"/> Día <input type="text"/> Semana <input type="text"/> Quincena <input type="text"/> Este viaje									
11. ¿Cuál es su rango de ingreso mensual? <input type="text"/> 1 <input type="text"/> 2 <input type="text"/> 3 <input type="text"/> 4 <input type="text"/> 5 <input type="text"/> 6 <input type="text"/> 7 <input type="text"/> 8 <input type="text"/> 9 <input type="checkbox"/> No contesta									

Elaboración propia Cal Y Mayor y Asociados.

Figura 32 Formato de encuesta de preferencia declarada, camiones

Encuesta PD		Encuestador	Horario	:	dd	Sep	2021	Folio																																												
	Supervisor																																																			
Entación																																																				
1. ¿Cuál es su tiempo de viaje desde su origen al destino? Horas: _____ Minutos: _____ Menos 1 hr=Cancela																																																				
Mostrar mapa y explique el proyecto																																																				
2. Este proyecto, ¿le serviría en sus viajes? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No [Cancelar encuesta]																																																				
3. En este viaje ¿Cuánto considera pagar de casetas? \$ _____																																																				
12. ¿Cuál es el número de ejes del camión? <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Usar CU <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> Usar CA																																																				
A continuación le voy a presentar 6 opciones con distintas combinaciones de ahorros de tiempo y costos que podría considerar para realizar su viaje si utiliza la nueva autopista EN LUGAR de la ACTUAL caseta Palmillas. Le pido que evalúe cada opción y considere si con estos ahorros de tiempo y costos, usted sí utilizaría este nuevo proyecto. NO usaría el nuevo proyecto o LE DA IGUAL usar la carretera actual o el nuevo proyecto. Recuerde que no hay respuestas correctas o incorrectas, sólo queremos conocer su opinión.																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Camiones 2, 3, 6 ejes</th> <th colspan="2">Camiones 5 ejes o más</th> </tr> <tr> <th>CU</th> <th>Opción</th> <th>Ahorro (min)</th> <th>Pago (\$)</th> <th>Respuesta</th> <th>CA</th> <th>Opción</th> <th>Ahorro (min)</th> <th>Pago (\$)</th> <th>Respuesta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">7-A</td> <td>1</td> <td>50</td> <td>\$ 250</td> <td><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No</td> <td rowspan="6">89-A</td> <td>1</td> <td>50</td> <td>\$ 250</td> <td><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>55</td> <td>\$ 420</td> <td><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>35</td> <td>\$ 150</td> <td><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>45</td> <td>\$ 250</td> <td><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>55</td> <td>\$ 200</td> <td><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>35</td> <td>\$ 350</td> <td><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No</td> </tr> </tbody> </table>									Camiones 2, 3, 6 ejes		Camiones 5 ejes o más		CU	Opción	Ahorro (min)	Pago (\$)	Respuesta	CA	Opción	Ahorro (min)	Pago (\$)	Respuesta	7-A	1	50	\$ 250	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No	89-A	1	50	\$ 250	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No	2	55	\$ 420	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No	3	35	\$ 150	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No	4	45	\$ 250	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No	5	55	\$ 200	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No	6	35	\$ 350	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No
Camiones 2, 3, 6 ejes		Camiones 5 ejes o más																																																		
CU	Opción	Ahorro (min)	Pago (\$)	Respuesta	CA	Opción	Ahorro (min)	Pago (\$)	Respuesta																																											
7-A	1	50	\$ 250	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No	89-A	1	50	\$ 250	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No																																											
	2	55	\$ 420	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No																																																
	3	35	\$ 150	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No																																																
	4	45	\$ 250	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No																																																
	5	55	\$ 200	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No																																																
	6	35	\$ 350	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tampoco <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/> No																																																
E1. Si las respuestas NO tuvieron variación, ¿por qué?																																																				
<input type="radio"/> No es real lo que preguntan <input type="radio"/> Mi ruta actual me parece mejor <input type="radio"/> No puedo cambiar mi ruta <input type="radio"/> Es muy caro																																																				
<input type="radio"/> Si me gustaría usar el nuevo proyecto <input type="radio"/> El proyecto me parece más seguro <input type="radio"/> Es muy barato																																																				
<input type="radio"/> Otro																																																				
E2. ¿Cuál es la cantidad máxima que estaría dispuesto a pagar por esta nueva autopista? \$ _____																																																				
E3. ¿Cuánto tiempo de viaje debería ahorrarse esta autopista para que la considere buena opción? _____ Hr _____ Min																																																				
4. ¿Dónde inició su viaje? 5. ¿Dónde termina su viaje?																																																				
Estado _____ Municipio _____				Estado _____ Municipio _____																																																
13. ¿Qué carga transporta? <input type="radio"/> Vacío <input type="radio"/> Otro																																																				
14. ¿Cuántas toneladas aproximadamente?																																																				
7. ¿Con qué frecuencia realiza el viaje? _____ Veces Día Semana Quincena Mes Año Solo esta vez																																																				
8. ¿Quién paga los costos del viaje? <input type="radio"/> Usted <input type="radio"/> Empresa <input type="radio"/> Familiar / Amigo																																																				
16. ¿Cuál es su forma de pago? <input type="radio"/> Efectivo <input type="radio"/> Tag																																																				
9. El vehículo que está manejando es: <input type="radio"/> Propio <input type="radio"/> Empresa <input type="radio"/> Rentado																																																				
15. ¿Quién define la ruta de su viaje? <input type="radio"/> Usted <input type="radio"/> Empresa <input type="radio"/> Otro																																																				

Elaboración propia Cal Y Mayor y Asociados.

La recopilación de la información fue realizada los días 11 a 18 de septiembre del año en curso. En un horario de 7:00 a 19:00 horas. Los sitios de encuesta fueron diversos paraderos y gasolineras del área de estudio, así como la caseta Polotitlán de la autopista México – Querétaro.

La verificación de los diseños fue realizada en campo a través de un monitoreo de los resultados de las primeras encuestas del día 11 de septiembre en campo. Se observó que los entrevistados sí comprendían el experimento, por lo cual se decidió mantener los diseños y el formato de encuesta.

Se recopilaron un total de 852 encuestas PD, de las cuales se realizó una depuración de la información, verificando la adecuada consistencia de las preguntas filtro y de la consistencia de la información de preferencia. De esta manera, se trabajó con una base de 714 encuestas lo que equivale a 362 automóviles, 114 camiones unitarios, 134 camiones articulados de 5 y 6 ejes y 104 camiones articulados de 7 ejes o más.

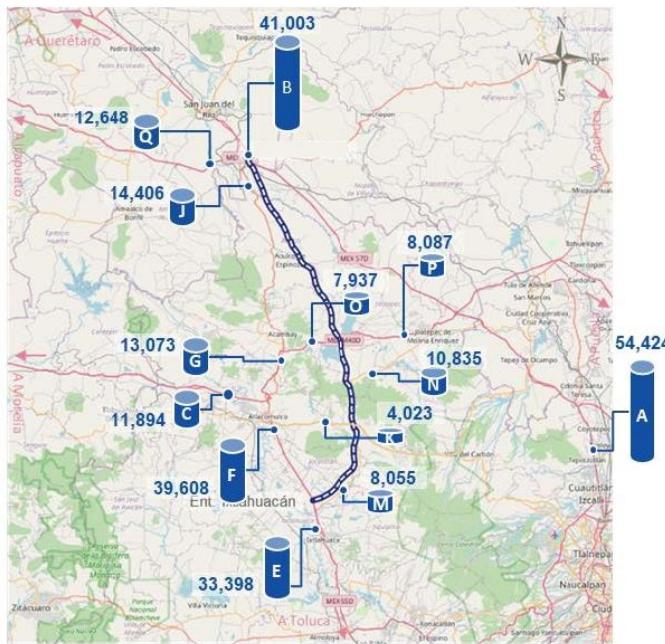
3.6 Análisis de la demanda

3.6.1 Aforos en las vías de influencia

Con el objetivo de conocer la distribución de la demanda en el tiempo, se recopilaron datos viales de la red vial de influencia. Esta información sirvió como elemento básico para la actualización de la base de datos de aforos de las estaciones pertenecientes al banco de datos de Cal y Mayor y Asociados realizados en la zona de influencia, así como para conocer los volúmenes vehiculares en la red vial de estudio.

En la siguiente figura se muestra la información de volúmenes recopilados de las estaciones de Datos Viales SCT.

Figura 33 TPDA 2019 en la red vial de estudio, conforme DV-SCT.



Elaboración propia, con información de Datos Viales SCT.

Tabla 4. TPDA 2019 en la red vial de estudio, DV-SCT.

Datos Viales SCT, TPDA 2019.

Carretera	Clave	Estación	Total	AU	B	C	AU %	B %	C %
México - Querétaro	MEX-057D	A Caseta Tepotzotlán	54,424	38,141	2,240	14,043	70.1%	4.1%	25.8%
		B Caseta Polotitlán	41,003	23,935	1,645	15,422	58.4%	4.0%	37.6%
Atlacomulco - Maravatío	MEX-015D	C Caseta San Juanico	11,894	8,236	897	2,761	69.2%	7.5%	23.2%
		E Pastejé	33,698	27,603	755	5,339	81.9%	2.2%	15.8%
Toluca – (cuota y libre)	MEX-015D	F Atlacomulco	39,608	32,464	926	6,219	82.0%	2.3%	15.7%
		G X.C. Lib. Norte de la CDMX	13,073	10,801	318	1,954	82.6%	2.4%	14.9%
Villa del Carbón - Atlacomulco	EM-005	J T. C. Polotitlán	14,406	11,245	374	2,786	78.1%	2.6%	19.3%
		K T. Der. San Bartolo Morelos	4,203	3,682	9	513	87.6%	0.2%	12.2%
Santo Domingo - T. C. (México - Querétaro)	EM-011	M X. C. Los Reyes - Ixtlahuaca	8,055	6,763	82	1,210	84.0%	1.0%	15.0%
		N T. Der. Chapa de Mota	10,835	8,743	226	1,866	80.7%	2.1%	17.2%
Lib. Norte de la CDMX	EM-011	O X. C. Toluca -	7,937	4,818	788	2,332	60.7%	9.9%	29.4%
		P C. P. Jilotepec	8,087	5,076	597	2,414	62.8%	7.4%	29.8%
Polotitlán - Apaseo el Grande (Cuota)	MEX-045D	Q Polotitlán	12,648	7,238	1,172	4,237	57.2%	9.3%	33.5%

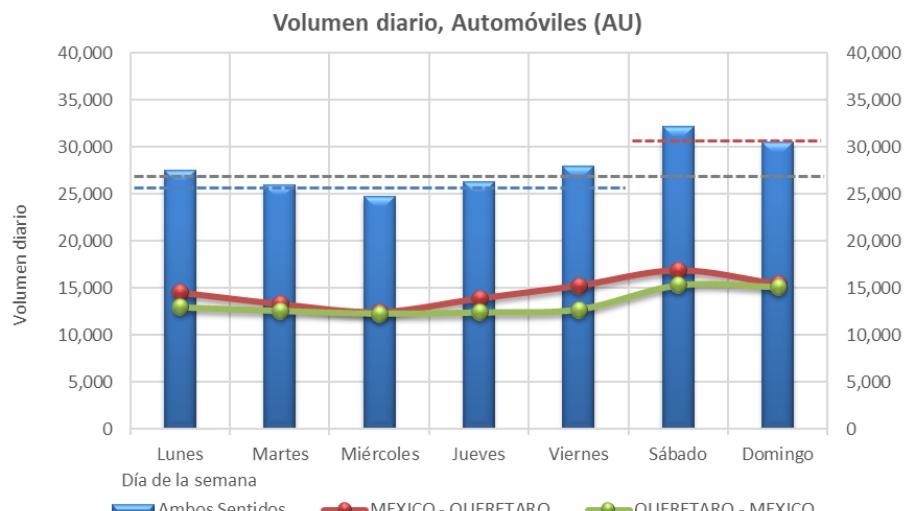
Elaboración propia, con información de Datos Viales SCT.

3.6.2 Aforos automáticos en la PC Polotitlán

Para complementar la información recaba de las estaciones de Datos Viales SCT, y conocer el comportamiento horario de los vehículos en la zona de estudio, se realizó un conteo vehicular automático en la estación maestra EST01 PC Polotitlán, que consistió principalmente en obtener información los durante 7 días por 24 horas.

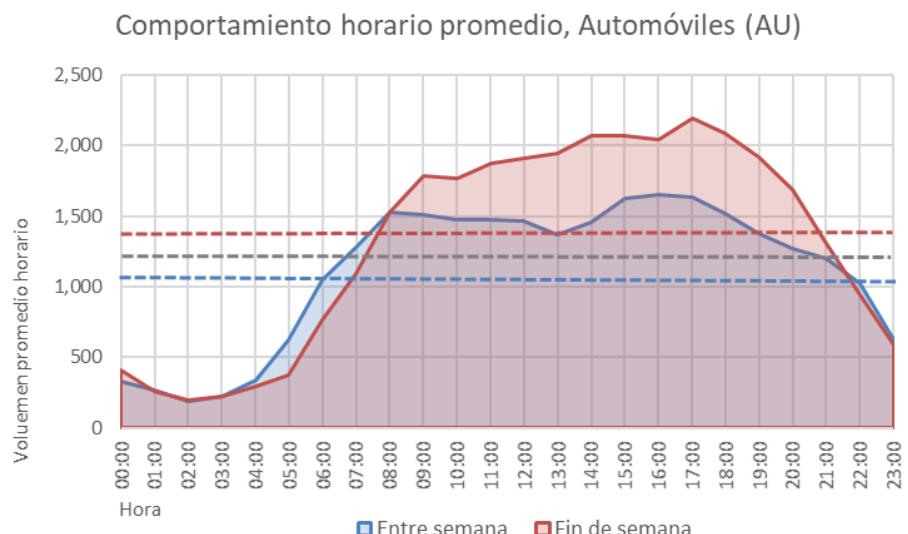
Conforme a los datos registrados en el aforo automático, a continuación, se presenta el comportamiento vehicular semanal y horario realizado para automóviles, autobuses y camiones.

Figura 34 Comportamiento semanal, automóviles.



Elaboración propia, 2021.

Figura 35 Comportamiento horario, automóviles.



Elaboración propia, 2021.

Figura 36 Comportamiento semanal, autobuses.

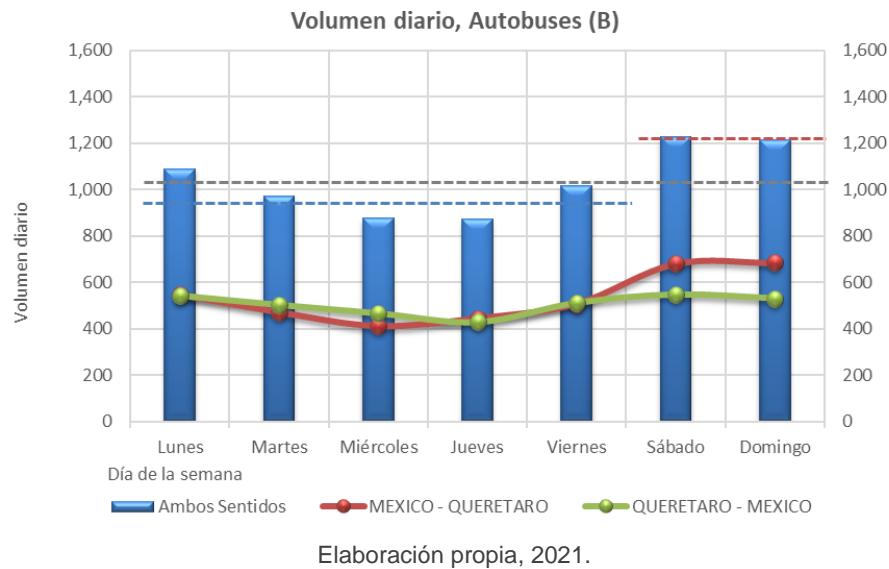


Figura 37 Comportamiento horario, autobuses.

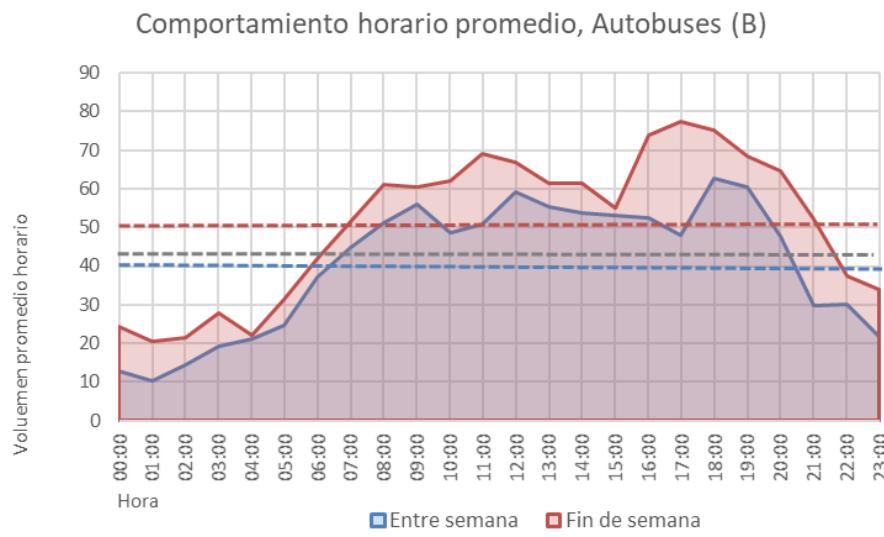
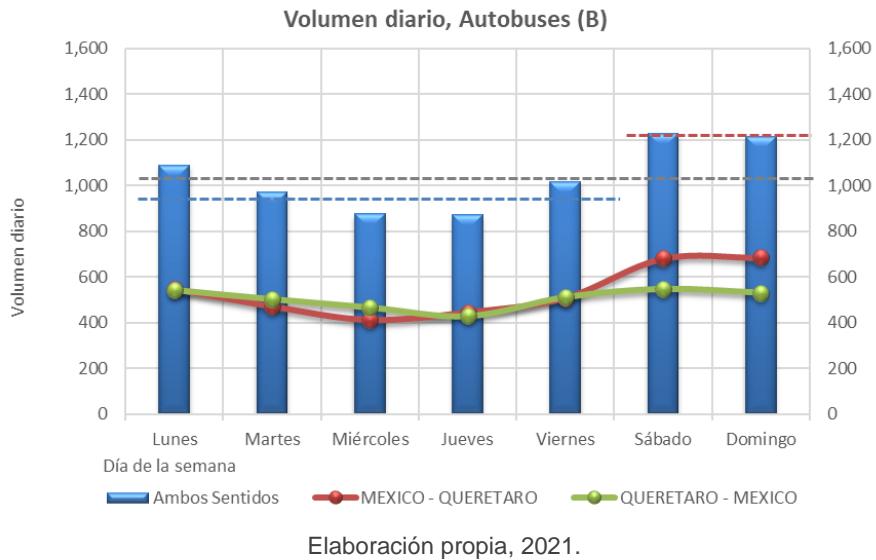
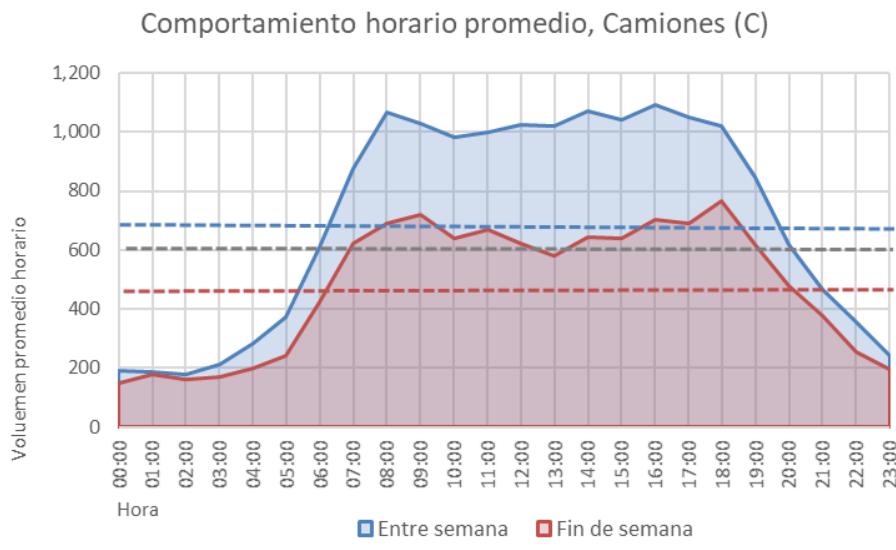


Figura 38 Comportamiento semanal, camiones.



Elaboración propia, 2021.

Figura 39 Comportamiento horario, camiones.



Elaboración propia, 2021.

3.7 Mercado

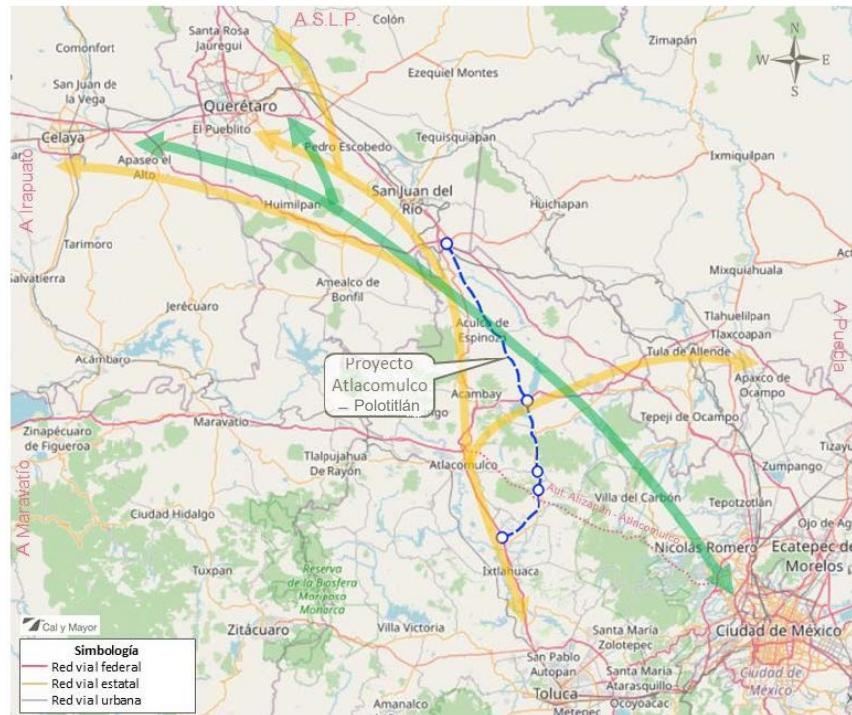
Se definió el mercado que atenderá la autopista Atlacomulco - Polotitlán, clasificado en 4 segmentos uno para cada tipo de vehículo: Automóvil (A), Camión Unitario (CU), Camión Articulado 1 (CA1) y Camión Articulado 2 (CA2); para ello se recopilaron bases de datos de aforos realizados por Cal y Mayor y Asociados en la zona de influencia.

El proyecto ofrecerá una alternativa de viaje entre las ciudades de Toluca y Querétaro, y complementándose con la futura autopista Atizapán- Atlacomulco será una opción para los viajes desde la Ciudad de México.

Los principales flujos identificados para el mercado del proyecto, desde – hacia Toluca o Ciudad de México son:

- Puebla, Hidalgo y Sur-sureste del país.
- Querétaro.
- Guanajuato, zona Occidente y Noroeste del país.
- San Luis Potosí, Monterrey y zona Noreste del País.

Figura 40 Identificación de los flujos de mercado potenciales al proyecto.



Elaboración propia, 2021.

4.1 PREMISAS GENERALES

4 MODELOS

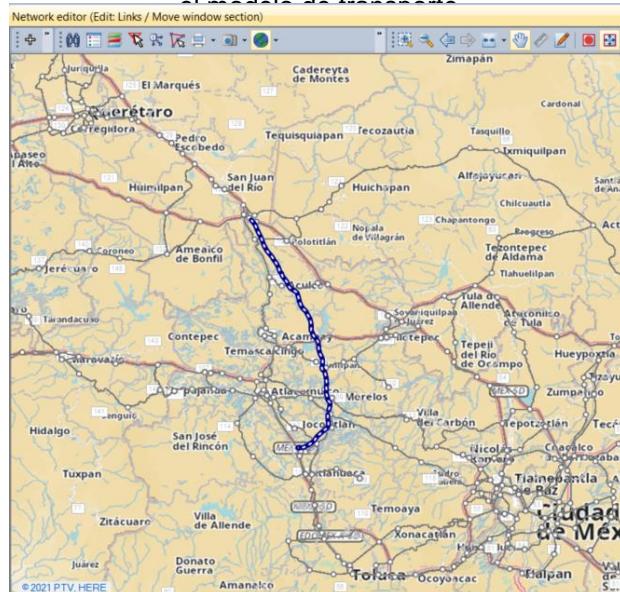
De acuerdo con la metodología empleada por Cal y Mayor y Asociados, para la realización de la Estimación de la demanda del proyecto Autopista Atlacomulco - Polotitlán, se elaboró modelos de elección discreta, modelo de transporte en el software Visum y modelo de pronóstico y de transporte con información de campo, banco de datos del consultor y documental.

En este numeral se explica el desarrollo del modelo de transporte y otros sub modelos que forman parte de él, o son insumos del proceso de estimación, tal como son los modelos de elección discreta de los cuales se obtienen los valores subjetivos del tiempo. Estos modelos econométricos se basan en la evaluación que los viajeros efectúan buscando la maximización de sus beneficios en pro de su bienestar.

Los dos principales componentes del modelo de transporte son la demanda (representada por la necesidad de transportar de un lugar a otro un bien o persona) y la oferta (representada por la infraestructura o vialidad disponible para transportar un bien o persona desde su origen a su destino).

Por otro lado, los modelos de pronóstico relacionan la actividad económica de la zona de influencia al proyecto, con el tránsito histórico de las principales vías que conectan la zona.

Figura 41 Representación del proyecto Aut. Atlacomulco – Polotitlán en el modelo de transporte



Elaboración propia, con VISUM 2021

La captación del proyecto Autopista Atlacomulco - Polotitlán se estima aproximadamente en **34%** del TPDA actual.

4.2 VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO**4.2.1 Supuestos y desarrollo**

Los modelos de elección discreta permiten determinar la elección de realizar un viaje empleando una vía determinada respecto a otra infraestructura con base en restricciones de tipo cuantitativo, como lo son el pago de peajes y el beneficio que obtiene; en este caso el ahorro por tiempo de viaje. Estas elecciones parten del supuesto que el usuario conoce y evalúa todos los caminos posibles entre su origen y destino de viaje.

A partir de la información recopilada en las encuestas de preferencia declarada, se estimaron modelos de elección discreta para diferentes estratos que representen de la mejor manera de demanda de los usuarios potenciales a la vía de estudio.

En este caso, se observa que los estratos que representan mejor el comportamiento de los usuarios que viajan en automóvil son aquellos relacionados con el motivo de viaje como lo son trabajo y otros motivos, en tanto que los vehículos de carga solo fueron separados por tipo de unidad: (CU) los correspondientes a camiones de 2, 3 o 4 ejes y los camiones articulados (CA) los que abarcan a camiones de 5 ejes o más.

El marco teórico que involucra la obtención de los valores del tiempo, viene dada por la teoría de la utilidad aleatoria. En este caso, la utilidad está relacionada con el grado de satisfacción (beneficio) que percibe el usuario al utilizar un camino o trayectoria en particular, para trasladarse de su origen a su destino. Esta elección tiene el supuesto de que el usuario conoce todos los caminos que existen entre su origen y su destino de viaje. Es así que la utilidad se concibe matemáticamente como una combinación lineal como se describe a continuación:

$$\bar{U} = \alpha_i + \beta c_i + \gamma t_i + \dots + \text{cte.}$$

Donde:

U = Utilidad de la alternativa i (adimensional)

c_i = Costo de viaje en pesos por utilizar la alternativa i

t_i = Tiempo de viaje en minutos por utilizar la alternativa i.

$\alpha, \beta, \gamma, \text{cte.}$ = Parámetros de calibración por cada estrato.

Utilizando datos apropiados relativos a elecciones de viajes y características individuales, la función anterior puede ser estimada para diferentes grupos de individuos, de los cuales se puede obtener la cantidad de dinero que el individuo está dispuesto a pagar para reducir el tiempo de viaje por una unidad. Por lo que el valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV) o (VOT) por sus siglas en inglés es calculado como:

$$VSTV = \frac{\partial \bar{U}_i / \partial t_i}{\partial \bar{U}_i / \partial c_i} = \frac{\gamma}{\beta}$$

El cual representa la tasa de sustitución entre el tiempo y el costo para la utilidad constante.

A partir de las funciones de utilidad, se utiliza un modelo logit que definirá la probabilidad de que un individuo elija la alternativa i:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(\alpha(T_i - T_j) + \beta(C_i - C_j) + cte)}}$$

Donde: P_i = Probabilidad de elegir la alternativa i.

T_i = Tiempo de la alternativa i.

T_j = Tiempo de las otras alternativas

C_i, C_j = Costo de Cuota o tarifa en las opciones i, j.

Cte = Constante.

α, β = parámetros a calibrar.

λ = Factor de certidumbre.

A partir de este marco teórico y, analizando la información proporcionada por las encuestas, a través del software estadístico SPSS se obtienen los resultados que aparecen en la siguiente tabla. Estos resultados cumplen con una significancia estadística del 95%.

4.2.2 Resultados VOT

Los resultados del modelo de elección discreta son los siguientes.

Tabla 5 Modelo de elección estimado

Vehículo	Segmento	Coef. Costo (1/\$)	Coef. Tiempo (1/min)	VOT (\$/min)
Automóvil	Trabajo	-0.12392	-0.04273	2.90
Automóvil	Otros	-0.08980	-0.03577	2.51
CU		-0.07994	-0.01245	6.42
CA		-0.04817	-0.00526	9.16

Fuente: Elaboración propia Cal y Mayor y Asociados.

La interpretación de estos resultados se considera los siguientes aspectos:

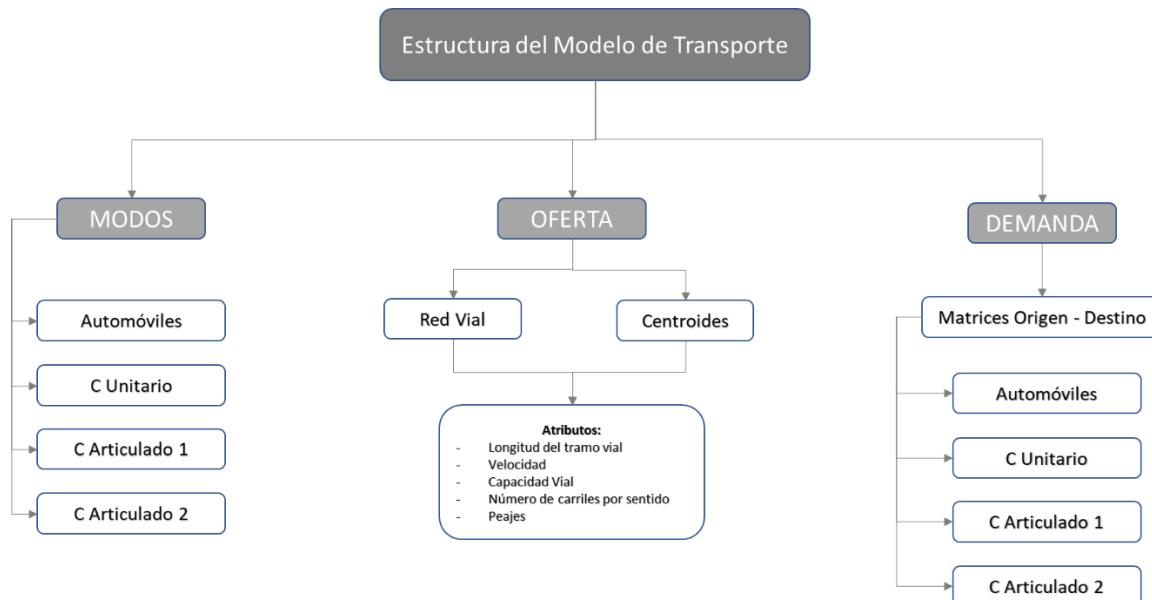
- Signos negativos: Esto se interpreta como una falta de disposición del usuario al invertir tiempo en sus viajes y en falta de disposición a tener un costo extra.
- Valor absoluto del coeficiente: Si se observan los valores obtenidos para el proyecto, se encuentra que los coeficientes de tiempo tienen un valor mayor que el coeficiente de costo. Esto es; los usuarios dan más valor al tiempo que al costo, lo cual repercute en valores del tiempo mayores a la unidad. Si los valores del tiempo fueran cercanos a uno, su interpretación es que el usuario está valorando casi de igual forma tanto el tiempo como el costo.

- Consistencia entre los valores del tiempo: Los valores del tiempo deben ser consistentes entre sí; es decir, los usuarios dan más valor al tiempo a los viajes relacionados con viajes de trabajo (2.90 \$/7min) que por otros motivos (2.51 \$/min). Análogamente, los camiones unitarios cuentan con valores del tiempo menores a los articulados, esto porque varios de los CU son hombres-camión que no cuentan con tanta disposición de pago como una empresa, en tanto que los camiones articulados casi siempre forman parte de este sector.

4.3 MODELO DE TRANSPORTE

A partir del análisis de información recopilada en campo y documental, se desarrolló un modelo de transporte que representa la oferta y de demanda de la situación actual y futura de la red vial de estudio, empleando como herramienta de modelación el software VISUM.

Figura 42 Estructura del modelo de Transporte.



Elaboración propia, 2021.

4.3.1 Supuestos de modelación.

A continuación, se describen los principales supuestos que se tuvieron en la modelación del proyecto autopista Atlacomulco- Polotitlán.

- Las características físicas, velocidades y tiempos de recorrido promedio empleados en la red vial de influencia al proyecto, son en primera instancia los datos de campo complementados con información de las plataformas digitales.
- De igual forma, se empleó la información del aforo automáticos de la estación de campo Polotitlán y se complementó con los aforos vehiculares en la red vial de la base de datos de Cal y Mayor y Asociados e información histórica de Datos Viales de las publicaciones de la SCT.

- El modelo de demanda, representado por todos los de viajes que se realizan en la zona por tipo de vehículo y sus particularidades (origen-destino), fue obtenido con la información de la encuesta OD de campo y complementado con la base de datos del Consultor y estaciones de encuesta OD de la SCT, generando las matrices de demanda con los volúmenes vehiculares para los siguientes tipos de vehículo; AU, CU, CA1 y CA2.

Los modelos de elección discreta, desarrollados mediante máxima verosimilitud para la obtención de los valores subjetivos del tiempo (VOT), fueron elaborados con la información recopilada en las encuestas de Preferencia Declaradas en campo, la estratificación de la demanda fue la siguiente; Automóviles por motivo de viaje (trabajo y otros) y en el caso de CU, CA1 y CA2 no se consideró estrato alguno.

- Para la modelación se consideró 1 (un) periodo de modelación de 24 horas que representa el volumen vehicular en términos de TPDS o TPDA, para los siguientes tipos de vehículo; para automóvil AU, camión unitario CU (camiones de 2, 3 y 4 ejes) y CA1 (camiones de 5 y 6 ejes) y CA2 (camiones de 7 ejes o más).
- El costo por kilómetro base (\$/km) y tarifa de referencia para el proyecto se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 6. \$/km y tarifas de referencia del proyecto, incluye IVA

Descripción	Long.	Tarifa AU	Tarifa CU	Tarifa CA1	Tarifa CA2
\$ / Km	83.3	\$2.0	\$4.4	\$7.3	\$9.4
Tarifa*		\$163.0	\$364.0	\$604.0	\$783.0

*Tarifa con IVA, con redondeo a cero decimales.

Elaboración propia, 2021.

- La calibración del modelo de transporte se realizó para el año 2019 conforme a los volúmenes registrados en campo, dichos aforos vehiculares fueron complementados con información de Datos Viales SCT en diversos puntos seleccionados estratégicamente por Grupo Cal y Mayor.
- Las características del Proyecto Atlacomulco – Polotitlán son las descritas anteriormente en la ficha técnica de proyecto, considerando tanto las físicas, operativas y los entronques.
- La asignación y estimación del año base para el proyecto se consideró el año 2022, realizando por el por el método de Equilibrio Multiclasificación de Usuario implementado en VISUM®, para posteriormente determinar la captación del mismo por el método de tipo probabilístico.
- La asignación CON proyecto, considera la supuesta operación de la autopista Atizapán – Atlacomulco y su conexión al proyecto. Es importante mencionar que estas dos autopistas se complementarán para poder captar los viajes entre CDMX y Querétaro.
- Se consideraron dos escenarios para el proyecto;
 - ESC01 Proyecto con tarifa referencial + Aut. ATAT.
 - ESC02 Proyecto con tarifa óptima + Aut. ATAT.

- Se realizó el análisis de sensibilidad tarifaria para identificar la tarifa que maximice los ingresos.
- El pronóstico de aforos del proyecto se obtuvo realizando asignaciones quinquenales (2027, 2032, 2037, 2042, 2074 y 2052) en el modelo de transporte e interpolando los años intermedio.

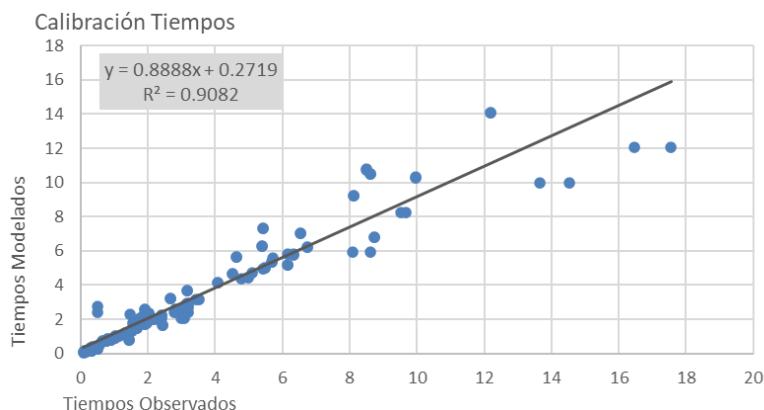
4.3.2 Calibración del modelo de transporte

El proceso de calibración, consiste en reproducir los tiempos y volúmenes vehiculares observados en la red vial de influencia, de manera que los parámetros obtenidos de la asignación sean lo más similares posibles a la realidad observada. Siendo importante contar con un modelo de transporte calibrado que represente las características físicas y operativas actuales, permitiendo estimar con alto grado de confiabilidad el comportamiento futuro de la demanda ante nuevos escenarios o cambios en la infraestructura vial.

Para calibración del modelo de transporte empleado para el presente estudio, se evaluaron los tiempos de viaje asignados por el modelo, y se efectuó la comparación con los tiempos de recorrido registrados en campo. El parámetro considerado como indicador del nivel de ajuste del modelo, es el coeficiente de determinación (R^2) obtenido mediante una regresión lineal.

Se considera estadísticamente aceptable el nivel de ajuste de los tiempos asignados por el modelo, toda vez que el coeficiente de determinación (R^2) se encuentra cercano a la unidad (0.96), con pendiente mayor a 0.8 y una constante prácticamente nula, tal como se puede observar en las siguientes imágenes, obtenidas del modelo de transporte del periodo de modelación considerado.

Figura 43 Dispersión de tiempos observados versus modelados

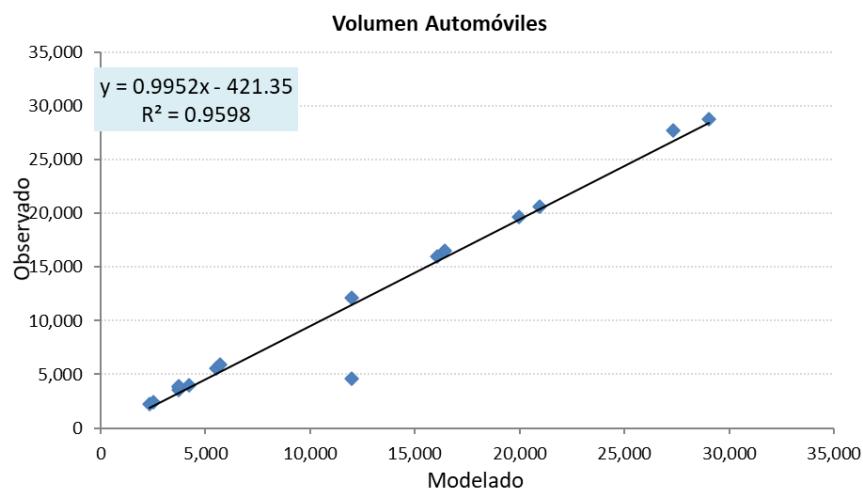


Elaboración propia, 2021.

Asimismo, se efectúa la comprobación del grado de ajuste del modelo, con relación a los volúmenes vehiculares observados en las estaciones de campo. Para ello, se emplea una regresión lineal que involucra los volúmenes por cada tipo de vehículo (automóviles, camiones unitarios y articulados), comparándose los volúmenes observados con los volúmenes vehiculares asignados por el modelo. Los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos son mayores a 0.70 y con pendientes aceptables,

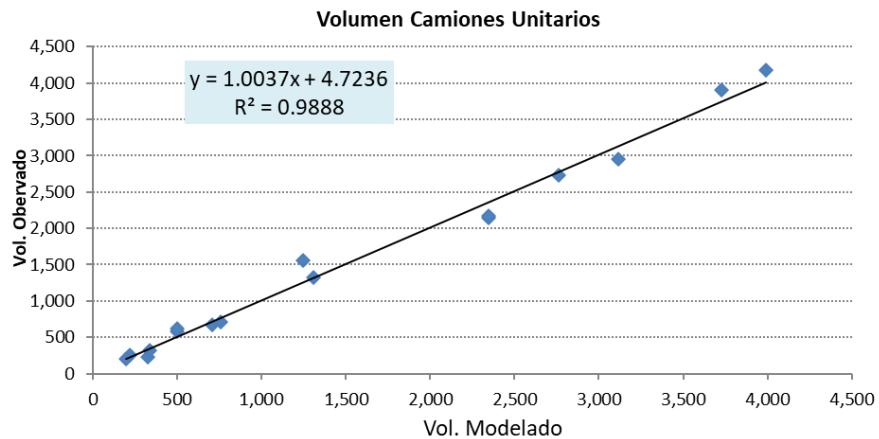
cumpliendo lo establecido por la SCT¹ como criterio de ajuste del modelo de transporte. A continuación, las figuras de dispersión de volúmenes por tipos de vehículo donde se muestra que el modelo cumple con parámetros de calibración adecuados.

Figura 44 Dispersión de volúmenes vehiculares para AU, observados versus modelados



Elaboración propia, 2021.

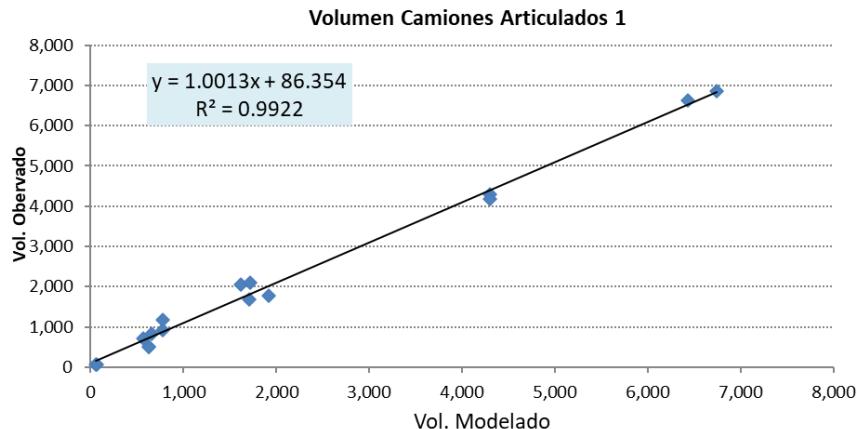
Figura 45 Dispersión de volúmenes vehiculares para CU, observados versus modelados



Elaboración propia, 2021.

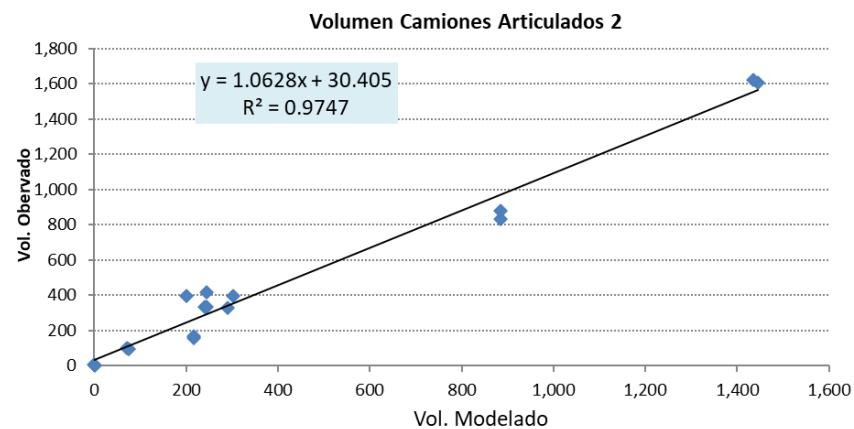
¹ SCT, "Modelación de demanda para carreteras de cuota" Manual de Modelación, 2006.

Figura 46 Dispersión de volúmenes vehiculares para CA1, observados versus modelados



Elaboración propia, 2021.

Figura 47 Dispersión de volúmenes vehiculares para CA2, observados versus modelados



Elaboración propia, 2021.

Adicionalmente, también se evalúa el nivel de ajuste del modelo con base en parámetros tales como el GEH (permite medir el nivel de error por cada uno de los puntos de observación calibrado) y el estadístico RMSE (Root Mean Square Error) que se basa en la diferencia existente entre el valor observado y asignado por el modelo, considerando el total de las observaciones analizadas.

Los criterios establecidos por la SCT para el nivel de ajuste de un modelo calibrado, considera que los estadísticos GEH deben ser con al menos el 60% de las observaciones menor a 5 y el 100% menor de 12, para los estadísticos RMSE no deben ser mayores a 33. Con base en lo anterior, el modelo cumple con los criterios de calibración definidos para el GEH y RMSE, los resultados obtenidos para estos criterios se muestran a continuación.

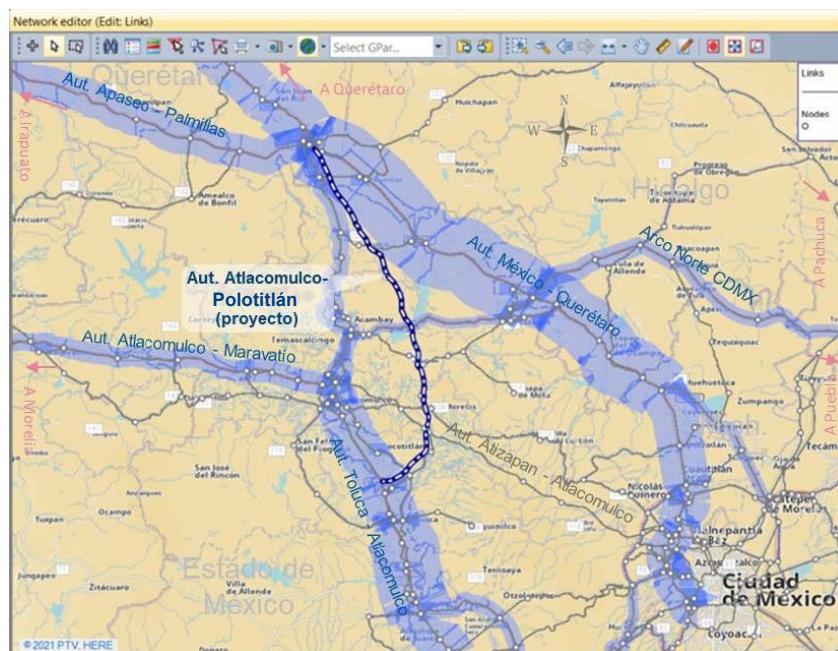
Tabla 7. Estadísticos de calibración GEH y RMSE

Estación / Sentido	GEH			
	AU	CU	CA1	CA2
Estación 01	Sentido 1	4.23	4.33	0.05
	sentido 2	4.71	3.60	1.91
Estación 02	Sentido 1	4.52	3.03	1.48
	sentido 2	3.07	2.79	2.33
Estación 03	Sentido 1	0.76	1.18	5.15
	sentido 2	6.68	1.73	5.78
Estación 04	Sentido 1	1.58	8.38	10.40
	sentido 2	0.55	0.55	0.83
Estación 05	Sentido 1	1.22	6.03	5.02
	sentido 2	0.07	0.88	4.93
Estación 06	Sentido 1	0.79	0.61	8.94
	sentido 2	1.11	3.05	3.32
RMSE		16.52	9.29	10.39
				23.18

Elaboración propia, 2021.

En la figura siguiente se muestra la asignación de calibración en el modelo de transporte, identificando que la autopista México – Querétaro es la vía con mayor número de viajes en la actualidad

Figura 48 Modelo de transporte, asignación de volúmenes en situación actual (calibración)



Elaboración propia, 2021.

4.3.3 Estimación de los viajes potencial al proyecto

Para determinar los viajes potenciales, se consideró la asignación en situación futura con el proyecto Atlacomulco – Polotitlán, el cual supone una tarifa de \$0.00, es decir; los viajes potenciales son todos aquellos viajes que actualmente eligen transitar por el proyecto debido a un menor tiempo de viaje en comparación con el tiempo que ofrece la ruta existente.

A continuación, se muestran los viajes potenciales para la Autopista Atlacomulco – Polotitlán.

Tabla 8. Viajes potenciales al proyecto Atlacomulco - Polotitlán

Corredor	AU	CU	CAI	CAII	Total
C1 Toluca - Polotitlán	8,796	1,589	1,909	307	12,600
C2 México - Querétaro	22,593	3,085	5,134	946	31,758
Total potenciales	31,388	4,674	7,043	1,252	44,357

Elaboración propia, 2021.

Identificando los viajes potenciales se procedió finalmente a realizar el modelo de captación y realizar la asignación correspondiente para obtener el año base del proyecto.

4.3.4 Resultados del proyecto con tarifa referencial

Con base en las consideraciones anteriores se determinó el TPDA asignado al proyecto para el año base, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Asignación al año base del proyecto al proyecto Atlacomulco – Polotitlán con tarifa referencial

Descripción	AU	CU	CAI	CAII	Total
Potenciales	31,388	4,674	7,043	1,252	44,357
Asignación	10,205	1,656	2,786	513	15,160
Porcentaje de captación	32.5%	35.4%	39.6%	41.0%	34.2%
Tarifa \$/km referencial con IVA	\$2.0	\$4.4	\$7.3	\$9.4	-

Elaboración propia, 2021.

4.4 Análisis de sensibilidad tarifaria

El análisis de sensibilidad tarifaria, estima la disposición a pagar por cada grupo vehicular o estrato demanda por utilizar un tramo o proyecto carretero sin cambiar su nivel de utilidad o satisfacción. Este análisis evalúa el comportamiento experimentado de la demanda ante un cambio en la variación de la tarifa y su objetivo es identificar la máxima disposición de pago y maximizar los ingresos de un proyecto o una vía de cuota.

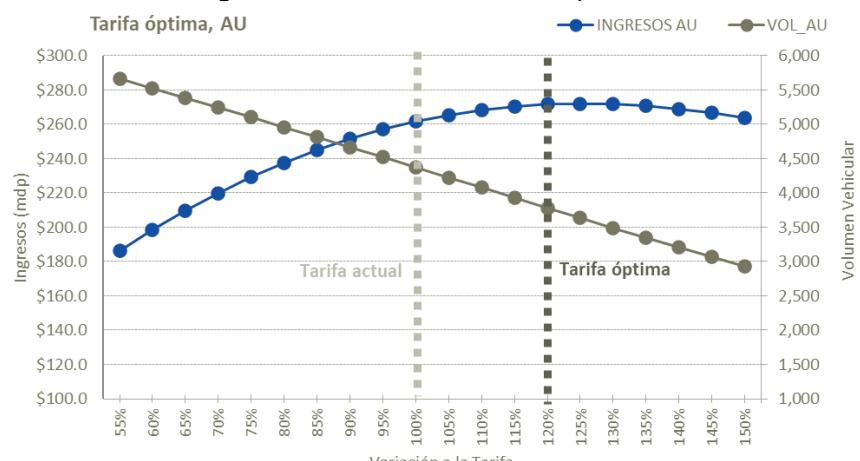
Para el presente estudio se realizó el análisis de sensibilidad a la tarifa, el cual opta por el siguiente logaritmo:

- Se adopta una tarifa base o referencial
- La tarifa se distribuyó mediante variaciones homogéneas de 5% hasta tener una variación a la tarifa de ±50%

- Se realizaron las asignaciones correspondientes en el modelo de transporte, variando únicamente el valor de la cuota.
- El resultado determinó la captación de demanda para cada tipo de vehículo.
- Se realiza la gráfica y mediante regresiones matemáticas se identificó la tarifa óptima del proyecto.
- El resultado de captación de la demanda se multiplica por la cuota correspondiente y se obtiene el ingreso bruto.

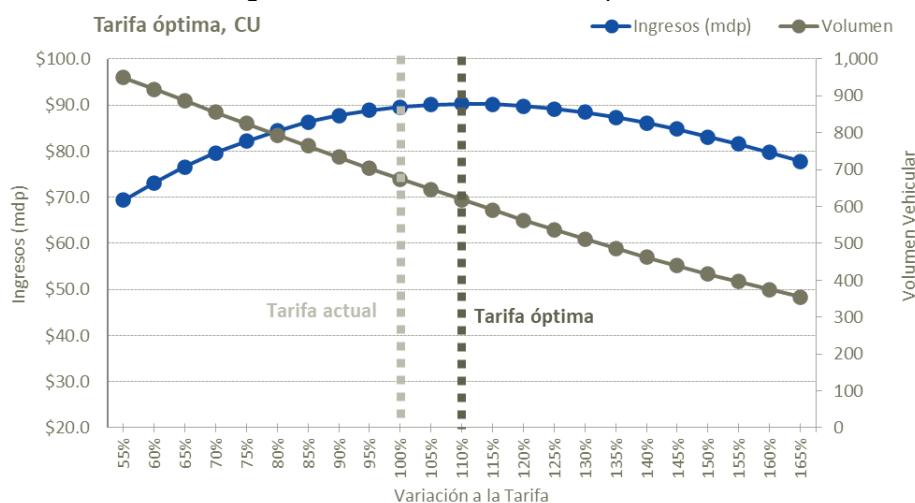
A continuación, se presentan los resultados de las asignaciones del modelo de transporte y la gráfica con la cual se identificó la tarifa óptima.

Figura 49 Curva de sensibilidad para AU



Tarifa base = 2.0 \$/km, +20% de incremento para alcanzar la tarifa óptima = 2.4 \$/km
Elaboración propia, 2021.

Figura 50 Curva de sensibilidad para CU



Tarifa base = 4.4 \$/km, +10% de incremento para alcanzar la tarifa óptima = 4.8 \$/km
Elaboración propia, 2021.

Figura 51 Curva de sensibilidad para CA1

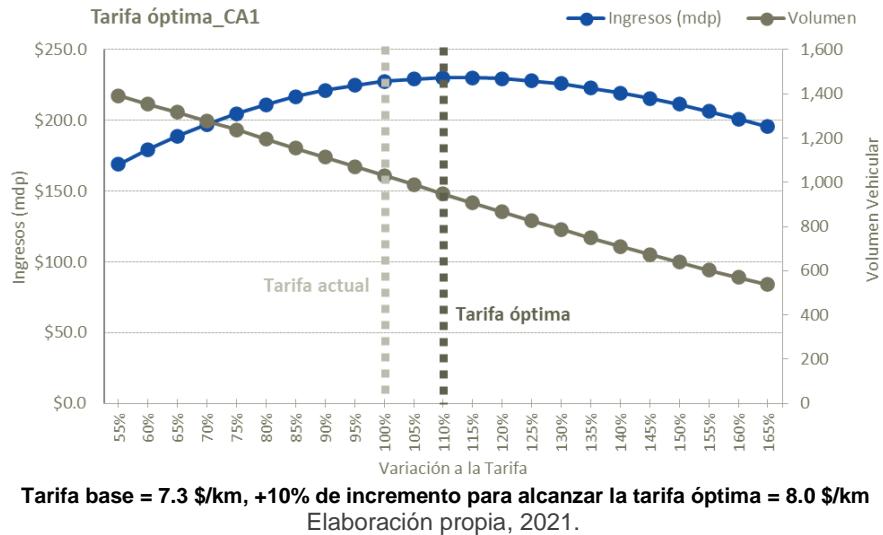
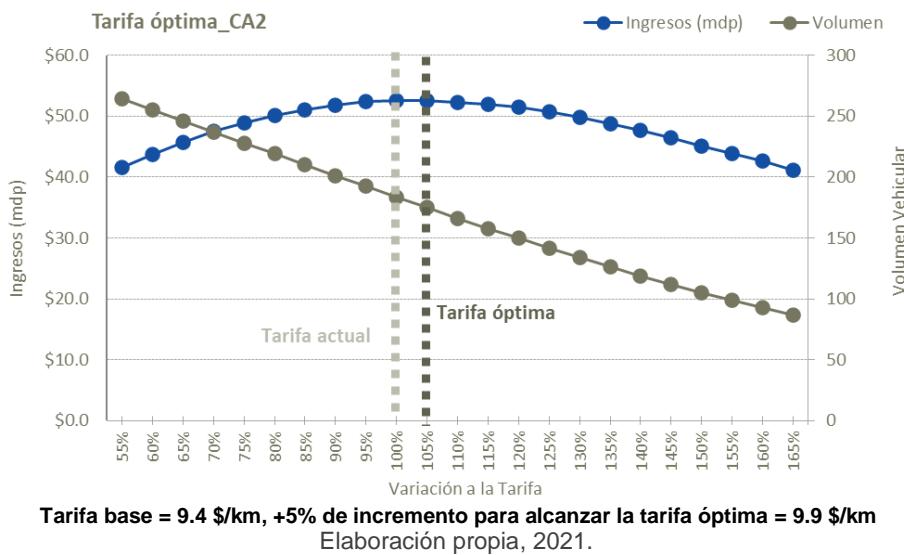


Figura 52 Curva de sensibilidad para CA2



En la siguiente tabla se observa la variación a la tarifa para maximizar los ingresos.

Tabla 10. Tarifa referencia y variación para la tarifa óptima, precios de octubre 2021 incluye IVA

Tarifa	Asignados	AU	CU	CA1	CA2
Referencial	\$/km	\$2.0	\$4.4	\$7.3	\$9.4
	Recorrido completo*	\$163.0	\$364.0	\$604.0	\$783.0

Tarifa	Asignados	AU	CU	CA1	CA2
Variación porcentual		+20%	+10%	+10%	+5%
Óptima	\$/km	\$2.4	\$4.8	\$8.0	\$9.9
	Recorrido completo*	\$196.0	\$400.0	\$665.0	\$822.0

Elaboración propia, 2021.

4.4.1 Resultados del proyecto con tarifa óptima

Conforme al análisis de sensibilidad tarifaria se determinó el TPDA del proyecto para el año base, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11. Asignación al año base del proyecto Atlacomulco – Polotitlán con tarifa óptima

Descripción	AU	CU	CAI	CAII	Total
Potenciales	31,388	4,674	7,043	1,252	44,357
Asignación	8,669	1,542	2,715	509	13,436
Porcentaje de captación	27.6%	33.0%	38.5%	40.7%	30.3%
Tarifa \$/km referencial con IVA	\$2.4	\$4.8	\$8.0	\$9.9	-

Elaboración propia, 2021.

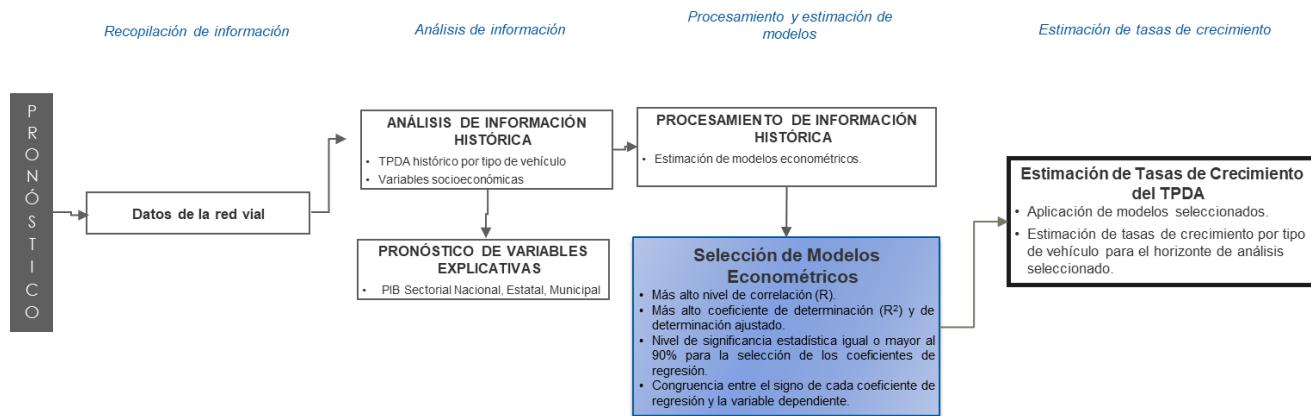
4.5 Modelo de pronóstico

En este apartado se presenta la metodología para la realización del pronóstico vehicular para el proyecto autopista Atlacomulco-Polotitlán.

4.5.1 Supuestos y desarrollo

El objetivo de este apartado es exponer los modelos y resultados del pronóstico del proyecto por tipo de vehículo en el horizonte de operación 2022-2052 con base en la proyección realizada de las variables económicas, mismas que sirvieron como variables explicativas del modelo econométrico. La metodología se resume de manera esquemática en la siguiente figura.

Figura 53 Metodología del pronóstico



Elaboración propia, 2021.

4.5.1.1 Insumos

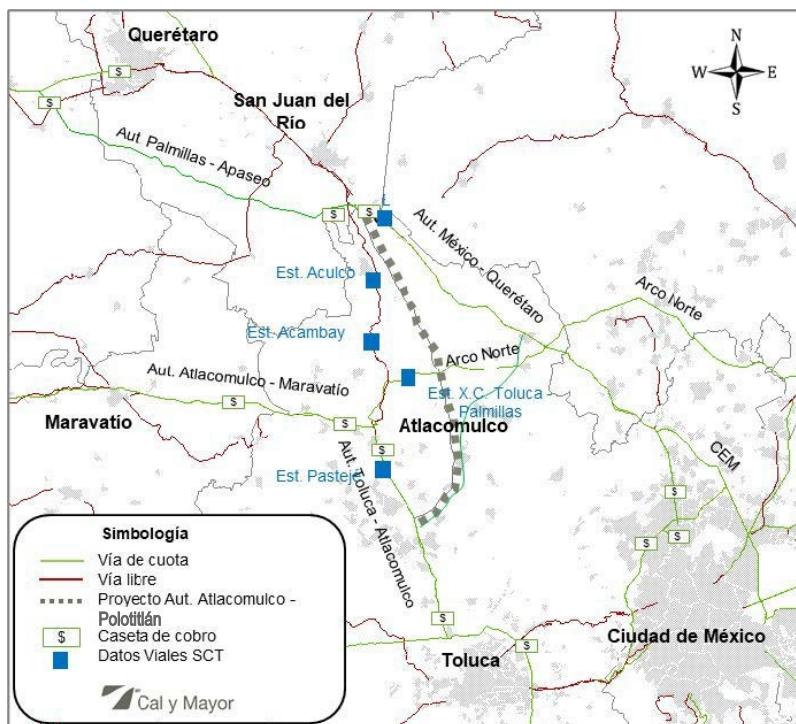
4.5.1.1.1 Datos Viales SCT

Los principales insumos para la realización del modelo de pronósticos por tipo de autos fueron los datos viales de la SCT y las variables vinculadas con la actividad económica de la zona como lo fueron: PIB total, PIB primario y secundario y PIB terciario.

Se seleccionaron cuatro estaciones para el análisis:

- X. C. Toluca - Polotitlán sobre el Libramiento Norte de la Ciudad de México (Cuota);
- Pastejé sobre la carretera Toluca – Polotitlán;
- Acambay sobre la carretera Toluca – Polotitlán, y
- T. Der. Polotitlán sobre la carretera Toluca – Polotitlán.

Figura 54 Estaciones de Datos Viales SCT.



Elaboración propia, con información de SCT.

De manera global, para el año 2019, el tránsito predominante en estas estaciones son los automóviles con el 77.4 por ciento, seguido de los camiones articulados (CAI) y camiones unitarios con 10.6 y 10.1 por ciento, respectivamente, por último, los camiones articulados II (CAII) con 2.0 por ciento del total del tránsito registrado. A continuación, se presenta la conformación de cada una de las estaciones para el año 2019.

Figura 55 Composición vehicular de las estaciones de DV-SCT seleccionadas.



Elaboración propia, con información de SCT.

A continuación, se presentan los datos históricos de las estaciones seleccionadas por tipo de vehículo:

a) X.C. Toluca – Polotitlán

La siguiente tabla recaba la información sobre el TDPA de la estación:

Tabla 12 TPDA histórico de la estación X.C. Toluca - Polotitlán

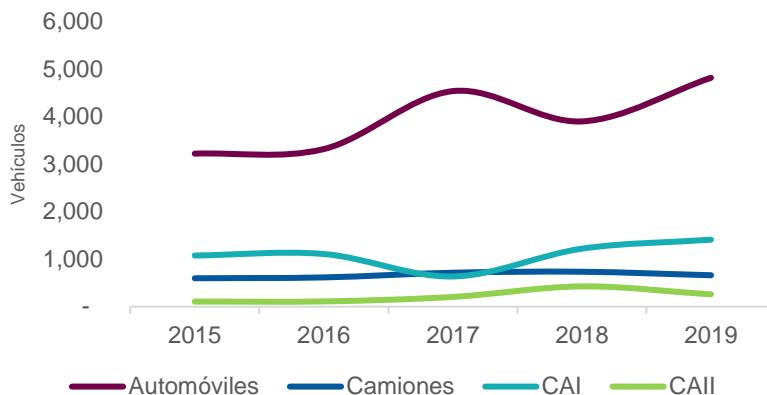
X. C. Toluca - Polotitlán sobre el Libramiento Norte de la Ciudad de México (Cuota)					
Año	Automóviles	Camiones	CAI	CAII	Total
2015	3,220	598	1,076	108	5,003
2016	3,317	616	1,109	111	5,154
2017	4,537	715	636	206	6,093
2018	3,899	735	1,222	427	6,284
2019	4,818	662	1,411	259	7,150
TCMA	10.6%	2.5%	7.0%	24.5%	9.3%

Elaboración propia con Datos Viales SCT.

El mayor tránsito está conformado por los automóviles y los camiones articulados I (CAI) que representan el 87.1% de la afluencia total, lo anterior con base en datos del 2019. Asimismo, en el lapso analizado, son los CAII los vehículos que mostraron una mayor tasa de crecimiento (24.5%); sin embargo, son los de menos representación. Los automóviles son el segundo tipo de vehículo con la mayor tasa de crecimiento en el periodo (10.6%). La TCMA en su conjunto fue de 9.3 por ciento.

Enseguida, se muestra la gráfica del comportamiento de los tipos de vehículos en la estación:

Figura 56 Comportamiento del TPDA por tipo de vehículo, estación X.C. Toluca – Polotitlán sobre el Libramiento Arco Norte de la CDMX 2015-2019.



Elaboración propia, con información de Datos Viales SCT.

b) Pastejé

Para el caso de esta estación, la siguiente tabla muestra la información histórica con base en los datos viales de la SCT:

Tabla 13 TPDA histórico de la estación Pastejé

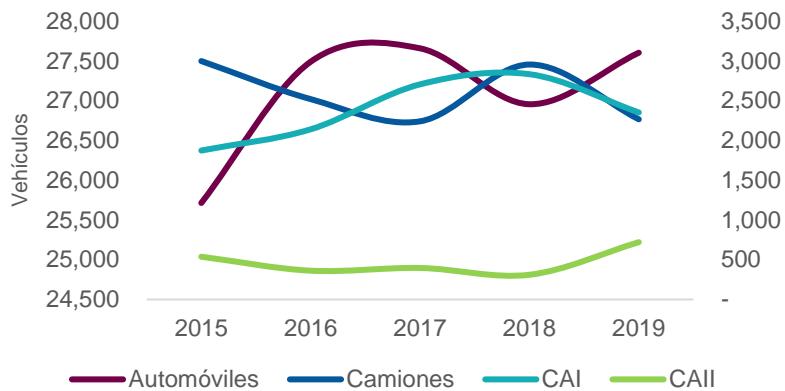
Pastejé (Toluca - Polotitlán)					
Año	Automóviles	Camiones	CAI	CAII	Total
2015	25,714	2,999	1,873	538	31,124
2016	27,490	2,520	2,140	362	32,513
2017	27,658	2,241	2,706	396	33,001
2018	26,956	2,955	2,833	311	33,055
2019	27,603	2,266	2,352	721	32,942
TCMA	1.8%	-6.8%	5.9%	7.6%	1.4%

Elaboración propia con Datos Viales SCT.

La conformación vehicular con datos del 2019 indicó que el 83.8 por ciento correspondía a automóviles, 7.1 por ciento a los camiones articulados (CAI), los camiones unitarios representaron 6.9% y, por último, los camiones articulados II (CAII) el 2.2 por ciento. Por otro lado, los CAII fueron los vehículos con mayor TCMA con un 7.6 por ciento, seguido de los CAI con 7.6 por ciento y los automóviles con 1.8 por ciento. Cabe señalar, en el periodo de estudio, los camiones unitarios tuvieron una tasa de decrecimiento media anual de 6.8 por ciento. La TCMA en su conjunto fue de 1.4 por ciento.

Enseguida, se muestra la gráfica del comportamiento de los tipos de vehículos en la estación:

Figura 57 Comportamiento del TPDA, por tipo de vehículo, Estación Pasteje 2015-2019



Elaboración propia, con información de Datos Viales SCT.

Nota: El eje de la izquierda pertenece a los automóviles y le de la derecha al resto de vehículos.

c) Acambay

La estación de Acambay se encuentra sobre la carretera Toluca – Polotitlán. Históricamente, ha tenido los siguientes TDPA:

Tabla 14 TPDA histórico de la estación Acambay.

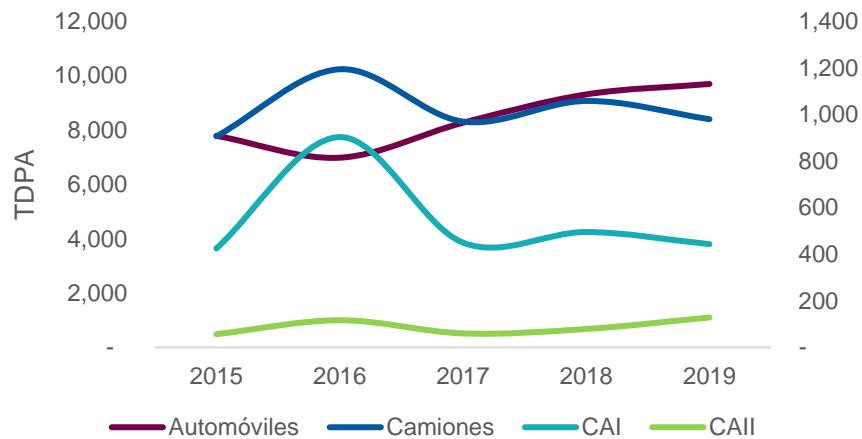
Acambay (Toluca - Polotitlán)					
Año	Automóviles	Camiones	CAI	CAII	Total
2015	7,790	906	425	57	9,178
2016	6,984	1,195	903	117	9,198
2017	8,269	970	450	60	9,749
2018	9,314	1,059	496	79	10,947
2019	9,698	980	443	128	11,250
TCMA	5.6%	2.0%	1.1%	22.7%	5.2%

Elaboración propia con Datos Viales SCT.

Esta estación se conformó con 86.2 por ciento de automóviles, 8.7 por ciento de camiones unitarios, 3.9 y 1.1 por ciento de CAI y CAII, respectivamente. Los vehículos con mayor TCMA fueron los CAII con 22.7 por ciento y los automóviles con 5.6 por ciento. La TCMA en su conjunto fue de 5.2 por ciento.

Se presenta la gráfica del comportamiento de los tipos de vehículos en la estación:

Figura 58 Comportamiento del TPDA, por tipo de vehículo, Estación Acambay 2015-2019



Elaboración propia, con información de Datos Viales SCT.

Nota: El eje de la izquierda pertenece a los automóviles y le de la derecha al resto de vehículos.

d) T. Der. Polotitlán

El comportamiento de esta estación se resume en la siguiente tabla:

Tabla 15 TPDA histórico de la estación Polotitlán.

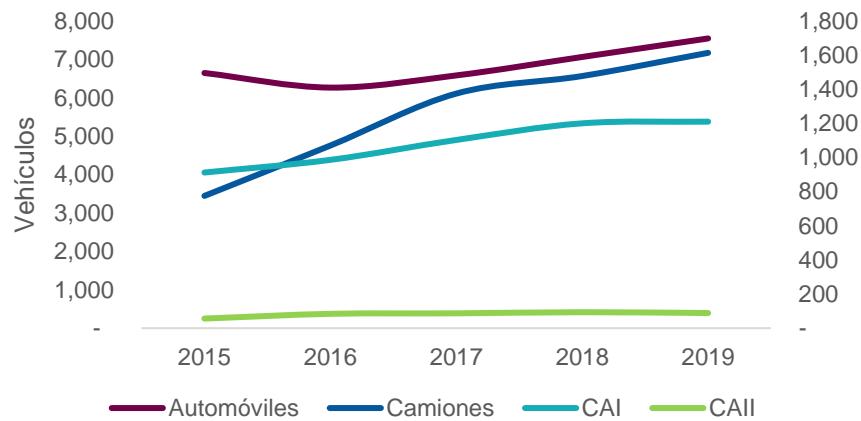
T. Der. Polotitlán (Toluca - Polotitlán)					
Año	Automóviles	Camiones	CAI	CAII	Total
2015	6,650	775	913	56	8,394
2016	6,269	1,071	987	84	8,410
2017	6,587	1,375	1,104	87	9,153
2018	7,068	1,478	1,201	94	9,841
2019	7,550	1,614	1,211	89	10,464
TCMA	3.2%	20.1%	7.3%	12.1%	5.7%

Elaboración propia con Datos Viales SCT.

La conformación de esta estación fue de 72.2 por ciento para automóviles, 15.4 por ciento para camiones unitarios, 11.6 por ciento para CAI y 0.8 por ciento para CAII. Los vehículos que mayor tasa de crecimiento presentaron fueron los camiones y CAII con 20.1 y 12.1 por ciento, correspondientemente. La TCMA en su conjunto fue de 5.7 por ciento.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento en el periodo de los diferentes tipos de vehículos:

Figura 59 Comportamiento del TPDA, por tipo de vehículo, Estación T. Der Polotitlán 2015-2019



Elaboración propia, con información de Datos Viales SCT.

Nota: El eje de la izquierda pertenece a los automóviles y le de la derecha al resto de vehículos.

4.5.1.1.2 Principales pares de viaje

Los principales pares de viajes potenciales al proyecto se concentran la mayor cantidad de tránsito vehicular para el proyecto. Se enlistaron las entidades federativas por tipo de vehículo de acuerdo con el mayor porcentaje de los pares de viajes dando como resultado lo siguiente:

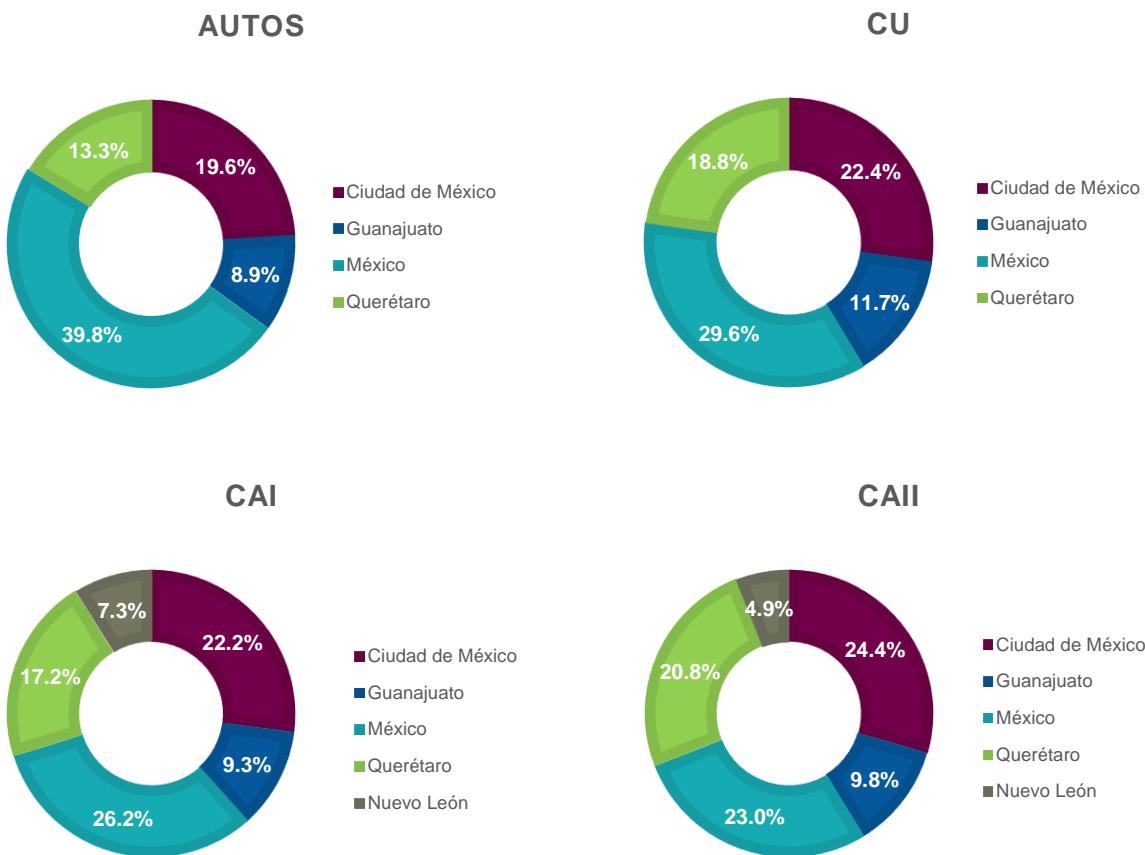
Tabla 16 Entidades federativas y porcentaje de viajes por tipo de vehículos

Estado	Autos	CU	CAI	CAII
Ciudad de México	19.6%	22.4%	22.2%	24.4%
Guanajuato	8.9%	11.7%	9.3%	9.8%
México	39.8%	29.6%	26.2%	23.0%
Querétaro	13.3%	18.8%	17.2%	20.8%
Nuevo León	-	-	7.3%	4.9%
Total	81.6%	82.6%	82.2%	82.9%

Elaboración propia, 2021.

De forma gráfica, se tiene:

Figura 60 Ponderación de variables en la zona de influencia



Elaboración propia, 2021.

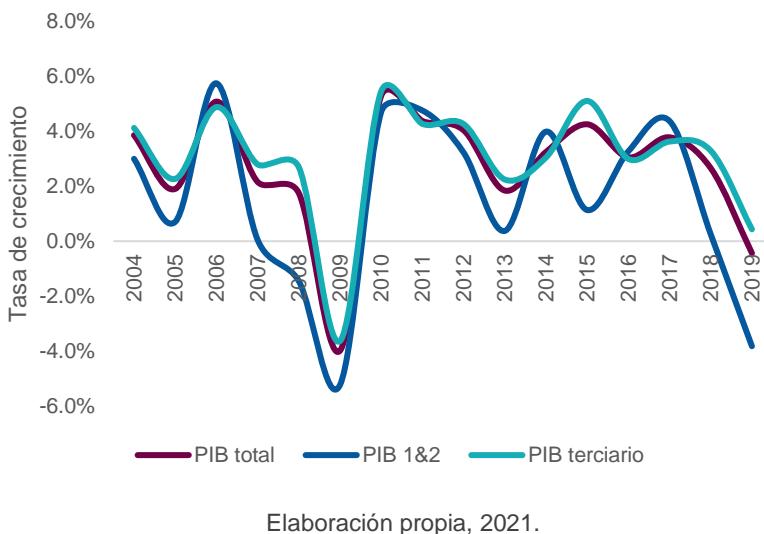
De lo anterior, se destaca que, para los automóviles y camiones articulados, los principales estados son: Ciudad de México, Guanajuato, Querétaro y México. Para el caso de los camiones articulados I y II (CAI y CAII) se le añade el estado de Nuevo León.

Cabe mencionar, los porcentajes de las entidades obtenidos fue insumo primordial para la ponderación de la variable socioeconómica y, con ello, la realización de los pronósticos.

4.5.1.1.3 Información histórica socioeconómica

Con base en los datos del INEGI, se recopiló la información del periodo de análisis de las variables económicas: Producto Interno Bruto (PIB) total y por sectores de actividad: primario, secundario y terciario del área de influencia. Lo anterior, se ponderó por la estimación del porcentaje de viajes de las entidades federativas de donde provendría.

Figura 61 Crecimiento del PIB por sector de actividad económica del área de influencia.



Elaboración propia, 2021.

Para el periodo de análisis, las TCMA del área de influencia para el PIB total, PIB primario y secundario (1&2) y PIB terciario fueron de 2.7, 1.5 y 3 por ciento, respectivamente.

4.5.1.1.4 Perspectivas de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB)

El otro insumo utilizado para la estimación de los pronósticos del tránsito fueron las expectativas de crecimiento del PIB donde las fuentes de información oficiales fueron:

- El Modelo Regional del SIREM para el PIB de México hace referencia al escenario base de la Oficina de Presupuesto del Congreso (CBO) estadounidense.
- Las expectativas más recientes para el crecimiento económico de México, publicadas por el Fondo Monetario Internacional, FMI, reportadas a través de su publicación semestral “World Economic Outlook Database”, del mes de abril de 2021.

En la siguiente tabla se presenta la tasa de crecimiento del pronóstico de las variables seleccionadas en los modelos econométricos utilizados para el pronóstico del tránsito. La información comprende el periodo 2022-2055 y se indica para cada caso la tasa media de crecimiento anual correspondiente. Estas variables fueron ponderadas por los porcentajes de viajes antes expuestos.

Tabla 17 Pronósticos de variables socioeconómicas.

Año	PIB terciario_AU	PIB total_CU	PIB 1_2_CAI	PIB total_CAI
2022	2.9%	3.0%	3.7%	3.1%
2023	2.6%	2.7%	2.9%	2.7%
2024	2.5%	2.5%	2.6%	2.6%
2025	2.5%	2.5%	2.5%	2.6%
2026	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%
2027	3.3%	3.4%	4.0%	3.5%
2028	3.0%	3.1%	3.7%	3.1%
2029	2.6%	2.8%	3.7%	2.7%
2030	2.4%	2.5%	3.0%	2.5%
2031	2.3%	2.4%	2.8%	2.4%
2032	2.2%	2.4%	3.3%	2.4%
2033	2.2%	2.4%	3.2%	2.4%
2034	2.2%	2.3%	2.9%	2.3%
2035	2.0%	2.2%	2.9%	2.2%
2036	2.1%	2.2%	2.9%	2.3%
2037	2.1%	2.2%	2.8%	2.2%
2038	1.9%	2.1%	2.5%	2.1%
2039	1.7%	1.9%	2.7%	2.0%
2040	1.7%	1.9%	2.6%	2.0%
2041	1.9%	2.1%	2.7%	2.1%
2042	2.1%	2.2%	2.5%	2.1%
2043	2.0%	2.1%	2.5%	2.1%
2044	2.0%	2.1%	2.4%	2.1%
2045	1.9%	2.1%	2.5%	2.1%
2046	1.9%	2.1%	2.8%	2.1%
2047	2.1%	2.2%	2.6%	2.1%
2048	2.1%	2.2%	2.8%	2.2%
2049	2.3%	2.3%	2.6%	2.3%
2050	2.1%	2.3%	3.1%	2.3%
2051	2.1%	2.3%	2.9%	2.2%
2052	2.2%	2.3%	2.6%	2.3%
2053	2.1%	2.2%	2.6%	2.3%
2054	2.2%	2.4%	3.0%	2.4%
2055	2.2%	2.3%	2.9%	2.4%
TCMA	2.3%	2.4%	2.9%	2.4%

Elaboración propia, 2021.

4.5.2 Modelos econométricos

De acuerdo con la información histórica, se procedió a la estimación y selección de los modelos econométricos para la estimación de los pronósticos de tránsito vehicular. Se realizó la selección del modelo que mejor explica el comportamiento de los viajes por tipo de vehículo se hizo con apego a la teoría y con base en los siguientes criterios:

- Más alto coeficiente de correlación², el cual indica una relación lineal muy alta cuando este se encuentra entre 90% y 99%, y una relación baja si el valor es inferior a 39%; en todos los modelos se obtuvo un coeficiente superior a 98%.
- Más alto coeficiente de determinación, el cual indica el porcentaje de la variación de la variable dependiente que es explicado por la variable independiente; en todos los modelos se obtuvo un coeficiente superior a 97%.
- Nivel de significancia estadística mayor al 90% de confianza para la selección de los coeficientes de regresión “ β_i ” (“valor p ” menor a 10%), el cual se cumplió en todos los modelos.
- Congruencia entre el signo de cada coeficiente regresor “ β_i ” y la variable dependiente, es decir los valores “ β_i ” son aceptados siempre que sean superiores a cero, lo cual también se ha cumplido en todos los casos

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los modelos seleccionados por tipo de vehículo. En cada caso se indica: el coeficiente de correlación y de determinación, el coeficiente regresor “ β_i ” por tipo de vehículo asociado a cada tramo de aforo considerado, así como el valor asociado a su significancia estadística individual (*valor p*).

² **Coeficiente de correlación de Karl Pearson.** Para interpretar el coeficiente de correlación se utiliza la siguiente escala: 0 = correlación nula; de 0.01 a 0.39 = correlación positiva baja; de 0.4 a 0.89 = correlación positiva de moderada a alta; de 0.9 a 0.99 = correlación positiva muy alta, 1 = correlación positiva perfecta. (GOVINDEN, Lincoyán, (1985), Introducción a la Estadística, Ed. McGraw Hill. Interamericana Editores. S.A., Bogotá, Colombia., JOHNSON, Robert, (2003), Estadística Elemental, Ed. Math Learning, Ed. Tercera, México DF.)

Tabla 18 Resultados de los modelos económicos

Variable dependiente (TPDA)	Variable predictiva	Correlación (R)	Determinación (R ²)	Coeficiente regresor (β)	Significación (Valor P)
Automóviles	C			-11.47	5.7%
	Est_1			1.42	0.3%
	Est_2	PIB Terciario	99.51%	99.02%	1.56
	Est_3				1.48
	Est_4				1.46
CU	C			-530.28	10.3%
	Est_1			0.0009	0.2%
	Est_2	PIB Total	95.79%	91.77%	0.0024
	Est_3				0.0012
	Est_4				0.0014
CAI	C			-2,306.39	5.2%
	Est_1			0.01	0.8%
	Est_2	PIB 1&2	95.45%	91.11%	0.02
	Est_3				0.01
	Est_4				0.01
CAII	Est_1			0.00089	0.1%
	Est_2	PIB Total	86.11%	74.15%	0.00183
	Est_3				0.00035
	Est_4				0.00033

Elaboración propia, 2021.

4.5.2.1 Pronósticos de crecimiento

A partir de los resultados anteriores y con ayuda de los pronósticos de crecimiento de las variables económicas, en las tablas siguientes se muestran las tasas promedio estimadas por tipo de vehículo.

Tabla 19 Tasas de crecimiento estimadas por tipo de vehículo

Años	Autos	CU	CAI	CAII
2023	2.9%	4.0%	5.9%	2.9%
2024	2.7%	3.7%	4.8%	2.8%
2025	2.6%	3.5%	4.7%	2.7%
2026	4.2%	4.4%	5.5%	3.9%
2027	3.6%	4.2%	5.2%	4.1%
2028	3.3%	4.0%	4.9%	3.8%
2029	2.8%	3.6%	4.6%	3.7%

Años	Autos	CU	CAI	CAII
2030	2.7%	3.3%	4.3%	3.1%
2031	2.5%	3.1%	4.0%	3.0%
2032	2.4%	3.2%	3.9%	3.3%
2033	2.4%	3.1%	3.8%	3.3%
2034	2.3%	2.9%	3.6%	2.9%
2035	2.2%	2.8%	3.5%	3.0%
2036	2.1%	2.8%	3.4%	3.1%
2037	2.2%	2.8%	3.4%	2.9%
2038	2.2%	2.5%	3.2%	2.6%
2039	1.9%	2.3%	3.1%	2.9%
2040	1.9%	2.3%	2.9%	2.7%
2041	2.0%	2.3%	2.9%	2.7%
2042	2.2%	2.3%	2.7%	2.5%
2043	2.1%	2.1%	2.6%	2.6%
2044	2.2%	2.0%	2.5%	2.5%
2045	2.1%	1.9%	2.4%	2.7%
2046	2.1%	1.9%	2.3%	2.8%
2047	2.2%	1.8%	2.2%	2.6%
2048	2.2%	1.8%	2.1%	2.8%
2049	2.4%	1.7%	2.0%	2.6%
2050	2.2%	1.7%	1.8%	3.0%
2051	2.1%	1.6%	1.7%	2.9%
2052	2.2%	1.5%	1.6%	2.6%
2053	2.3%	1.3%	1.5%	2.7%
2054	2.3%	1.3%	1.4%	3.1%
2055	2.4%	1.2%	1.3%	3.1%
TMCA	2.4%	2.6%	3.2%	3.0%

Elaboración propia, 2021.

4.6 PROYECCIONES DE AFOROS E INGRESOS

Con base en los modelos de pronóstico y las consideraciones mencionadas anteriormente, a continuación, se muestran los resultados del TPDA e Ingresos en los 2 escenarios evaluados para el proyecto Autopista Atlacomulco – Polotitlán, en el horizonte 2022 – 2052.

4.6.1 Escenario ESC01 Proyecto con tarifa referencial + Aut. ATAT

Las consideraciones de este escenario son: proyecto Autopista Atlacomulco – Polotitlán con tarifa referencial por tipo de vehículo y supone la operación de la autopista Atizapán – Atlacomulco.

Tabla 20 Pronóstico de Aforos e ingresos para la autopista Atlacomulco – Polotitlán, Escenario 1

Proyecto						Tarifa referencial con IVA				
Año	TPDA*					Ingresos con IVA (millones de pesos)**				TOTAL
	AU	CU	CA1	CA2	TOTAL	AU	CU	CA1	CA2	
2022	10,205	1,656	2,786	513	15,160	\$607.0	\$220.1	\$614.3	\$146.8	\$1,588.1
2023	10,493	1,709	2,883	528	15,613	\$624.1	\$227.1	\$635.7	\$151.0	\$1,637.9
2024	10,780	1,764	2,982	543	16,069	\$642.9	\$235.1	\$659.4	\$155.7	\$1,693.1
2025	11,068	1,820	3,084	558	16,530	\$658.2	\$241.9	\$680.1	\$159.5	\$1,739.7
2026	11,355	1,877	3,189	573	16,994	\$675.3	\$249.5	\$703.2	\$163.7	\$1,791.8
2027	11,642	1,936	3,296	588	17,462	\$692.4	\$257.3	\$726.8	\$168.0	\$1,844.5
2028	11,920	1,994	3,400	603	17,917	\$710.9	\$265.7	\$751.9	\$172.9	\$1,901.3
2029	12,199	2,053	3,507	619	18,377	\$725.5	\$272.8	\$773.4	\$176.8	\$1,948.6
2030	12,481	2,114	3,619	634	18,848	\$742.3	\$280.9	\$797.9	\$181.3	\$2,002.5
2031	12,772	2,175	3,730	651	19,328	\$759.6	\$289.1	\$822.6	\$186.0	\$2,057.3
2032	13,069	2,239	3,847	667	19,823	\$779.4	\$298.4	\$850.7	\$191.2	\$2,119.8
2033	13,373	2,303	3,961	683	20,321	\$795.4	\$306.1	\$873.5	\$195.3	\$2,170.3
2034	13,683	2,362	4,067	700	20,813	\$813.8	\$314.0	\$896.9	\$200.0	\$2,224.7
2035	13,991	2,420	4,171	716	21,297	\$832.1	\$321.6	\$919.7	\$204.6	\$2,278.1
2036	14,298	2,478	4,273	732	21,781	\$852.7	\$330.2	\$944.9	\$209.8	\$2,337.7
2037	14,605	2,536	4,377	748	22,267	\$868.7	\$337.0	\$965.2	\$213.9	\$2,384.8
2038	14,901	2,595	4,484	764	22,744	\$886.2	\$344.9	\$988.7	\$218.4	\$2,438.2
2039	15,197	2,654	4,590	780	23,221	\$903.8	\$352.8	\$1,012.2	\$222.9	\$2,491.7
2040	15,492	2,714	4,697	795	23,698	\$923.9	\$361.6	\$1,038.5	\$227.9	\$2,552.1
2041	15,788	2,773	4,803	811	24,175	\$939.0	\$368.5	\$1,059.2	\$231.8	\$2,598.5
2042	16,084	2,832	4,910	826	24,652	\$956.6	\$376.4	\$1,082.7	\$236.3	\$2,651.9
2043	16,383	2,887	5,006	842	25,118	\$974.4	\$383.7	\$1,104.0	\$240.6	\$2,702.6
2044	16,683	2,941	5,103	857	25,584	\$994.9	\$392.0	\$1,128.3	\$245.6	\$2,760.8
2045	16,982	2,996	5,199	872	26,049	\$1,010.0	\$398.2	\$1,146.5	\$249.3	\$2,803.9
2046	17,282	3,050	5,296	887	26,515	\$1,027.8	\$405.4	\$1,167.8	\$253.6	\$2,854.6
2047	17,581	3,105	5,392	902	26,980	\$1,045.6	\$412.7	\$1,189.0	\$257.9	\$2,905.3
2048	17,854	3,162	5,483	916	27,415	\$1,064.8	\$421.4	\$1,212.4	\$262.7	\$2,961.2
2049	18,106	3,220	5,576	929	27,831	\$1,076.9	\$428.0	\$1,229.6	\$265.7	\$3,000.0
2050	18,334	3,279	5,671	941	28,225	\$1,090.4	\$435.8	\$1,250.5	\$269.0	\$3,045.7

Proyecto						Tarifa referencial con IVA				
Autopista Atlacomulco - Polotitlán						AU	CU	CA1	CA2	
TPDA*										
Año	AU	CU	CA1	CA2	TOTAL	\$163	\$364	\$604	\$783	
2051	18,523	3,338	5,764	951	28,574					
2052	18,698	3,396	5,856	960	28,910					
TMCA 2022-2052	2.0%	2.4%	2.5%	2.1%	2.2%					

*TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

No incluye autobuses.

** Ingreso anual en millones de pesos a precios constantes octubre 2021, incluye IVA.

Elaboración propia, 2021.

4.6.2 Escenario ESC02 Proyecto con tarifa óptima + Aut. ATAT

Las consideraciones de este escenario son: proyecto Autopista Atlacomulco – Polotitlán con tarifa óptima por tipo de vehículo y supone la operación de la autopista Atizapán – Atlacomulco.

Tabla 21 Pronóstico de Aforos e ingresos para la autopista Atlacomulco – Polotitlán, Escenario 1

Proyecto						Tarifa óptima con IVA				
Autopista Atlacomulco - Polotitlán						AU	CU	CA1	CA2	
TPDA*										
Año	AU	CU	CA1	CA2	TOTAL	\$196	\$400	\$665	\$822	
2022	8,669	1,542	2,715	509	13,436					
2023	8,913	1,595	2,809	524	13,841					
2024	9,156	1,647	2,906	540	14,248					
2025	9,399	1,699	3,005	555	14,658					
2026	9,642	1,751	3,107	570	15,070					
2027	9,885	1,804	3,211	585	15,485					
2028	10,125	1,857	3,315	600	15,897					
2029	10,365	1,910	3,423	615	16,313					
2030	10,609	1,963	3,534	630	16,736					
2031	10,861	2,016	3,645	646	17,168					
2032	11,117	2,069	3,762	662	17,610					
2033	11,375	2,123	3,877	678	18,053					
2034	11,639	2,176	3,983	694	18,493					
2035	11,900	2,230	4,087	710	18,928					
2036	12,162	2,284	4,190	727	19,362					
2037	12,423	2,338	4,294	743	19,797					
2038	12,673	2,392	4,399	759	20,224					
2039	12,924	2,446	4,504	775	20,650					
2040	13,175	2,501	4,609	792	21,077					
2041	13,425	2,555	4,714	808	21,503					
2042	13,676	2,610	4,819	825	21,930					

Proyecto						Tarifa óptima con IVA				
Autopista Atlacomulco - Polotitlán						AU	CU	CA1	CA2	
TPDA*						Ingresos con IVA (millones de pesos)**				
Año	AU	CU	CA1	CA2	TOTAL	AU	CU	CA1	CA2	TOTAL
2043	13,930	2,663	4,912	840	22,345	\$997.4	\$388.9	\$1,192.6	\$252.0	\$2,830.9
2044	14,185	2,715	5,005	855	22,760	\$1,018.4	\$397.7	\$1,218.5	\$257.3	\$2,891.8
2045	14,439	2,768	5,098	871	23,175	\$1,033.8	\$404.3	\$1,237.7	\$261.1	\$2,937.0
2046	14,693	2,821	5,191	886	23,591	\$1,052.0	\$412.0	\$1,260.3	\$265.7	\$2,990.0
2047	14,947	2,873	5,284	901	24,006	\$1,070.2	\$419.7	\$1,282.9	\$270.3	\$3,043.1
2048	15,185	2,923	5,370	916	24,394	\$1,090.2	\$428.2	\$1,307.3	\$275.6	\$3,101.2
2049	15,405	2,974	5,457	930	24,767	\$1,103.0	\$434.4	\$1,325.0	\$279.0	\$3,141.4
2050	15,604	3,026	5,547	943	25,120	\$1,117.2	\$442.0	\$1,346.7	\$282.7	\$3,188.7
2051	15,769	3,077	5,635	953	25,433	\$1,129.0	\$449.4	\$1,368.0	\$285.9	\$3,232.3
2052	15,922	3,128	5,722	963	25,734	\$1,143.1	\$458.1	\$1,393.0	\$289.6	\$3,283.8
TMCA 2022-2052	2.0%	2.4%	2.5%	2.1%	2.2%					

*TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

No incluye autobuses.

** Ingreso anual en millones de pesos a precios constantes octubre 2021, incluye IVA.

Elaboración propia, 2021.

5 Niveles de servicio

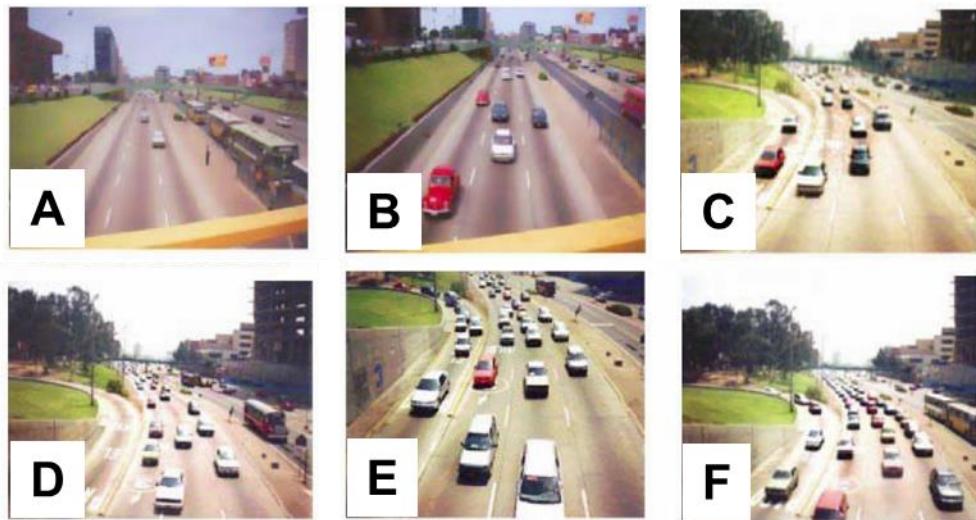
El Nivel de Servicio (NS) es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, está directamente relacionado con la densidad vehicular de la vía o tramo de estudio, en la que se comparan la velocidad promedio de los vehículos, la libertad de realizar maniobras en el flujo y la proximidad entre los usuarios.

Los niveles de servicio se clasifican en:

- **Nivel de Servicio A:** Representa una circulación a flujo libre. En este nivel de servicio, los usuarios del tramo vial poseen gran libertad para seleccionar una velocidad de recorrido y para maniobrar dentro del tránsito. En este nivel se observan volúmenes vehiculares bajos y velocidades altas.
- **Nivel de Servicio B:** Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrarse a la circulación, lo que disminuye la libertad de maniobra. En este nivel se observan velocidades un tanto restringidas por las condiciones de tránsito.
- **Nivel de Servicio C:** Pertenece al rango del flujo estable, pero la libertad de maniobra comienza a ser restringida por la presencia de una mayor cantidad de vehículos en el tramo vial, lo que implica que los usuarios necesiten más cuidado al cambiarse de carril. En este nivel se observa que los conductores están restringidos en la libertad de elegir su velocidad.
- **Nivel de Servicio D:** Es un nivel en el que las velocidades declinan notoriamente por un incremento en el flujo vehicular y la densidad comienza a elevarse rápidamente. La libertad de maniobra queda seriamente restringida y el conductor experimenta un nivel general de comodidad bajo. En este nivel, incidentes menores en el tramo vial pueden generar grandes colas debido a que hay menor espacio para absorber este tipo de eventualidades.
- **Nivel de Servicio E:** Describe una operación a la capacidad del tramo vial. Los vehículos tienen muy poco espacio entre unos y otros para maniobrar en el tráfico con velocidades que todavía pueden exceder los 80 Km/h. La circulación es inestable. El conductor experimenta un nivel muy bajo de confort.
- **Nivel de Servicio F:** Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él.

A continuación, se presenta de manera visual la figura que representa los niveles de servicio.

Figura 62 Representación visual de los niveles de servicio, ejemplo.



Elaboración propia, 2021.

En general, los NS aceptables corresponden a los rangos “A” y “B”, el nivel “C” es considerado como un valor intermedio donde podría comenzar a planearse alguna medida para evitar el deterioro de la vía, finalmente, los rangos “D” y “E” son considerados como insatisfactorios e indican que la vía necesita algún tipo de acción.

La metodología empleada en el presente estudio para determinar los NS fue:

- “Multilane Highways”, esta metodología evalua secciones y tramos de 2 o mas carriles por sentido considerando las medidas de eficiencia como; velocidad, densidad, relación volumen capacidad (Veh/hr/carril), entre otros.

Esta metodología es descrita en el “Highway Capacity Manual (HCM2010)” y requieren como insumo; el flujo vehicular en la hora de máxima demanda por la vía o tramo, características físicas, porcentaje de vehículos pesados y ligeros, el factor de hora pico, entre otros. Para finalmente, determinar el nivel de servicio con base en la velocidad media de viaje y el porcentaje de tiempo consumido en seguimiento, conforme a los estadísticos de la siguiente tabla obtenida del Highway Capacity Manual (HCM-2010).

Tabla 22 Niveles de Servicio (NS), conforme a los estadísticos de velocidad, densidad e intensidad, metodología multilane HCM.

FFS	Nivel de Servicio	A	B	C	D	E
120 km/h	Dens. Máx. (vl/km/c)	7	11	16	22	28
	Vel. Media (km/h)	120	120	114.6	99.6	85.7
	v/c Máx.	0.35	0.55	0.77	0.92	1
	Intensidad Máx. Servicio (vl/h/c)	840	1320	1840	2200	2400

FFS	Nivel de Servicio	A	B	C	D	E
110 km/h	Dens. Máx. (vl/km/c)	7	11	16	22	28
	Vel. Media (km/h)	110	110	108.5	97.2	83.9
	v/c Máx.	0.33	0.51	0.74	0.91	1
	Intensidad Máx. Servicio (vl/h/c)	770	1210	1740	2135	2350
100 km/h	Dens. Máx. (vl/km/c)	7	11	16	22	28
	Vel. Media (km/h)	100	100	100	93.8	82.1
	v/c Máx.	0.3	0.48	0.7	0.9	1
	Intensidad Máx. Servicio (vl/h/c)	700	1100	1600	2065	2300
90 km/h	Dens. Máx. (vl/km/c)	7	11	16	22	28
	Vel. Media (km/h)	90	90	90	89.1	80.4
	v/c Máx.	0.28	0.44	0.64	0.87	1
	Intensidad Máx. Servicio (vl/h/c)	630	990	1440	1955	2250

Elaboración propia, 2021.

5.1 SUPUESTOS CONSIDERADOS

Para determinar el nivel de servicio se consideraron los siguientes supuestos:

- Las características físicas y geométricas corresponden a las especificaciones técnicas con base en los datos de proyectos geométricos proporcionados por el cliente.
- Las características o parámetros de operación, recabados y analizados de los datos de volúmenes vehiculares, tiempos y velocidades de recorrido.
- Factor de hora de máxima demanda (FHMA), se obtuvo con información y análisis horario de la estación de aforos automáticos realizado en campo. Dicho factor se refiere al porcentaje de vehículos que pasan en la hora de máxima demanda respecto al aforo total del día.
- Direccionalidad, porcentaje de vehículos pesados y ligeros, de igual forma se obtuvieron con los datos del aforo automático de campo.
- El presente análisis de nivel de servicio se basa en el escenario ESC02 Proyecto con tarifa optima + autopista ATAT, y considera el volumen en términos de TPDA para el horizonte 2022-2052, específicamente para los tramos que integran el proyecto.

De acuerdo al desarrollo con el desarrollo de la metodología y supuestos anteriores se determinó el de nivel de servicio para cada tramo del proyecto Autopista Atlacomulco – Polotitlán, como se muestra a continuación.

5.1.1 Características físicas, geométricas para los tramos del proyecto.

- **Tramo 01 Ixtlahuaca – Aut. ATAT**

El tramo 01 Ixtlahuaca – Aut. ATAT del proyecto tiene una longitud 16.3 kilómetros, inicia en el kilómetro 00+000 en el entronque con la autopista Toluca – Atlacomulco y concluye en el km 21+050 con la autopista Atizapán - Atlacomulco. El TPDA estimado en el año base es de 6,720 vehículos en ambos sentidos, y con una direccionalidad de 54%-46%, la composición vehicular esperada será de 76% vehículos ligeros y 24% vehículos pesados. Las características físicas y geométricas son las siguientes.

Figura 63 Tramo 01 Ixtlahuaca – Aut. ATAT, características físicas y geometricas.

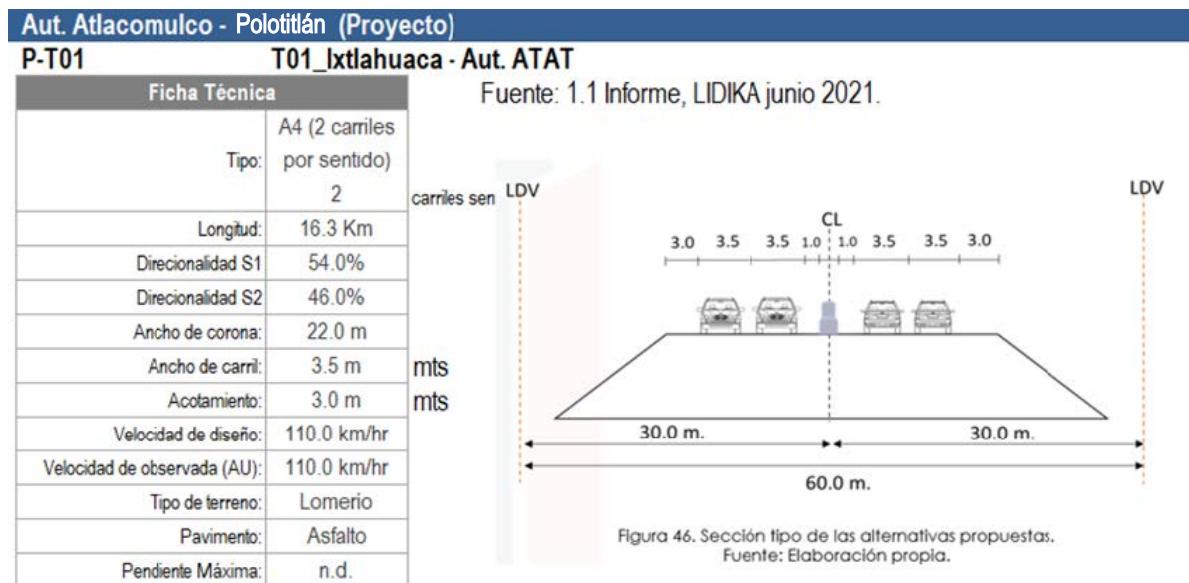


Figura 46. Sección tipo de las alternativas propuestas.
Fuente: Elaboración propia.

TPDA 2022

Sentido	Descripción	TPDA						Direccionalidad
		AU	CU	CA1	CA2	C	Total	
Sentido 1	Polotitlán - Toluca	2,774	486	307	62	855	3,629	54.0%
Sentido 2	Toluca - Polotitlán	2,355	287	390	58	735	3,091	46.0%
Ambos sentidos		5,130	773	697	120	1,590	6,720	100.0%
Mezcla veh. %		76%	12%	10%	2%	24%	100%	

Elaboración propia con datos del cliente.

- **Tramo 02 Aut. ATAT – Arco Norte de la CDMX**

El tramo 02 Aut. ATAT – Arco Norte de la CDMX tiene una longitud 22.5 kilómetros, inicia en el kilómetro 21+050 en el entronque con la autopista ATAT y concluye en el km 38+900 con el entronque Arco Norte de la CDMX. El TPDA estimado en el año base es de 16,398 vehículos en ambos sentidos, y con una direccionalidad de 49%-51%, la composición vehicular esperada será de 64% vehículos ligeros y 36% vehículos pesados. Las características físicas y geométricas son las siguientes.

Figura 64 Tramo 02 Aut. ATAT - Arco Norte de la CDMX, características físicas y geometricas.

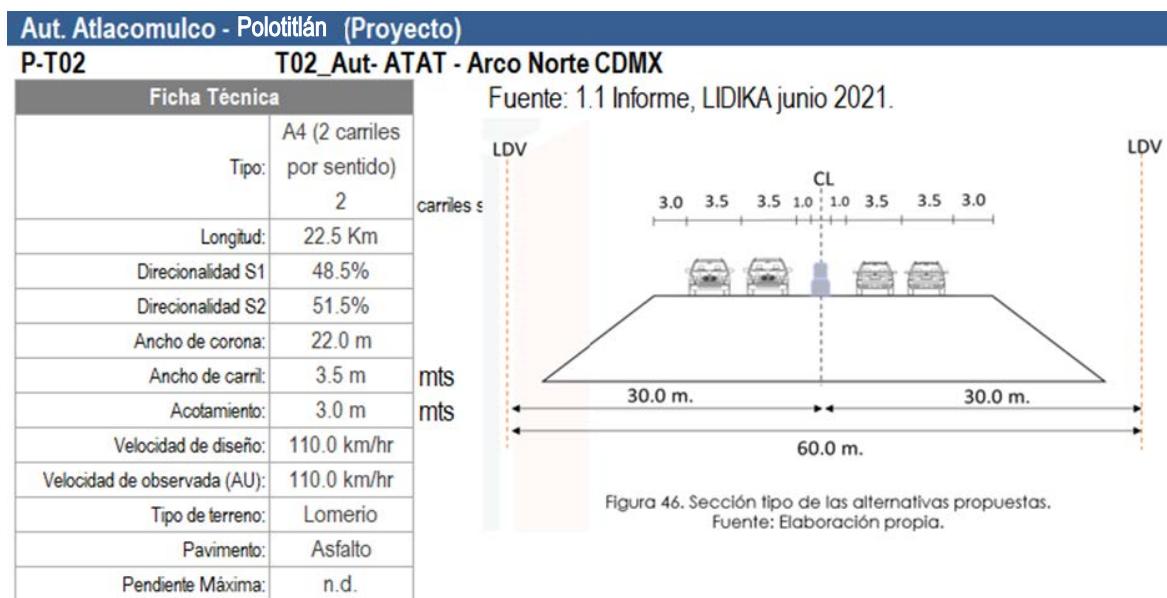


Figura 46. Sección tipo de las alternativas propuestas.
Fuente: Elaboración propia.

TPDA 2022

Sentido	Descripción	TPDA						Direccionalidad
		AU	CU	CA1	CA2	C	Total	
Sentido 1	Polotitlán - Toluca	5,110	907	1,644	298	2,849	7,959	48.5%
Sentido 2	Toluca - Polotitlán	5,460	920	1,727	332	2,979	8,439	51.5%
Ambos sentidos		10,570	1,827	3,371	630	5,828	16,398	100.0%
Mezcla veh. %		64%	11%	21%	4%	36%	100%	

Fuente: Elaboración propia con datos del cliente.

- **Tramo 03 Arco Norte de la CDMX – Polotitlán**

El tramo 03 Arco Norte de la CDMX - Polotitlán tiene una longitud 44.5 kilómetros, inicia en el kilómetro 38+900 en el entronque con el Arco Norte de la CDMX y concluye en el km 83+300 el entronque Aut. México-Querétaro. El TPDA estimado en el año base es de 14,398 vehículos en ambos sentidos, y con una direccionalidad de 49%-51%, la composición vehicular esperada será de 63% vehículos ligeros y 37% vehículos pesados. Las características físicas y geométricas son las siguientes.

Figura 65 Tramo 03 Arco Norte de la CDMX - Polotitlán, características físicas y geometricas.

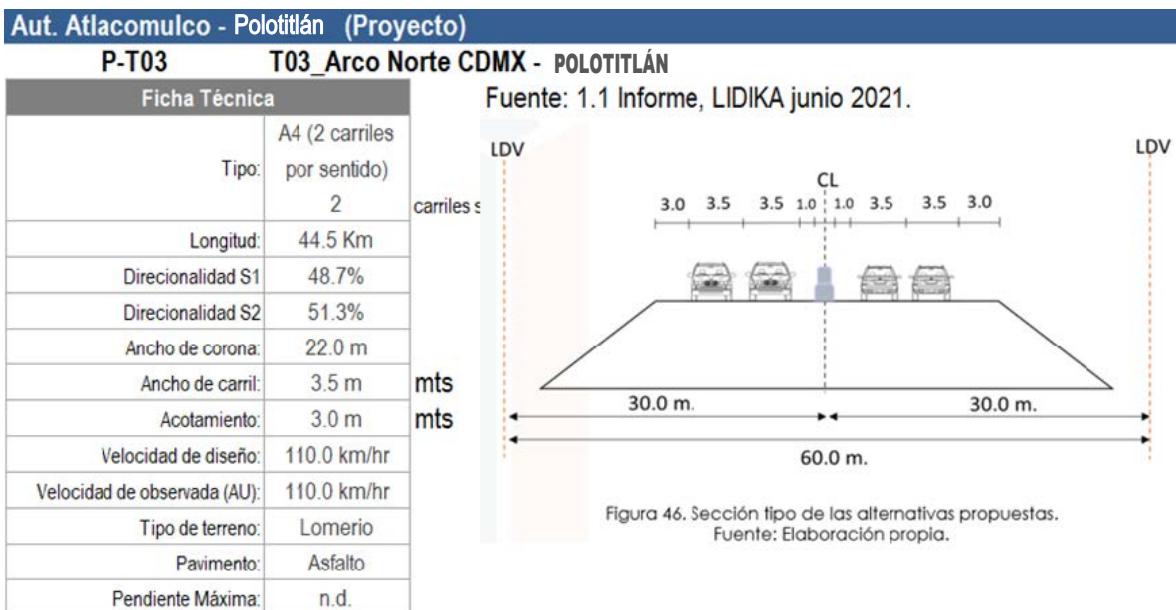


Figura 46. Sección tipo de las alternativas propuestas.
Fuente: Elaboración propia.

TPDA 2022

Sentido	Descripción	TPDA						Direccionalidad
		AU	CU	CA1	CA2	C	Total	
Sentido 1	Polotitlán -Toluca	4,324	855	1,562	275	2,692	7,016	48.7%
Sentido 2	Toluca- Polotitlán	4,681	825	1,560	316	2,701	7,382	51.3%
Ambos sentidos		9,005	1,680	3,122	591	5,393	14,398	100.0%
Mezcla veh. %		63%	12%	22%	4%	37%	100%	

Fuente: Elaboración propia con datos del cliente.

5.2 RESULTADOS DE LOS NIVELES DE SERVICIO

A continuación, se presentan los resultados de la estimación de los niveles de servicio para los tramos que integran el proyecto.

Tabla 23 Determinación de los NS para los tramos que integran el proyecto Autopista Atlacomulco – Polotitlán.

Tramo Descripción	P-T01	P-T02		P-T03	
T01_Ixtlahuaca - Aut. ATAT	T02_Aut- ATAT - Arco Norte CDMX		T03_Arco Norte CDMX - Polotitlán		
Longitud: 16.3 km	22.5 km		44.5 km		
Carriles por sentido: 2 carriles	2 carriles		2 carriles		
Vel. Diseño: 110 km/hr	110 km/hr		110 km/hr		
Año	TPDA	LOS	TPDA	LOS	TPDA
2022	6,720	A	16,398	B	14,398
2023	6,925	A	16,893	B	14,830
2024	7,131	A	17,391	B	15,264
2025	7,337	A	17,892	B	15,701
2026	7,544	A	18,397	B	16,142
2027	7,751	A	18,904	B	16,585
2028	7,963	A	19,412	B	17,028
2029	8,176	A	19,924	B	17,476
2030	8,392	A	20,445	B	17,931
2031	8,614	A	20,977	B	18,396
2032	8,839	A	21,521	B	18,872
2033	9,050	A	22,061	B	19,343
2034	9,262	A	22,598	B	19,811
2035	9,472	A	23,127	B	20,273
2036	9,682	A	23,656	B	20,735
2037	9,891	A	24,187	B	21,197
2038	10,104	A	24,766	B	21,674
2039	10,317	A	25,346	C	22,151
2040	10,530	A	25,925	C	22,627
2041	10,743	A	26,505	C	23,104
2042	10,955	A	27,084	C	23,581
2043	11,163	A	27,474	C	24,024
2044	11,370	A	27,864	C	24,467
2045	11,578	A	28,254	C	24,910
2046	11,785	A	28,645	C	25,353
2047	11,993	A	29,035	C	25,796
2048	12,201	A	29,576	C	26,213
2049	12,398	A	30,100	C	26,613
2050	12,581	A	30,603	C	26,993
2051	12,741	A	31,058	C	27,333
2052	12,893	A	31,498	C	27,659

Fuente: Elaboración propia, 2021.

6 CONCLUSIONES

- El proyecto autopista Atlacomulco - Polotitlán será una infraestructura que se sumará a la oferta carretera que comunica las zonas metropolitanas del Valle de México y Toluca con Querétaro, siendo una alternativa que ofrecerá importantes ahorros en tiempo, considerando que las vías actuales se encuentran saturadas durante las horas de máxima demanda, tanto entre semana como fines de semana.
- Los viajes provenientes del centro del país (CDMX y Estado de México) con destino a Querétaro, tendrán una opción más rápida y segura para llegar a su destino. Vale la pena señalar que la entrada en operación del proyecto, permitirá una reconfiguración de los flujos vehiculares, teniendo como una premisa fundamental la entrada en operación de la autopista Atizapán – Atlacomulco, pues ambos proyectos se complementan y constituyen la nueva oferta potencializando la demanda entre estas dos ciudades.
- Conforme al comportamiento que presentan las curvas de sensibilidad de la demanda ante variaciones en la tarifa, se identifica que es posible incrementar la tarifa para todos los tipos de vehículo, logrando incrementar los ingresos totales hasta un 4.4%.
- Los resultados aquí presentados se sustentan en un análisis que incorporó información *de campo, datos del banco del consultor e información oficial disponible de la SCT*, a partir de la cual fue posible identificar los patrones de viaje de los usuarios potenciales a usar el proyecto y estimar la captación de la demanda, que en vehículos totales se estima entre el 30% y 34% conforme a los escenarios con tarifa óptima y referencial, respectivamente.
- Se estima una tasa de crecimiento media anual del 2.2% para un horizonte a 30 años (2022-2052), Esta proyección se sustenta en con la metodología del consultor y la información de organismos y empresas especialistas en temas de análisis económico, que dan mayor certidumbre de cumplimiento a los pronósticos.