



Chihuahua
GOBIERNO DEL ESTADO



“Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial en Ciudad Juárez, Chihuahua”

Con número de referencia a la Obra Pública No. 144-OP-0075/18-DC/PSPROP

CÓDIGO PROYECTO:
401

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO



Título del documento:	Informe final
Referencia del documento:	Ninguna
Revisión:	1
Fecha:	24/01/2019

REVISIONES			
Revisión	Fecha	Capítulo(s) Modificados(s)	Descripción de la modificación

APROBÓ:

**GERENTE DE ANÁLISIS ECONÓMICO
ANDREA CÁRDENAS SÁNCHEZ**

Índice de contenido

1. Resumen ejecutivo	12
2. Situación actual del PPI	17
2.1 Diagnóstico de la situación actual.....	17
2.1.1 Ubicación dentro del entorno nacional.....	17
2.1.2 Características de la población.....	18
2.1.3 Actividades económicas	30
2.1.4 Problemática existente	37
2.2 Análisis de la oferta existente.....	46
2.2.1 Definición de la red vial relevante de análisis.....	46
2.2.2 Características físicas y geométricas de la red vial relevante de análisis....	48
2.3 Análisis de la demanda actual	50
2.3.1 Estudios de campo	50
2.3.2 Estimación de la demanda.....	64
2.4 Diagnóstico de la interacción oferta – demanda	65
3. Situación sin el PPI.....	77
3.1 Optimizaciones	77
3.1.1 Optimización del ciclo de semaforización	77
3.2 Análisis de la oferta	78
3.3 Análisis de la demanda.....	78
3.4 Diagnóstico de la interacción oferta – demanda	78
3.5 Alternativas de solución.....	84
4. Situación con el PPI.....	91
4.1 Descripción general del proyecto	91
4.2 Alineación estratégica	94
4.2.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018.....	94
4.2.2 Programa Nacional de Infraestructura (PNI) 2014-2018	94
4.2.3 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018.....	95
4.2.4 Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021 del Gobierno del Estado de Chihuahua	96
4.2.5 Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018 Ciudad Juárez, Chihuahua.....	96

4.3	Localización geográfica.....	98
4.4	Calendario de actividades.....	99
4.5	Monto total de inversión.....	99
4.6	Fuentes de financiamiento	100
4.7	Capacidad instalada	100
4.8	Metas anuales y totales de producción.....	101
4.9	Vida útil	101
4.10	Descripción de los aspectos más relevantes	101
4.10.1	Factibilidad Técnica.....	101
4.10.2	Factibilidad Legal.....	102
4.10.3	Factibilidad Económica.....	103
4.10.4	Factibilidad Ambiental.....	103
4.11	Análisis de la oferta	103
4.12	Análisis de la demanda.....	104
4.13	Diagnóstico de la interacción oferta – demanda	105
5.	Evaluación del PPI.....	110
5.1	Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI.....	110
5.1.1	Costos de inversión	110
5.1.2	Costos por molestias	110
5.1.3	Costos de mantenimiento	113
5.1.4	Costos totales.....	114
5.2	Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI.....	115
5.2.2	Beneficios por ahorro en tiempos de espera y consumo de combustible ..	115
5.3	Cálculo de los indicadores de rentabilidad.....	124
5.4	Análisis de sensibilidad.....	126
5.5	Análisis de riesgos	127
6.	Conclusiones y recomendaciones	128
7.	Anexos	129
8.	Bibliografía.....	130

Índice de tablas

Tabla 1. Población en el municipio de Juárez (2005, 2010 y 2015)	19
Tabla 2. Población por género en el municipio de Juárez (2005-2015)	20
Tabla 3. Pronóstico de población en el municipio de Juárez (2018-2048).....	21
Tabla 4. Empleo en el municipio de Juárez (2003, 2008 y 2013).....	22
Tabla 5. Sectores concentradores de empleo en el municipio de Juárez.....	23
Tabla 6. Pronóstico de empleo en el municipio de Juárez (2018-2048).....	24
Tabla 7. Automóviles y tasa de motorización (TM) en el municipio de Juárez (2005-2016)	27
Tabla 8. Pronóstico de parque vehicular y tasa de motorización en el municipio de Juárez.....	28
Tabla 9. Movimientos direccionales en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres	39
Tabla 10. Proyectos específicos habitacionales en la zona de influencia del proyecto	45
Tabla 11. Proyectos específicos de empleo en la zona de influencia del proyecto....	46
Tabla 12. Definición de la red vial relevante de análisis.....	47
Tabla 13. Datos de la oferta en la situación actual	49
Tabla 14. Ubicación de aforos automáticos (coordenadas geográficas)	52
Tabla 15. Resumen semanal de la estación AA1	55
Tabla 16. Resumen semanal de la estación AA2.....	57
Tabla 17. Ubicación de aforo direccional (AD1) (coordenadas geográficas).....	62
Tabla 18. Composición vehicular por movimiento direccional en la intersección en estudio.....	64
Tabla 19. Clasificación de los niveles de servicio (LOS) para intersecciones semaforizadas	69
Tabla 20. Clasificación de los niveles de servicio (LOS) para intersecciones no semaforizadas	69
Tabla 21. Parámetros de aceptación para la calibración y validación de modelos	70

Tabla 22. Indicadores de desempeño para la situación actual	70
Tabla 23. Volúmenes, demoras y costos totales por ralentí en la situación actual – hora de máxima demanda.....	75
Tabla 24. Costos totales en la situación actual	76
Tabla 25. Indicadores de desempeño para la situación optimizada	79
Tabla 26. Volúmenes, demoras y costos totales por ralentí en la situación optimizada	80
Tabla 27. Diferencias entre demoras y niveles de servicio entre la situación actual y la optimizada.....	81
Tabla 28. Costos anuales en la situación optimizada.....	82
Tabla 29. Diferencia de costos entre la situación actual y la optimizada.....	82
Tabla 30. Componentes de la alternativa 1.....	84
Tabla 31. Datos de la oferta para la alternativa 1.....	85
Tabla 32. Monto de inversión de la alternativa 1	86
Tabla 33. Beneficios totales para la construcción del distribuidor vial	86
Tabla 34. Componentes de la alternativa 2.....	87
Tabla 35. Datos de la oferta para la alternativa 2.....	87
Tabla 36. Monto de inversión de la alternativa 2	89
Tabla 37. Beneficios totales para la construcción del paso deprimido.....	89
Tabla 38. Comparación de indicadores de rentabilidad	90
Tabla 39. Clasificación del programa o proyecto de inversión.....	91
Tabla 40. Elementos constitutivos del distribuidor vial.....	92
Tabla 41. Ubicación geográfica del proyecto (coordenadas).....	98
Tabla 42. Calendario de actividades.....	99
Tabla 43. Monto total de inversión (principales componentes).....	99
Tabla 44. Fuentes de financiamiento	100
Tabla 45. Fuentes de financiamiento por año	100

Tabla 46. Elementos constitutivos del distribuidor vial.....	100
Tabla 47. Metas físicas anuales	101
Tabla 48. Datos de la oferta en la situación con proyecto.....	104
Tabla 49. Indicadores de desempeño para la situación con proyecto.....	105
Tabla 50. Volumen, demoras y costos totales por ralentí en la situación con proyecto	106
Tabla 51. Diferencias entre demoras y niveles de servicio entre la situación optimizada y con proyecto	107
Tabla 52. Costos totales en la situación con proyecto	108
Tabla 53. Diferencia de costos entre la situación optimizada y situación con proyecto y beneficios.....	108
Tabla 54. Desglose del monto de inversión	110
Tabla 55. Indicadores de desempeño durante la construcción del distribuidor vial	113
Tabla 56. Costos totales por molestias.....	113
Tabla 57. Costos de mantenimiento	114
Tabla 58. Costos totales en la situación con proyecto	114
Tabla 59. Variables para el cálculo del valor social del tiempo	115
Tabla 60. Configuración del valor del tiempo y ocupación por tipo de vehículo	116
Tabla 61. Tiempos de espera y consumo de combustible para la situación optimizada	117
Tabla 62. Tiempos de espera y consumo de combustible para la situación con proyecto.....	118
Tabla 63. Expansión del perfil horario.....	119
Tabla 64. Cálculo de los costos anuales para la situación optimizada (2019).....	120
Tabla 65. Cálculo de los costos anuales para la situación con proyecto (2019).....	121
Tabla 66. Costos anuales	122
Tabla 67. Beneficios totales.....	123

Tabla 68. Beneficios totales en la situación con proyecto	124
Tabla 69. Flujo de efectivo	125
Tabla 70. Resumen de indicadores de rentabilidad	125
Tabla 71. Sensibilidad a la inversión	126
Tabla 72. Sensibilidad al mantenimiento	126
Tabla 73. Sensibilidad a la disminución de beneficios	127
Tabla 74. Análisis de riesgos y medidas de prevención	127
Tabla 75. Anexos	129

Índice de figuras

Figura 1. Zona de estudio (macro y meso localización)	17
Figura 2. Densidad poblacional en el municipio de Juárez (2005 y 2010)	19
Figura 3. Coeficiente empleo/población en el municipio de Juárez (2003 y 2008)	23
Figura 4. Relación entre problemática y problema	37
Figura 5. Movimientos direccionales en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres	38
Figura 6. Volumen vehicular sobre el Blvd. Juan Pablo II en la hora de máxima demanda (de 07:30 h a 08:30 h)	40
Figura 7. Identificación de puntos críticos en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres	41
Figura 8. Formación de colas	42
Figura 9. Desarrollo de proyectos habitacionales específicos	44
Figura 10. Desarrollo de proyectos específicos de empleo	45
Figura 11. Estructura vial en la zona de influencia	47
Figura 12. Sección transversal del Blvd. Juan Pablo II, tramo: de la Av. Rafael Pérez Serna a la Av. Francisco Villarreal Torres	48
Figura 13. Sección transversal del Blvd. Juan Pablo II, tramo: de la Av. Francisco Villarreal Torres al Blvd. Independencia	48
Figura 14. Sección transversal de la Av. Francisco Villarreal Torres	49

Figura 15. Movimientos direccionales en la situación actual	50
Figura 16. Intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres ..	51
Figura 17. Ubicación de aforos automáticos	52
Figura 18. Instalación de equipos neumáticos en la estación AA1	53
Figura 19. Instalación de equipos neumáticos en la estación AA2	54
Figura 20. Hoja de registro para la recopilación de datos en las estaciones de aforo direccional	61
Figura 21. Ubicación de la estación del aforo direccional AD1	62
Figura 22. Trabajos de levantamiento de campo en la estación AD1	63
Figura 23 . Volúmenes en Hora de Máxima Demanda (todos los grupos vehiculares)	64
Figura 24. Etapas del proceso de microsimulación	66
Figura 25. Red vial de la zona en estudio en el modelo de simulación	67
Figura 26. Detalle de la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres	67
Figura 27. Fases operativas de los dispositivos de semaforización en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres	68
Figura 28. Longitud de cola en la situación actual	71
Figura 29. Movimientos direccionales, demoras, volúmenes y niveles de servicio en la situación actual	72
Figura 30. Metodología para la estimación de costos anuales	73
Figura 31. Programación del ciclo de semaforización para 190 segundos	78
Figura 32. Longitud de cola para la situación optimizada	79
Figura 33. Movimientos direccionales, demoras, volúmenes y niveles de servicio en la situación optimizada	80
Figura 34. Secciones transversales de los ejes constitutivos del distribuidor vial ...	85
Figura 35. Sección transversal para el Blvd. Juan Pablo II	88
Figura 36. Planta geométrica del distribuidor vial en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres	91

Figura 37. Secciones transversales de los ejes constitutivos del distribuidor vial....	92
Figura 38. Sección transversal del revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales	93
Figura 39. Ubicación del proyecto.....	98
Figura 40. Longitud de cola para la situación con proyecto	105
Figura 41. Movimientos direccionales, demoras, volúmenes y niveles de servicio en la situación con proyecto.....	107
Figura 42. Configuración del esquema de construcción durante las afectaciones en la etapa de modernización.....	112
Figura 43. Programación del ciclo de semaforización para 200 segundos.....	112

1. Resumen ejecutivo

Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

La modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial tiene como objetivo brindar un flujo continuo para el tránsito proveniente de la zonas norte y poniente la ciudad que circulan por las vialidades en cuestión y que tienen como destino la zona industrial y la salida hacia la carretera federal MEX-002 Porvenir - Juárez, así como facilitar los movimientos direccionales en el área de influencia mediante la eliminación de los dispositivos de semaforización, dar mayor capacidad al entronque para ofrecer un nivel de servicio óptimo a los usuarios y disminuir los tiempos de espera y el consumo de combustible para reducir el impacto ambiental por la emisión de contaminantes.

Dicho proyecto cumple con las metas establecidas en el Capítulo IV. México Próspero referente al ámbito de Infraestructura de Transporte y Logística incluidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Adicionalmente, el proyecto contribuye al cumplimiento del Objetivo 4.9 en el que se menciona: “contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica” y la Estrategia 4.9.1, la cual establece: “modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia”.

De igual manera, contribuye al cumplimiento Eje Sectorial 5 incluido en el Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018 Ciudad Juárez, en el que se establece: “mejorar el espacio urbano y consolidar la dotación de los servicios públicos municipales constituyen los aspectos fundamentales que la administración pública ha establecido como tarea prioritaria para mejorar el bienestar y enriquecer la calidad de vida de todas las personas, bajo criterios de igualdad y equidad social”.

Problemática identificada

La problemática identificada se basa en la existencia de un nodo vial conflictivo en la intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres, en el cual confluye el tránsito proveniente de las zonas norte, sur y poniente de la ciudad; y no tiene la capacidad para atender de forma eficiente la demanda para los diez movimientos direccionales actuales.

La existencia de 3 semáforos en la intersección, cuyo ciclo total de semaforización es de 200 segundos; y el volumen existente generan una demora promedio de 108 segundos (1 minuto 48 segundos). La demora máxima es de 372 segundos para el flujo vehicular que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se incorpora a la Av. Francisco Villarreal Torres en el sentido sur poniente. La intersección presenta entonces un nivel de servicio F.

El tiempo de espera para cruzar la intersección se traduce en dos costos (denominados en conjunto costos en ralentí): i) costos de tiempo de

espera de los usuarios; y ii) costos por consumo de combustible – lo que deriva en emisiones de contaminantes.

En 2019, el costo por tiempo de espera se estimó en \$98,812,422 pesos, y el costo por consumo de combustible en ralentí se estimó en \$15,919,606 pesos. Los costos totales en ralentí equivalen entonces a \$114,732,028 pesos.

Si no se realiza ninguna acción, la problemática actual potencialmente se agudizará en el futuro básicamente por dos motivos:

- i) el crecimiento natural de la demanda, y
- ii) el desarrollo de nuevos puntos generados y atractores de demanda en zonas cercanas a la zona de influencia del proyecto: proyectos específicos de crecimiento habitacionales, industriales, comerciales, de recreación u algún otro generador de empleo o que funja como atractor de población y que estén en proceso de construcción.

Breve descripción del PPI

El proyecto consiste en la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial, el cual está constituido por cuatro gazas de incorporación, tres retornos a nivel, un paso inferior vehicular (PIV) en un segundo nivel, un paso superior vehicular (PSV) en un tercer nivel y obra inducida, la cual considera el revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales en la zona de afectación de la modernización del entronque. La geometría del proyecto permite diez movimientos direccionales.

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 30 años con dos años de inversión (siete meses para la elaboración de estudios de preinversión y registro ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y 10 meses para la construcción del distribuidor vial y el revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales) y 28 de vida útil.

Descripción de los principales costos del PPI

La longitud del proyecto es de 400.0 m y contempla una inversión de \$139,020,532 pesos de 2019 sin IVA. Este monto de inversión considerando el IVA asciende a \$161,263,817 pesos de 2019.

La distribución de la inversión contempla que para el primer año se destinarán \$78,705,343 pesos para la elaboración de estudios de preinversión, el registro ante la SHCP, la construcción del distribuidor vial y el revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales; para el segundo se destinarán \$60,315,189 pesos para continuar los trabajos faltantes correspondientes a la construcción del distribuidor val. Los costos de inversión para la ejecución del proyecto se desglosan en la siguiente tabla:

Concepto	Monto total (sin IVA)	Monto total (con IVA)
Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres (del km 0+000 al km 0+400) mediante la construcción de un distribuidor vial y obra inducida.	139,020,532	161,263,817
Estudios de preinversión	500,000	580,000
Estudios de preinversión y registro ante SHCP	500,000	580,000
Distribuidor vial	137,930,532	159,999,417
Terracerías	13,931,214	16,160,208
Estructuras	87,386,706	101,368,579
Obras de drenaje	1,496,742	1,736,221
Pavimentación	30,510,510	35,392,192
Señalamiento y dispositivos de seguridad	1,842,144	2,136,887
Instalaciones eléctricas e iluminación	2,763,216	3,205,331
Obra inducida	590,000	684,400
Revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales	590,000	684,400
Total de la inversión	139,020,532	161,263,817

Durante el horizonte de evaluación del proyecto se incluyen también los costos por molestias que son los costos sociales que se generarán durante la etapa de construcción del proyecto. El valor presente de los costos por molestias es de \$439,092,679 pesos de 2019. Por otra parte, también se consideran los siguientes costos de mantenimiento:

- **Mantenimiento rutinario:** incluye el sello de fisuras de la carpeta de rodamiento, ocurrirá de forma anual y se estima como el 1.5% del concepto de pavimentación.
- **Mantenimiento mayor:** incluye el estriado de los carriles y la sustitución de losas de concreto de la carpeta de rodamiento, ocurrirá cada 20 años a partir del inicio de operaciones y se estima como el 17% del concepto de pavimentación.

Concepto	Mantenimiento (\$/año)	
	Rutinario	Mayor
Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres (del km 0+000 al km 0+400) mediante la construcción de un distribuidor vial y obra inducida.	457,658	5,186,787

El valor presente de los costos de mantenimiento es de \$4,572,913 pesos de 2019.

El valor presente de todos los costos se estimó en \$577,202,924 pesos.

Descripción de los principales beneficios del PPI

Con la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres se eliminarán los dispositivos de semaforización, se permitirá el flujo libre de todos los movimientos, desaparecerán las demoras y como consecuencia se presentará un ahorro de tiempo y consumo de combustible en ralentí al ofrecer un flujo continuo en el área de influencia de la intersección.

Si bien el proyecto contribuirá también a la reducción de emisiones de contaminantes, estos beneficios son considerados intangibles y no son cuantificados ni incluidos en el flujo de efectivo.

Los beneficios por ahorro de tiempo y menor consumo de combustible en el primer año de operación (2021) ascienden a \$100,097,766 pesos de 2019.

En conclusión, la implementación del proyecto mejorará la conectividad de la zona nororiente de la ciudad al ofrecer una mayor accesibilidad hacia los parques industriales y el cruce fronterizo, y ofrecerá mejores condiciones de seguridad para los usuarios.

Monto total de inversión (con IVA)

\$161,263,817.00 m. n.

Riesgos asociados al PPI

Los principales riesgos asociados al proyecto son las variaciones positivas en los precios de los insumos, los retrasos en la ejecución de los trabajos de construcción, la falta de coordinación entre los distintos niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) y los cambios de administración política. Las medidas para mitigar los riesgos mencionados serían detallar los precios unitarios en el proyecto ejecutivo y prever fluctuaciones de los precios de los insumos en el mercado, detallar el cronograma de actividades de construcción y monitorear los avances, establecer trabajos en conjunto y definir acuerdos formales de mediano y largo plazo con los involucrados.

Indicadores de rentabilidad del PPI

Valor Presente Neto

\$545,223,314

Tasa Interna de Retorno

18.3%

Tasa de Rentabilidad Inmediata

15.8%

Conclusión

Conclusión del análisis del PPI

La evaluación económica del proyecto indica que es un proyecto de inversión rentable, debido a que los beneficios asociados a la modernización del entronque generan un ahorro en los costos por tiempos de espera (CTE) y el consumo de combustible (CCC) en ralentí. De acuerdo con los indicadores obtenidos en el presente estudio, se recomienda la ejecución del proyecto debido a que los beneficios generados presentan un valor presente neto positivo de \$545,223,314 pesos con una tasa de descuento de 10%, así como una TIR de 18.3%

indicando que es socialmente rentable. Finalmente, con base en la TRI de 15.8% se considera que el año 2019 es el momento óptimo para la inversión del proyecto.

2. Situación actual del PPI

En este capítulo, se realiza un diagnóstico de la situación actual mediante la descripción de las características del área de estudio y la definición de la problemática existente asociada al proyecto. Asimismo, se presentan las características de la oferta y la demanda y su interacción a lo largo del horizonte de evaluación.

2.1 Diagnóstico de la situación actual

Para el presente Análisis Costo – Beneficio (ACB), se realizó un diagnóstico inicial sobre la dinámica socio económica en el área de influencia del proyecto propuesto correspondiente al municipio de Juárez en el estado de Chihuahua.

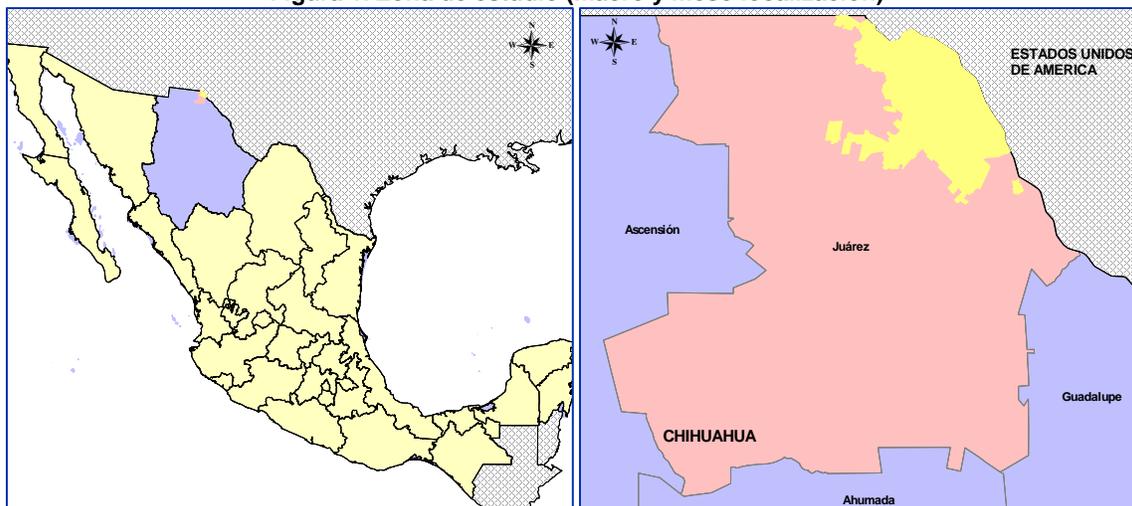
2.1.1 Ubicación dentro del entorno nacional

A nivel territorial (macro localización), el área de estudio considerada está constituida por el municipio de Juárez, en el estado de Chihuahua, el cual se encuentra en la zona norte de la República Mexicana.

La superficie del municipio de Juárez es de 3,550 km² y, de acuerdo con el Marco Geoestadístico, febrero 2018 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se calculó que la superficie cubierta por AGEB's urbanos es de 356 km², equivalente al 10% del territorio municipal.

A nivel regional (meso localización), el estudio se enfoca en la localidad de Ciudad Juárez, la cual se encuentra inmersa en la Zona Metropolitana de Juárez y El Paso y colinda con ciudades estadounidenses como El Paso y Nuevo México, en el estado de Texas.

Figura 1. Zona de estudio (macro y meso localización)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Ciudad Juárez es considerada como la ciudad más importante del municipio debido a la basta industria manufacturera dedicada al ensamble de material importado y a la exportación de productos terminados principalmente a los Estados Unidos de América.

Estas actividades, aunadas a la ubicación estratégica de la ciudad la cual funciona como un punto de conexión directa con EE. UU., han fomentado el desarrollo e impulso de dicha industria y propiciado un polo de desarrollo atractivo para empresarios e inversionistas.

2.1.2 Características de la población

Para llevar a cabo el análisis histórico de la población se usó como fuente al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en específico el II Conteo de Población y Vivienda 2005, el Censo de Población y Vivienda 2010 y la Encuesta Intercensal 2015.

El empleo fue consultado en los Censos Económicos¹ 2004, 2009 y 2014, publicados por INEGI. Los datos analizados corresponden al personal ocupado (empleo formal fijo) en los años 2003, 2008 y 2013². Para completar las series, los datos intermedios entre censos y conteos fueron estimados mediante una interpolación lineal.

Una vez estimado el crecimiento medio de población y empleo para los periodos correspondientes es posible comparar, por ejemplo, el crecimiento entre 2005 y 2010 con el crecimiento 2010 al 2015, o con el crecimiento de todo el periodo observado (2005 a 2015 y 2003 a 2013).

Los datos del Producto Interno Bruto (PIB) 2003-2017 se obtuvieron de INEGI. Para estimar el PIB por municipio, se tomó como base el PIB estatal y se prorrateó entre los municipios tomando a la población como referencia.

La información considerada para la estimación de la Tasa de Motorización fue obtenida de los registros administrativos de vehículos de motor en circulación (automóviles) en el periodo 2005-2015 a nivel municipal publicada por INEGI.

2.1.2.1 Dinámica demográfica

Son cinco los aspectos que determinan la población de un territorio: los nacimientos, las defunciones, la esperanza de vida, la inmigración y la emigración. A la diferencia de los dos primeros se les denomina “*crecimiento natural*”³, mientras que a la diferencia de los dos últimos se le denomina “*crecimiento social*”⁴; la suma de ambas da como resultado el crecimiento total de la población. A continuación, se describirán los principales hallazgos del estudio de la población en la zona de estudio durante los años 2005, 2010 y 2015.

2.1.2.1.1 Análisis poblacional 2005 – 2015

¹ Los Censos Económicos “son métodos estadísticos que se emplean para poder conocer las características de los establecimientos productores de bienes, comercializadores de mercancías y prestadores de servicios a nivel nacional, con un gran nivel de detalle geográfico y sectorial. Están integrados por varios proyectos, alusivos a los distintos sectores de actividad económica” (INEGI 2015).

² Los censos económicos corresponden a levantamientos quinquenales del mes de diciembre del año anterior al de referencia; por ejemplo, el censo 2004 representa la información 2003.

³CONAPO, Prontuario Demográfico en México 2008.

⁴Ibid.

En Juárez la población al año 2015 fue de 1,391,180 habitantes. De 2005 a 2015 la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) fue de 0.6%, es decir, de 2005 a 2015 la población en Juárez aumentó en 77,842 habitantes, equivalente a una Tasa de Crecimiento Acumulado (TCA) de 5.9%. La población del municipio representó el 39% de la población total del estado en 2015.

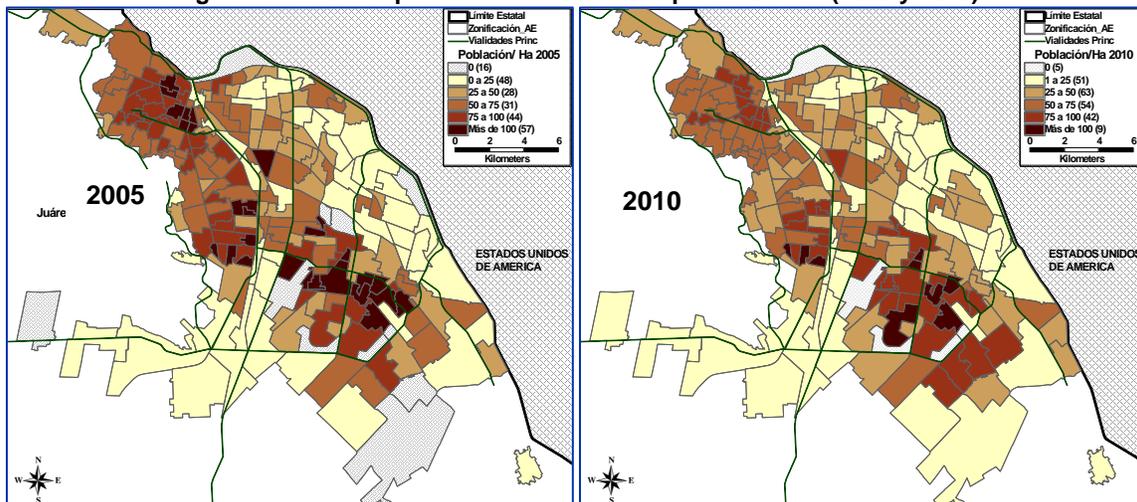
Tabla 1. Población en el municipio de Juárez (2005, 2010 y 2015)

Año	Población	TMCA
2005	1,313,338	-
2010	1,332,131	0.3%
2015	1,391,180	0.9%
TMCA 2005 – 2015		0.6%

Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

El periodo más dinámico del municipio se presentó de 2010 a 2015, donde creció a una TMCA de 0.9%, en este periodo la población aumentó en 59,049 habitantes. De 2005 a 2010 la TMCA de la población fue de 0.3%.

Figura 2. Densidad poblacional en el municipio de Juárez (2005 y 2010)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

De 2005 a 2010 se observa una despoblación general de la ciudad, este fenómeno se aprecia mejor en el noroeste, en donde prevalecían polígonos con alta densidad de población en 2005. Se observa también un aumento de densidades al sur y el poblamiento de nuevos polígonos que no contaban con población.

El despoblamiento se atribuye al periodo de inestabilidad social ocasionado principalmente por el incremento en los índices de violencia, lo que provocó salidas de población en zonas del centro histórico y en las recientes zonas habitacionales del suroriente.

A pesar del alto despoblamiento, la zona noroeste presenta la mayor concentración de población, en esta parte se encuentra el centro urbano y una diversificación de usos de suelo, factores que contribuyen a que dicho fenómeno no haya sido drástico. Son muy

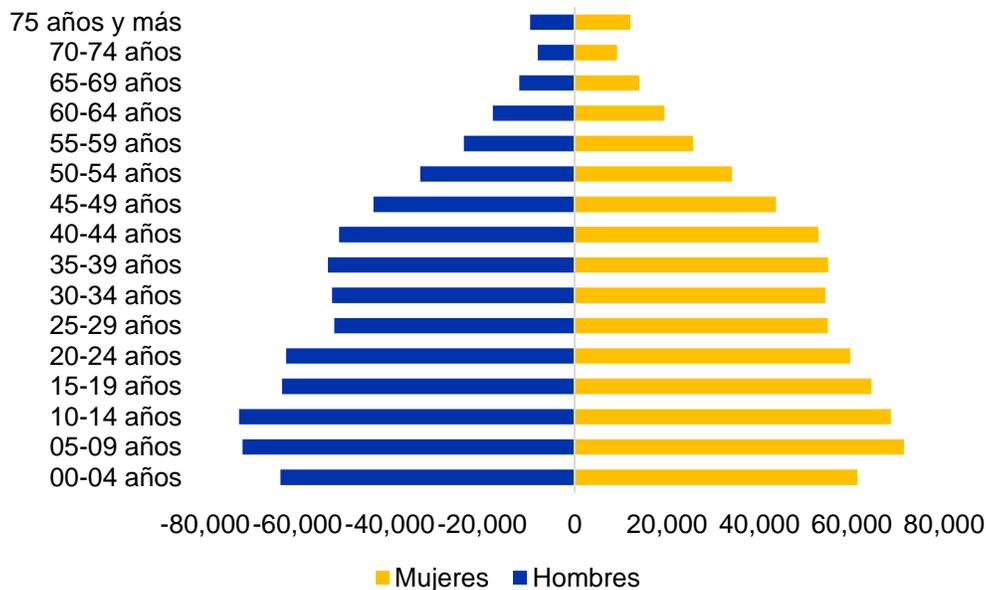
pocos los polígonos que presentan una densificación alta. Esto dificulta el abastecimiento de servicios públicos básicos.

2.1.2.1.2 Estructura poblacional

En términos de rangos de edades, en Juárez prevalecen los jóvenes⁵. En 2015 cerca de 250 mil habitantes, equivalente al 26% de la población total de Juárez, era joven. En específico, predomina la población de entre 5 y 9 años, este rango de edad representó en 2015 el 10% de la población del municipio.

De acuerdo con los cálculos realizados, la edad promedio en Juárez es de 29 años. La población femenina en 2015 fue mayor que la masculina en 8 mil personas.

Gráfica 1. Pirámide poblacional en el municipio de Juárez (2015)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

Tabla 2. Población por género en el municipio de Juárez (2005-2015)

Año	Población		TMCA	
	Hombres (H)	Mujeres (M)	Hombres (H)	Mujeres (M)
2005	658,346	654,992	-	-
2010	665,691	666,440	0.2%	0.3%
2015	691,131	700,049	0.8%	1.0%
TMCA 2005 - 2015			0.5%	0.7%

Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

El crecimiento poblacional de las mujeres ha sido más dinámico, en el periodo 2005 – 2015 presentó una TMCA de 0.7%, mientras que la población masculina creció a una TMCA de 0.5%.

⁵ Conforme a Naciones Unidas (NU) los jóvenes son el grupo de personas comprendidas entre los 15 y los 24 años.

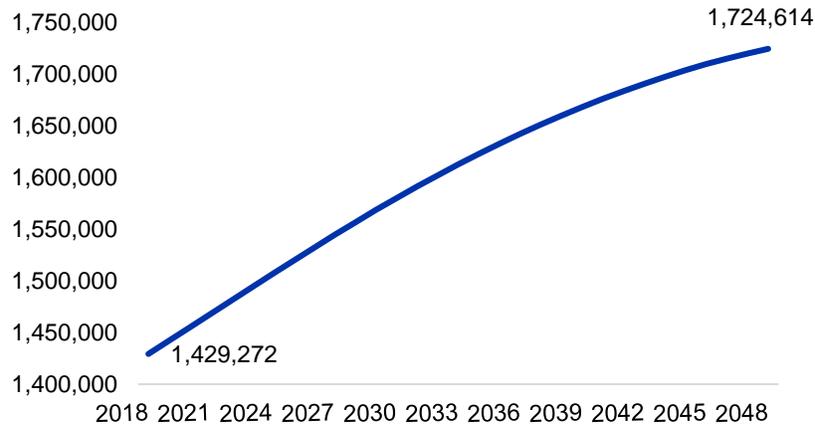
2.1.2.1.3 Pronóstico de población

El pronóstico de población presentado en esta sección se obtuvo a partir de las tasas de crecimiento anual del pronóstico de CONAPO. Por lo tanto, se estima que la población pasará de 1,429,272 en 2018 a 1,724,614 en 2048, es decir, se espera un incremento de 295,342 habitantes en 30 años, equivalente a una TCA de 20.7%. Se estimó una TMCA de 0.6% en este periodo.

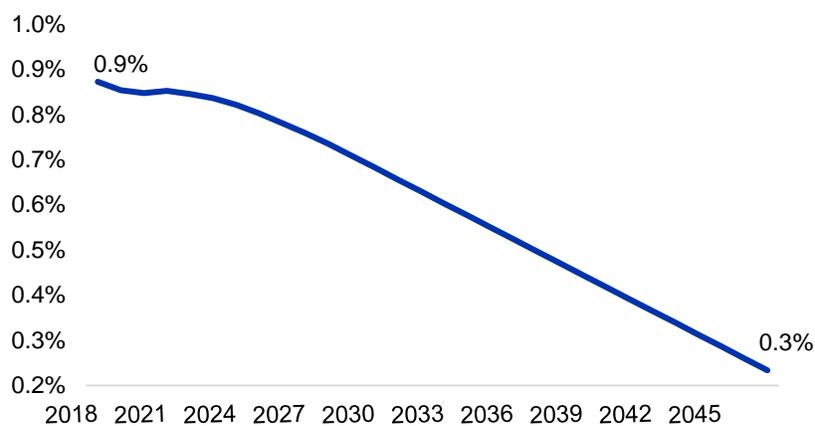
Tabla 3. Pronóstico de población en el municipio de Juárez (2018-2048)

Año	Población	TC
2018	1,429,272	-
2019	1,442,165	0.90%
2020	1,454,906	0.90%
2021	1,467,667	0.90%
2022	1,480,611	0.90%
2023	1,493,568	0.90%
2024	1,506,495	0.90%
2025	1,519,318	0.90%
2026	1,531,954	0.80%
2027	1,544,365	0.80%
2028	1,556,535	0.80%
2029	1,568,438	0.80%
2030	1,580,017	0.70%
2031	1,591,266	0.70%
2032	1,602,175	0.70%
2033	1,612,736	0.70%
2034	1,622,941	0.60%
2035	1,632,783	0.60%
2036	1,642,255	0.60%
2037	1,651,348	0.60%
2038	1,660,056	0.50%
2039	1,668,372	0.50%
2040	1,676,289	0.50%
2041	1,683,803	0.40%
2042	1,690,906	0.40%
2043	1,697,593	0.40%
2044	1,703,858	0.40%
2045	1,709,698	0.30%
2046	1,715,106	0.30%
2047	1,720,080	0.30%
2048	1,724,614	0.30%
TCMA 2018-2048		0.60%

Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI y CONAPO

Gráfica 2. Pronóstico de población en el municipio de Juárez (2018-2048)


Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

Gráfica 3. Tasa de crecimiento en el municipio de Juárez (pronóstico de población)


Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

2.1.2.2 Dinámica socioeconómica

2.1.2.2.1 Empleo formal 2003 – 2013

En Juárez el empleo formal creció a una TMCA de 0.4% de 2003 a 2013. En el mismo periodo se presentó un incremento de 15,730 empleos, equivalente a una TCA de 4.4%.

Tabla 4. Empleo en el municipio de Juárez (2003, 2008 y 2013)

Año	Empleo	TMCA
2003	358,938	-
2008	396,911	2.0%
2013	374,668	-1.1%
TMCA 2005 - 2015		0.4%

Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información del Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC) de INEGI

El empleo de Juárez ha representado, en promedio, el 49% del empleo estatal a lo largo del periodo 2003 - 2013. En 2013 el 60% del Personal Ocupado Total (POT) municipal se concentró en el sector manufacturas y el 13% en el comercio al por menor.

Específicamente, las subramas de las manufacturas que concentran la población ocupada son la fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos, con el 24% en promedio a lo largo del periodo 2003 - 2013. La segunda subrama que concentra a la población ocupada en el sector manufacturas es la fabricación de equipo de transporte, con un promedio de 37%.

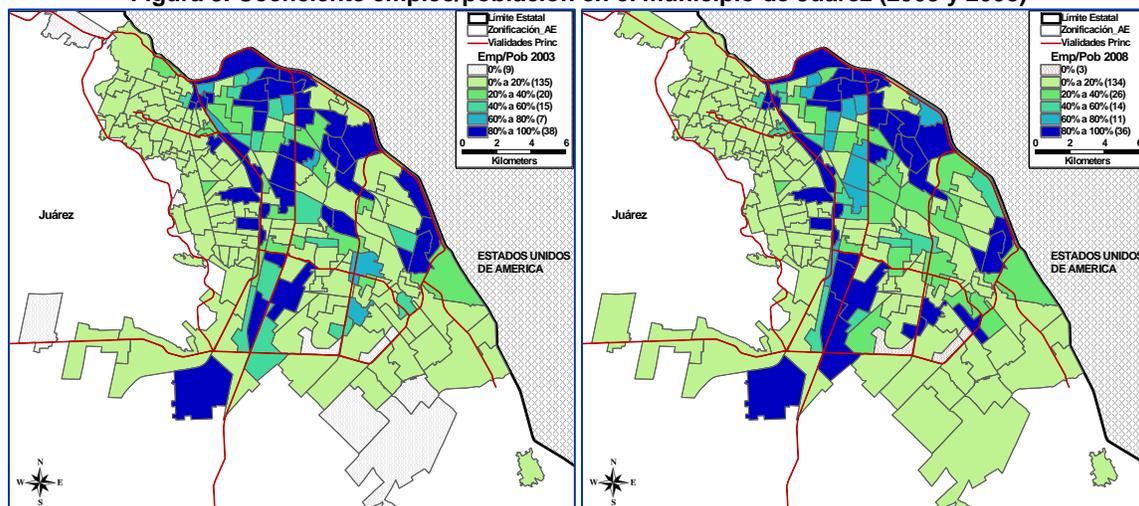
Como proporción estatal, la población ocupada en la subrama de fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos en 2013 fue de 13%, mientras que la población ocupada en la fabricación de equipo de transporte fue de 21%.

Tabla 5. Sectores concentradores de empleo en el municipio de Juárez

Actividad económica	2003		2009		2013	
	POT	% Estatal	POT	% Estatal	POT	% Estatal
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	45,763	13%	57,645	15%	50,143	13%
Fabricación de equipo de transporte	82,246	23%	77,157	21%	80,288	21%

Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

Figura 3. Coeficiente empleo/población en el municipio de Juárez (2003 y 2008)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

El empleo en la zona de estudio para el año 2003 presentaba una distribución al noroeste de Ciudad Juárez, esto debido a los asentamientos de empresas maquiladoras que aprovechan la cercanía con el país del norte. En 2008 el empleo tuvo una distribución hacia la zona suroeste de la ciudad sin perder los empleos que se localizaban en la parte norte. Este crecimiento del empleo obedece a la expansión de la maquila en la parte sur de la ciudad.

Se observan polígonos de empleo consolidados, a la vez de creaciones de nuevos polígonos concentradores de empleo en 2008, impulsando así un corredor transversal sobre la avenida Juan Gabriel. Se aprecia también que la dinámica de empleo está polarizada, existen centros concentradores de empleo, y en la mayor parte del territorio solo hay empleo de proximidad.

2.1.2.2.2 Pronóstico de empleo⁶

Se estima que el empleo municipal crecerá a una TMCA de 0.5% de 2018 a 2048, pasando de 384,968 empleos en 2018 a 444,352 en 2048, es decir, un aumento de 59,383 empleos, equivalente a una TMCA de 15.4%.

Tabla 6. Pronóstico de empleo en el municipio de Juárez (2018-2048)

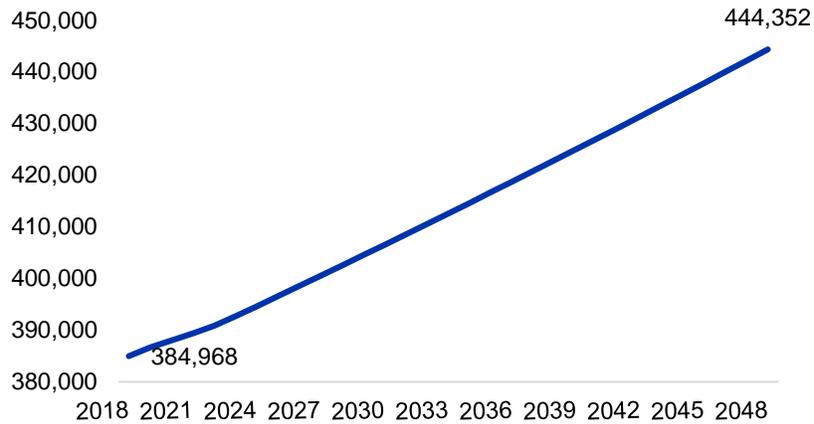
Año	Empleo	TC
2018	384,968	-
2019	386,657	0.40%
2020	387,982	0.30%
2021	389,373	0.40%
2022	390,864	0.40%
2023	392,680	0.50%
2024	394,626	0.50%
2025	396,582	0.50%
2026	398,548	0.50%
2027	400,524	0.50%
2028	402,509	0.50%
2029	404,505	0.50%
2030	406,510	0.50%
2031	408,525	0.50%
2032	410,550	0.50%
2033	412,585	0.50%
2034	414,631	0.50%
2035	416,686	0.50%
2036	418,751	0.50%
2037	420,827	0.50%
2038	422,913	0.50%
2039	425,010	0.50%
2040	427,117	0.50%
2041	429,234	0.50%
2042	431,362	0.50%

⁶ Para la obtención del pronóstico de empleo, primero se calculó el factor de elasticidad a través del cociente $\left(\frac{TMCA\ 2003-2013_{EMPLEO\ MUNICIPAL}}{TMCA\ 2003-2013_{PIB\ ESTATAL}}\right)$. Se asumió que, en el futuro, este factor no tendrá cambios significativos. Por lo tanto, al pronóstico de tasas de crecimiento anuales del PIB estatal se le aplicó el factor de elasticidad. Obteniendo así el crecimiento del empleo (E_i) por cada punto porcentual que creciera el PIB. De tal manera que, para calcular el valor absoluto del empleo futuro, al valor del empleo 2013 se le multiplicó el factor $(1+E_i)$, donde E_i es 0.15.

Año	Empleo	TC
2043	433,500	0.50%
2044	435,649	0.50%
2045	437,809	0.50%
2046	439,979	0.50%
2047	442,160	0.50%
2048	444,352	0.50%
TCMA 2018-2048		0.50%

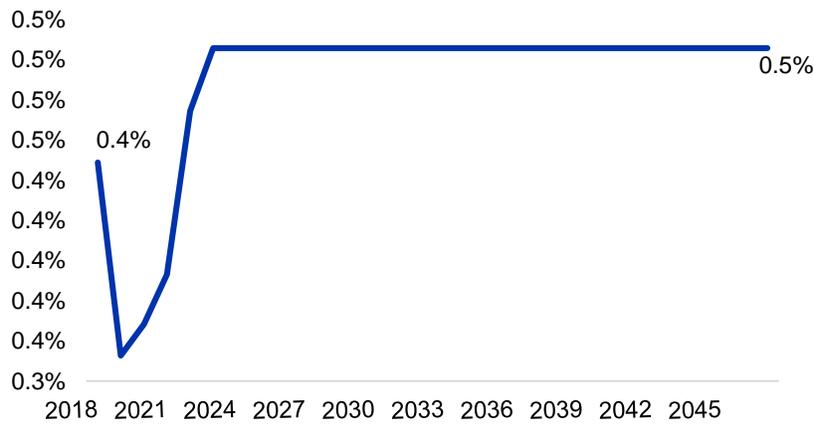
Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

Gráfica 4. Pronóstico de empleo en el municipio de Juárez (2018-2048)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

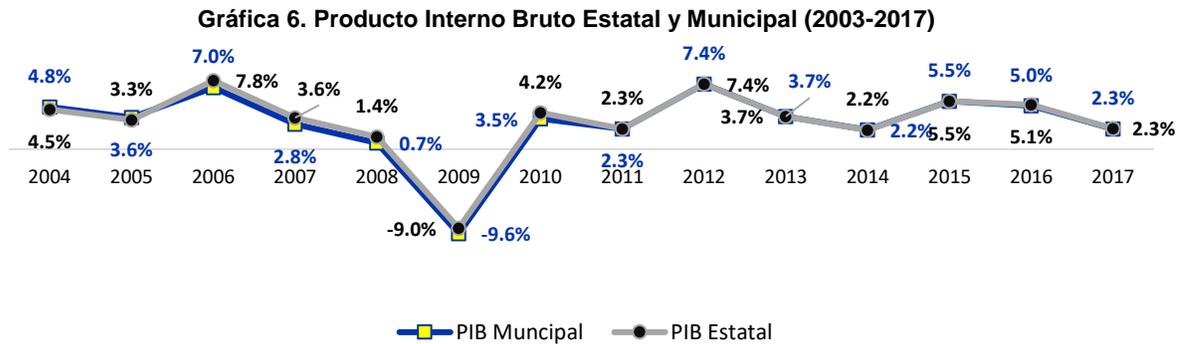
Gráfica 5. Tasas de crecimiento en el municipio de Juárez (pronóstico de empleo)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

2.1.2.2.3 Producto Interno Bruto (PIB) 2003 – 2017

El PIB municipal representó de 2003 a 2017, en promedio, el 40% del PIB estatal. En este mismo periodo el PIB municipal creció a una TMCA de 2.9%, inferior en 0.2 pp. a la TMCA estatal (3.1%). La gráfica muestra un alto nivel de sincronización entre ambos PIB, a partir de 2011 no existe brecha de crecimiento entre el producto estatal y el municipal.

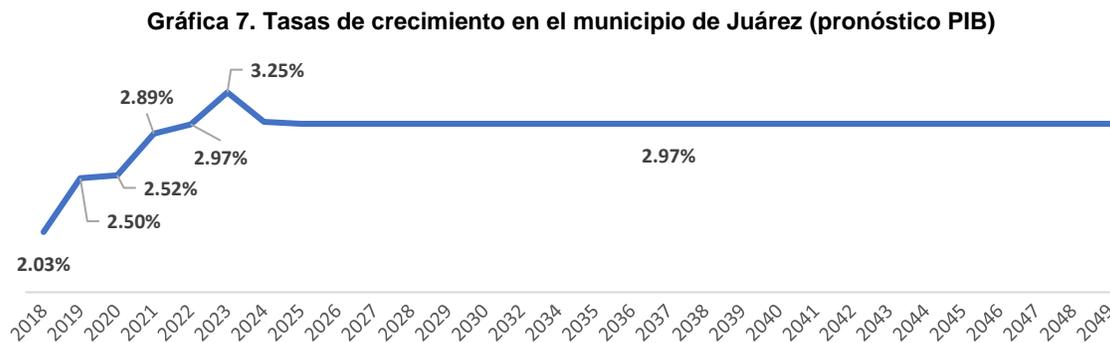


Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con datos de INEGI

El año con mayor crecimiento previo a la crisis económica mundial fue el año 2006 con una TC de 7%. La crisis representó una contracción fuerte del PIB municipal, con una caída de -9.6% del PIB. A partir de 2010 se presentó una buena recuperación de la economía municipal, llegando a tasas de 7.4% para 2012 y de 5% para 2016.

2.1.2.2.4 Pronóstico del Producto Interno Bruto

El pronóstico del PIB fue elaborado por SIREM⁷. Se estima que el PIB municipal de 2019 se encuentre en un rango de crecimiento de entre 2.0% a 2.5%. Presentando una TMCA de 2019 a 2048 de 2.9%. Se pronostica un máximo de crecimiento de 3.2% en el año 2023.



Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con datos de INEGI

⁷ Sistema de Información Regional de México, S.A. de C.V. (SIREM) es una consultoría que elabora estimaciones del comportamiento del Producto Interno Bruto a nivel nacional, municipal y zona metropolitana.

2.1.2.2.5 Parque vehicular 2005 – 2016

De acuerdo con el INEGI, en 2016 se registraron 462,806 automóviles en Juárez. De 2005 a 2016 el número de vehículos privados en el municipio creció a una TMCA de 3.9%, es decir, en este periodo el Parque Vehicular (PV) aumentó en 160,473 vehículos, representando una tasa de crecimiento acumulado de 53.1%. En 2016 el total de automóviles privados registrados en Juárez representó el 40% del total estatal.

2.1.2.2.6 Tasa de motorización 2005-2016

La tasa de motorización es el índice que muestra el número de vehículos privados por cada 1,000 habitantes. Estos se pueden clasificar, de acuerdo con la información disponible, en vehículos particulares (automóviles), transporte de carga (camiones) y transporte de personal (autobuses).

Para la estimación de la tasa de motorización, solo se consideró el grupo de vehículos particulares (automóviles) en el periodo 2005 – 2016, así como la población⁸ y el parque vehicular, en el mismo horizonte de tiempo.

La tasa de motorización en el municipio de Juárez en 2016 fue de 330 veh/1,000 hab. De 2005 a 2016 la motorización presentó una TMCA de 3.3% y una TCA de 43.2%, pasando de 230 a 330 veh/1,000 hab, es decir, un incremento de 100 veh/1,000 hab.

Tabla 7. Automóviles y tasa de motorización (TM) en el municipio de Juárez (2005-2016)

Año	Automóviles	TC	TM	TC
2005	302,333	-	230	-
2006	342,909	13.40%	260	13.10%
2007	331,690	-3.30%	251	-3.50%
2008	349,303	5.30%	264	5.00%
2009	355,573	1.80%	268	1.50%
2010	373,082	4.90%	280	4.60%
2011	366,502	-1.80%	273	-2.60%
2012	375,664	2.50%	277	1.60%
2013	398,359	6.00%	291	5.10%
2014	416,668	4.60%	302	3.70%
2015	432,127	3.70%	311	2.80%
2016	462,806	7.10%	330	6.20%
TCMA 2018-2048		3.90%		3.30%

Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

2.1.2.2.7 Pronóstico de tasa de motorización y parque vehicular

En este apartado se exponen los resultados del pronóstico del transporte privado, el cual se estimó a un horizonte de 30 años. Para estimar la tasa de motorización futura, se realizó

⁸ El dato 2016 de población fue obtenido a partir de aplicar al dato 2015 de INEGI la tasa de crecimiento anual proporcionada por CONAPO.

una regresión lineal tomando como variable independiente el PIB Estatal. Los datos de motorización pronosticados se cruzaron con los datos de población estimados y así se determinó el parque vehicular futuro.

$$TMOT = 0.000616702471455 * PIB_{Estatal}$$

El coeficiente de correlación (R^2) del modelo es de 0.81. Ante variaciones de una unidad en el PIB estatal la Tasa de Motorización aumentará en 0.000617 unidades. El coeficiente del PIB es estadísticamente significativo (95% confianza) y el signo de éste es consistente con la teoría económica.

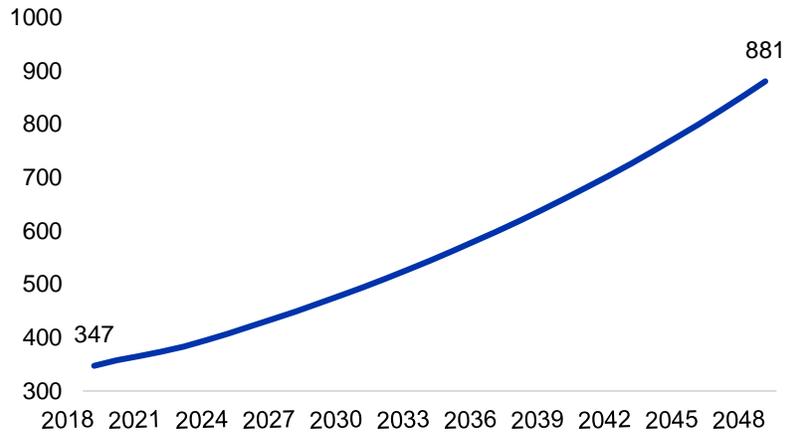
Se estima que la tasa de motorización pasará de 347 veh/1,000 hab en 2018 a 881 veh/1,000 hab en 2048, creciendo a una TMCA de 3.2%. La TCA que presenta el pronóstico de motorización es de 154%. El pronóstico de parque vehicular estima un incremento de 1,022,645 vehículos privados en el municipio de Juárez, con una TMCA de 3.8% (de 496,153 vehículos en 2018 a 1,518,798 en 2048).

Tabla 8. Pronóstico de parque vehicular y tasa de motorización en el municipio de Juárez

Año	Automóviles	TC	TM	TC
2018	496,153	-	347	-
2019	515,073	3.80%	357	2.90%
2020	531,333	3.20%	365	2.30%
2021	548,625	3.30%	374	2.40%
2022	567,404	3.40%	383	2.50%
2023	589,852	4.00%	395	3.10%
2024	614,352	4.20%	408	3.30%
2025	639,779	4.10%	421	3.30%
2026	666,129	4.10%	435	3.30%
2027	693,417	4.10%	449	3.30%
2028	721,664	4.10%	464	3.30%
2029	750,887	4.00%	479	3.30%
2030	781,090	4.00%	494	3.30%
2031	812,294	4.00%	510	3.30%
2032	844,524	4.00%	527	3.30%
2033	877,803	3.90%	544	3.30%
2034	912,154	3.90%	562	3.30%
2035	947,601	3.90%	580	3.30%
2036	984,168	3.90%	599	3.30%
2037	1,021,877	3.80%	619	3.30%
2038	1,060,754	3.80%	639	3.30%
2039	1,100,820	3.80%	660	3.30%
2040	1,142,100	3.70%	681	3.30%
2041	1,184,617	3.70%	704	3.30%
2042	1,228,394	3.70%	726	3.30%
2043	1,273,454	3.70%	750	3.30%
2044	1,319,821	3.60%	775	3.30%
2045	1,367,516	3.60%	800	3.30%
2046	1,416,563	3.60%	826	3.30%
2047	1,466,983	3.60%	853	3.30%
2048	1,518,798	3.50%	881	3.30%
TCM2018-2048		3.80%		3.20%

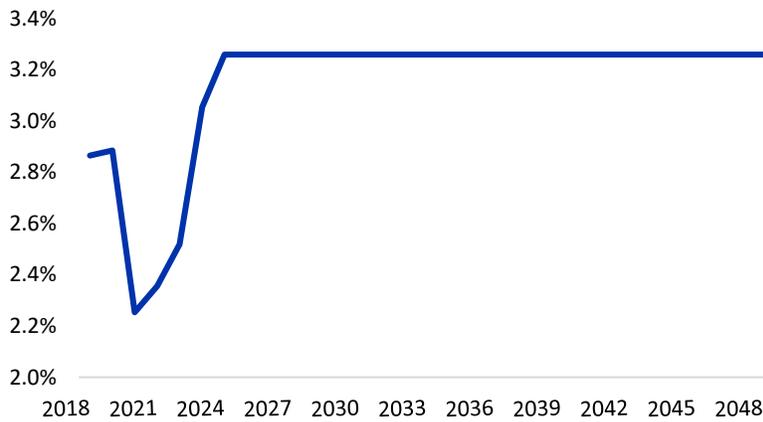
Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

Gráfica 8. Pronóstico de la tasa de motorización en el municipio de Juárez (2018-2048)



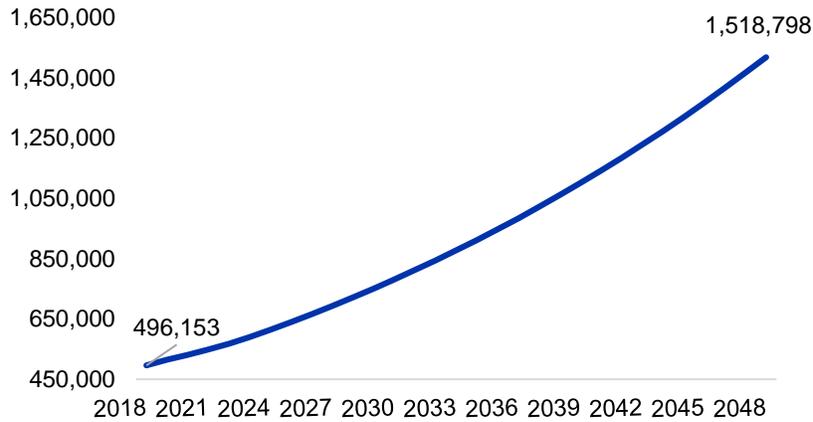
Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

Gráfica 9. Tasas de crecimiento en el municipio de Juárez (pronóstico de tasa de motorización)



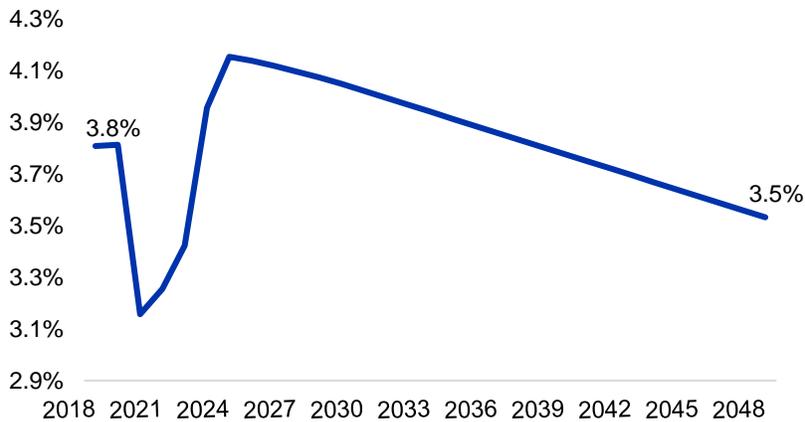
Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

Gráfica 10. Pronóstico de parque vehicular en el municipio de Juárez (2018-2048)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

Gráfica 11. Tasa de crecimiento en el municipio de Juárez (pronóstico de parque vehicular)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con información de INEGI

2.1.3 Actividades económicas

Las actividades económicas se refieren a las actividades que inciden de manera directa en el desarrollo económico del país, Estados y municipios, influyendo en el salario, el empleo y el bienestar de la población en conjunto.

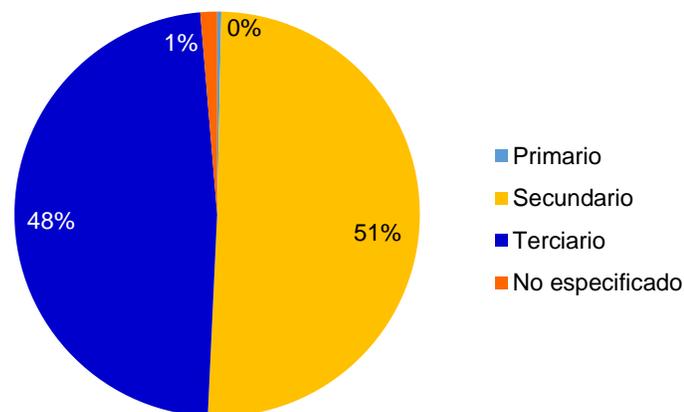
2.1.3.1 Población económicamente activa por sector

Debido a su dinamismo económico, Ciudad Juárez se ha convertido en uno de los tres puntos industriales más importantes del Norte de México, junto con Tijuana y Monterrey.

En 2015⁹ el total de la población se estimó en 1,066,740 habitantes, de los cuales un 55.9 % corresponde al total de la Población Económicamente Activa (PEA), la cual en su mayoría es población ocupada (96.4 %) y el resto es población desocupada (3.6 %). Asimismo, la población no económicamente activa representa el 43.8 % del total y el restante 0.19 % es el rubro de empleados no especificados.

Por otro lado, el total de población ocupada (574,840) en su mayoría hombres, se encuentra conformada por trabajadores de la industria (43.1 %), profesionistas (28.1 %), comerciantes (27.7 %), trabajadores agropecuarios (0.2 %) y trabajadores no especificados (0.8 %). A partir de lo anterior, se puede establecer que la población ocupada se encuentra concentrada en el sector secundario, seguido del terciario y el primario, como se muestra en la siguiente gráfica.

Gráfica 12. Población económicamente activa por sector (2015)



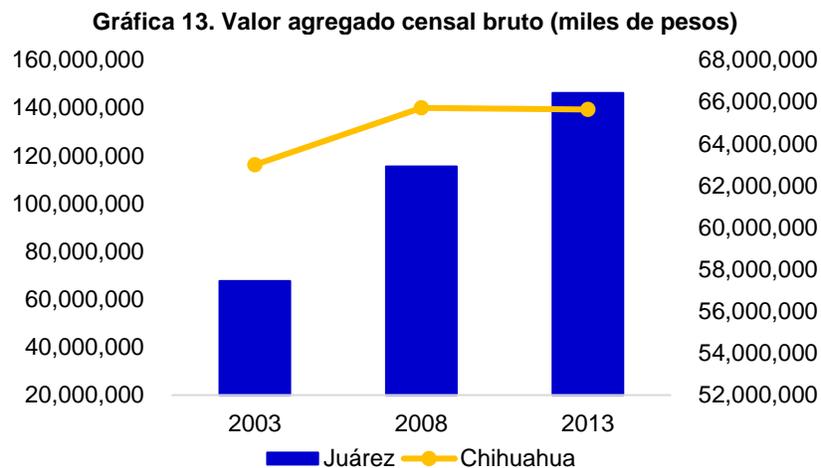
Fuente: Anuario Estadístico y Geográfico de Chihuahua 2017, INEGI

Con base en esta estructura, en 2019 el salario mínimo diario se ubicó en \$176.72 pesos, con un incremento de \$88.36 pesos respecto a 2018, el cual se traduce en un salario aproximado de \$5,301.60 pesos¹⁰ al mes.

La generación de dicho salario se obtiene a través de las actividades en alguna de las 40,400 unidades económicas establecidas en el municipio, las cuales se distribuyen en su mayoría en los sectores de servicios (19,600), comercio (16,900) e industria y de las cuales se obtuvo en 2013 un Valor Agregado Bruto (VAB) de 66.433 millones de pesos, lo que equivale al 48% del VAB total de Chihuahua.

⁹ Anuario Estadístico y Geográfico de Chihuahua 2017, INEGI. Población de 12 años y más.

¹⁰ Informe Así estamos Juárez 2018. Sistema de indicadores de calidad de vida.ee



Fuente: Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SIMBAD) 2015, INEGI

Del año 2003 al 2013, el VAB municipal tuvo una tasa de crecimiento del 16%, tan solo 4 puntos porcentuales por debajo del crecimiento estatal, lo cual quiere decir que las unidades económicas están impulsando el desarrollo del municipio.

Lo anterior está relacionado con el hecho de que Juárez es de los municipios más competitivos a nivel urbano ya que, de acuerdo con el Índice de Competitividad Urbana 2016¹¹, ocupa el lugar 17 de 74 ciudades y figura como una economía estable dentro de este mismo índice al ubicarse en la posición número 18.

2.1.3.2 Sectores económicos por actividad

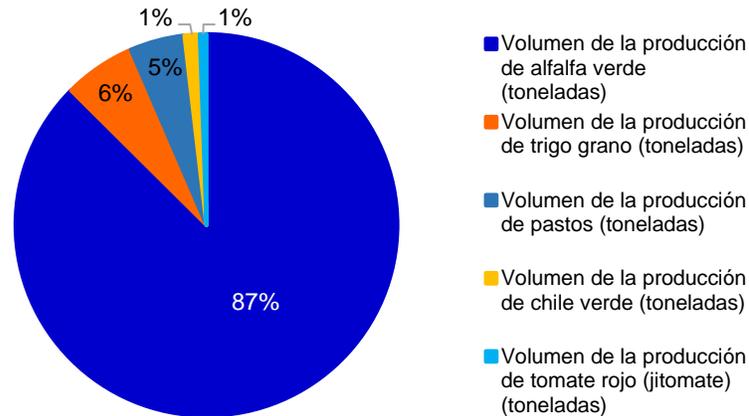
Los sectores económicos son la división de la actividad económica de un estado, atendiendo al tipo de proceso productivo que tenga lugar y englobando todos aquellos trabajos encaminados a la obtención de bienes materiales y servicios. De acuerdo con esta definición, se presenta un panorama de dichos sectores asociados al municipio de Juárez con la finalidad de establecer un escenario de referencia para el entendimiento de la economía local.

2.1.3.2.1 Sector primario

La agricultura se presenta como la actividad preponderante en este sector, para el año 2016 la producción de alfalfa fue de 49,049 toneladas, seguido del trigo con 3,048 toneladas y la producción de pastos con 2,597 toneladas como se muestra en la siguiente gráfica.

¹¹Índice de Competitividad Urbana 2016, Instituto Mexicano de la Competitividad.

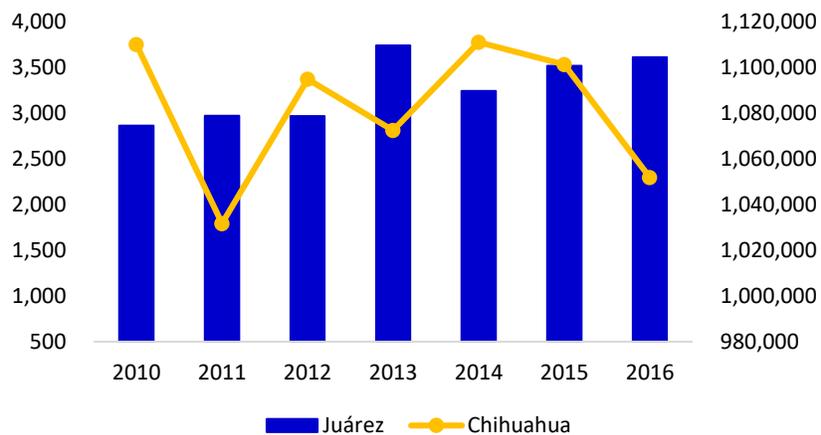
Gráfica 14. Volumen de la producción de productos diversos en 2016 (toneladas)



Fuente: Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SIMBAD) 2015, INEGI

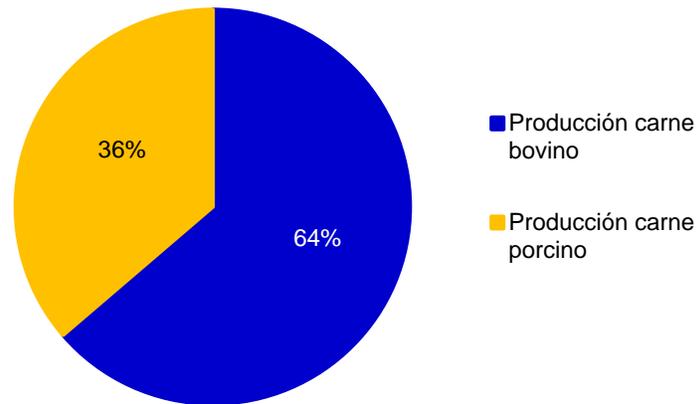
Dentro de la producción agrícola, la superficie sembrada ha descendido 106% a nivel estatal, sin embargo, a nivel municipal la tendencia ha sido ascendente (79.3%) como se muestra a continuación:

Gráfica 15. Producción agrícola 2010-2016 (superficie sembrada por principales cultivos por hectárea)



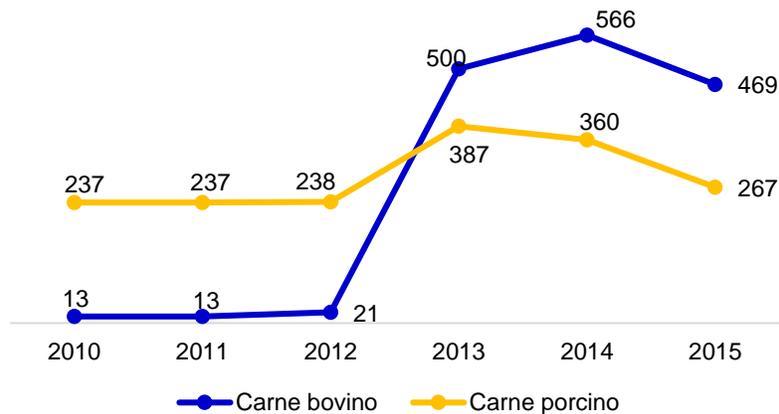
Fuente: Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SIMBAD) 2015, INEGI

En el caso de la actividad ganadera, la producción de ganado bovino en 2015 fue de 469 toneladas y la carne de porcino con 267 toneladas, lo que representa el 0.7% y el 4.1 % del total estatal respectivamente.

Gráfica 16. Producción ganadera 2015 (toneladas en porcentaje)


Fuente: Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SIMBAD) 2015, INEGI

Históricamente, la producción de carne bovina y porcina ha tenido comportamientos similares, pero en el año 2014 ha tenido descensos en la producción como se observa en la siguiente gráfica.

Gráfica 17. Volumen de la producción de carne 2010-2015 (toneladas)


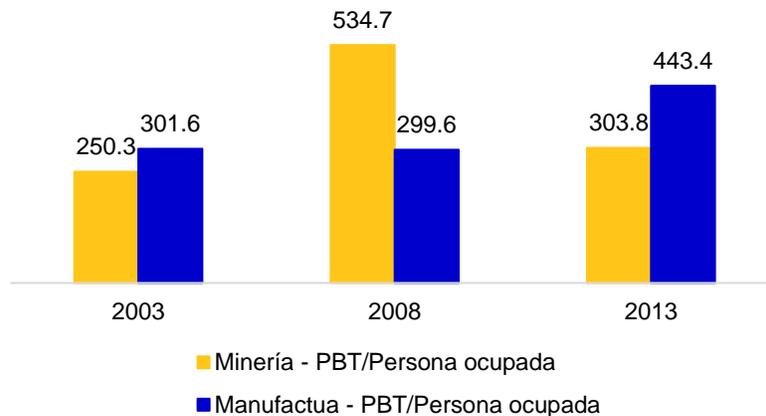
Fuente: Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SIMBAD) 2015, INEGI

La producción de ambos tipos de carne disminuyó 20% de 2014 a 2015, teniendo la carne de porcino la mayor disminución (26%) en comparación con la carne de res (17%) en 2015.

2.1.3.2.2 Sector secundario

En el caso del sector secundario, la minería tuvo una mayor Producción Bruta Total (PBT) en 2008 en comparación con la industria manufacturera, asimismo, esta última tuvo un repunte en la producción en los años 2003 y 2013.

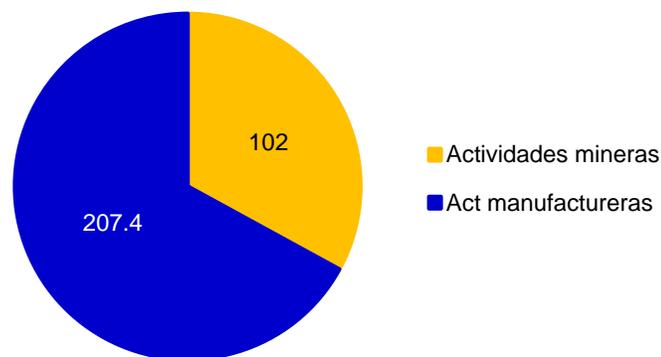
Gráfica 18. Producción bruta total por persona ocupada en minería y manufactura 2003-2013 (miles de pesos)



Fuente: Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SIMBAD) 2015, INEGI

La importancia del sector manufacturero en el municipio se observa a través del valor en el proceso productivo, el cual en 2013 fue de 207 miles de pesos, más del doble del valor de la producción minera.

Gráfica 19. Valor agregado censal bruto por persona ocupada en minería y manufactura 2013 (miles de pesos)



Fuente: Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SIMBAD) 2015, INEGI

Por otra parte, la industria manufacturera figura como la principal actividad la fabricación de partes para vehículos automotores, seguido de productos metálicos, al generar más de 50 mil y 40 mil empleos respectivamente¹².

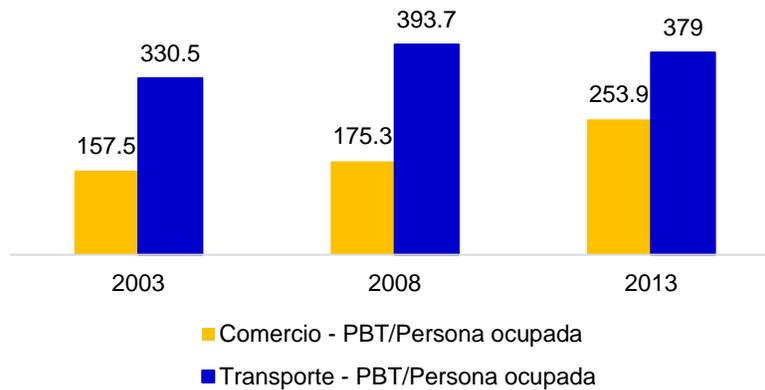
Asimismo, un ejemplo de la importante presencia industrial el municipio son los 40 parques industriales con empresas dedicadas a los sectores electrónico, automotriz y médico (North Gate, Centro Industrial Juárez, Industrial Intermex, Omega-Magnaplex, Antonio J. Bermúdez, entre otros).

¹² Atlas de complejidad económica 2016

2.1.3.2.3 Sector terciario

Este sector (el cual incluye ámbitos comerciales y de transporte) ha tenido un menor impacto en comparación con los sectores anteriores, sin embargo, actividades como el servicio de mensajería o correo y el almacenamiento han destacado al lograr niveles ascendentes.

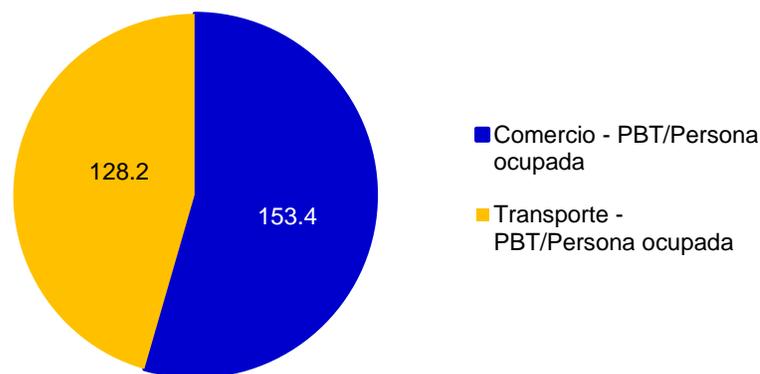
Gráfica 20. Producción bruta total por persona ocupada en comercio y transporte 2003-2013 (miles de pesos)



Fuente: Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SIMBAD) 2015, INEGI

La injerencia menos significativa de este sector se debe, entre otras características, a que las condiciones de localización y extensión del municipio propician condiciones más favorables para el desarrollo de los sectores primario y secundario.

Gráfica 21. Valor agregado censal bruto por persona ocupada en comercio y transporte 2013 (miles de pesos)



Fuente: Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SIMBAD) 2015, INEGI

Al comparar el valor agregado municipal con el estatal, se obtiene que la mayor parte de valor del comercio se da en Ciudad Juárez con un promedio de casi el 100%, situación similar al valor agregado de la actividad de transporte con un 90%.

Finalmente, en términos comerciales, la mayoría de las exportaciones de Ciudad Juárez se dirigen a los Estados Unidos mientras que las importaciones son principalmente de China. El 40% de las exportaciones están relacionadas con la industria de maquinaria (computadoras), seguido de los electrónicos principalmente conductores de electricidad (5.7%) y partes de vehículos automotores (3.1%). Por su parte, en las importaciones figuran en primer lugar los electrónicos (22.9%), la maquinaria (10.9%) y los químicos con 1.7%, entre otros¹³.

2.1.4 Problemática existente

2.1.4.1 El problema de movilidad actual

Para resolver los problemas de tránsito en la zona urbana de Cd. Juárez, las autoridades han apostado por el mejoramiento de las intersecciones viales, ya que estas al contar con una sobresaturación de vehículos en los cruces generan una problemática (largos tiempos de recorrido que tiene cada conductor para llegar a su destino final; costos económicos al estar un largo periodo de tiempo en el tránsito; niveles de contaminación inadecuados debido a las emisiones de los vehículos de combustión y problemas sociales que se crean por el aumento de estrés, entre otros) la cual se traduce en un problema de movilidad en la ciudad.

Figura 4. Relación entre problemática y problema



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Esta problemática es cada vez más aguda con el aumento del parque vehicular en la localidad de Juárez (2.1.2.2.5 *Parque vehicular 2005 – 2016*, 2.1.2.2.6 *Tasa de motorización 2005 – 2016* y 2.1.2.2.7 *Pronóstico de tasa de motorización y parque vehicular*), que a su vez demanda un mayor número de sistemas de control en intersecciones de la red vial dando como resultado un aumento en las demoras de viajes interurbanos ocasionados por estos sistemas.

¹³ Atlas de complejidad económica 2016

Por su parte, el volumen vehicular en la zona de influencia del proyecto, principalmente en la intersección del boulevard Juan Pablo II con la avenida Francisco Villarreal Torres, representa en la actualidad un gran reto a resolver debido al número de usuarios cada vez mayor que circulan por ese punto.

Esta situación se agudiza debido a que el flujo no es exclusivo de transporte privado, sino que confluyen vehículos de transporte público y transporte de carga, situación que afecta al movimiento vehicular de la zona.

2.1.4.2 Intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres

La intersección del boulevard Juan Pablo II con la avenida Francisco Villarreal Torres representa un punto conflictivo en términos de movilidad para los usuarios. Este punto está caracterizado a nivel técnico como una intersección a nivel, la cual se define como un área compartida por dos o más caminos¹⁴ y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta.

Este tipo de intersecciones varían en complejidad desde un simple cruce, con solo dos caminos que se cruzan entre sí en ángulo recto, hasta una intersección más compleja, en la cual se cruzan tres o más caminos dentro de la misma área (Highways & Streets, 2001). En este caso, la intersección analizada se considera como un cruce simple en donde converge un boulevard y una avenida, sin embargo, se presentan diez movimientos direccionales, lo que ocasiona un conflicto vial en el área de influencia.

Figura 5. Movimientos direccionales en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

¹⁴ Vía de comunicación terrestre cuya estructura consta de un terraplén, obras de drenaje y revestimiento para el tránsito de vehículos.

Tabla 9. Movimientos direccionales en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres

Movimiento	Sentido	Maniobra	
1-1	Norte	Vuelta en "U"	Retorno
1-2	Norte – Sur	De frente	Continuación
2-1	Sur – Norte	De frente	Continuación
2-3	Sur – Oriente	Vuelta izquierda	Incorporación
3-3	Poniente	Vuelta en "U"	Retorno
3-1L ^{a/}	Poniente – Norte	Vuelta izquierda	Incorporación
3-1C ^{b/}	Poniente – Norte	Vuelta izquierda	Incorporación
1-3L	Norte – Poniente	Vuelta derecha	Incorporación
3-2	Poniente – Sur	Vuelta derecha	Incorporación
1-3C ^{c/}	Norte - Poniente	Vuelta izquierda	Incorporación

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

- ^{a/} El movimiento 3-1L que contempla el flujo vehicular proveniente del poniente que circula sobre la Av. Francisco Villarreal Torres y que se dirige hacia el norte con incorporación al Blvd. Juan Pablo II se realiza a través de un carril lateral.
- ^{b/} El movimiento 3-1C que contempla el flujo vehicular proveniente del poniente que circula sobre la Av. Francisco Villarreal Torres y que se dirige hacia el norte con incorporación al Blvd. Juan Pablo II se realiza a través de dos carriles centrales.
- ^{c/} El movimiento 1-3 que contempla el flujo vehicular proveniente del norte que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el poniente con incorporación a la Av. Francisco Villarreal Torres se realiza a través de un carril central de vuelta continua con precaución.

Si bien este tipo de intersecciones resultan ser convenientes porque requieren menor superficie para alojarlas y son más económicas que otras alternativas (puentes, túneles o desniveles), la problemática se genera cuando el flujo vehicular aumenta y el tipo de intersección no tiene la capacidad de servicio requerida, pues ocasionan conflictos viales en horas pico.

Por otra parte, existen factores importantes que determinan la problemática en intersecciones viales, uno de estos es la evidencia física del volumen vehicular, el cual se puede interpretar como el reflejo de puntos críticos en los cuales surge la necesidad de identificarlos y convertirlos en prioridad para solucionar el problema de movilidad en la zona. Otro factor es el resultado de la proyección del flujo que arroja un aumento para los próximos años (Valles, 2009).

Otro factor para considerar está asociado a las demoras o tiempos de espera que sufren los usuarios. Estas demoras o tiempos de espera se traducen en mayores costos de tiempo de espera y un mayor consumo de combustible.

Asociado al factor de las demoras, se identificó que los dispositivos de semaforización contemplan fases cortas y un ciclo limitado, lo que provoca la formación de colas en las vialidades adyacentes (aproximadamente 400 o 450 m sobre la avenida Francisco Villarreal Torres y el boulevard Juan Pablo II), la acumulación de vehículos en las bahías de retorno para realizar los movimientos de vuelta en "U".

Por otra parte, la presencia de agentes de tránsito en el área de influencia de la intersección entorpece el tránsito debido a que las condiciones para agilizar el flujo vehicular quedan a criterio de las autoridades que se encuentran en la zona y el arreglo geométrico deficiente no permite un funcionamiento adecuado que se traduzca en infraestructura vial efectiva. La problemática actual además de traducirse en tiempos de espera de los usuarios y consumo de combustible tiene un impacto negativo en la emisión de contaminantes.

Las imágenes que se muestran a continuación, tomadas durante la ejecución de los trabajos de levantamiento de campo los días martes 9 de octubre y jueves 10 de octubre del 2018, muestran el volumen horario de máxima demanda (VHMD) que se presenta en las vialidades del área de influencia, tanto en el Blvd. Juan Pablo II como en la Av. Francisco Villarreal Torres.

Figura 6. Volumen vehicular sobre el Blvd. Juan Pablo II en la hora de máxima demanda (de 07:30 h a 08:30 h)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Figura 7. Identificación de puntos críticos en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Figura 8. Formación de colas



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Finalmente, las condiciones operativas de la intersección no son adecuadas debido a que no tiene la capacidad para atender la demanda vial de la zona, por lo que se requieren nuevas estrategias para agilizar la movilidad apoyándose en el mejoramiento de las condiciones operativas de la red vial y la necesidad de disponer de un instrumento idóneo para afrontar la solución de la problemática.

En 2019, el costo por tiempo de espera se estimó en \$98,812,422.80 pesos, mientras que el costo por consumo de combustible en ralentí¹⁵ se estimó en \$15,919,606.18 pesos, haciendo un total de \$114,732,028.97 pesos.

2.1.4.3 Incremento en la población y la tasa de motorización

Si no se realiza ninguna acción, la problemática actual potencialmente se agudizará en el futuro básicamente por dos motivos:

- i) el crecimiento natural de la demanda (por incrementos en población y tasa de motorización) – ver numeral 2.1.2.2.6 *Tasa de motorización 2005-2016*, y
- ii) el desarrollo de nuevos puntos generados y atractores de demanda en zonas cercanas a la zona de influencia del proyecto: proyectos específicos de crecimiento habitacionales, industriales, comerciales, de recreación u algún otro generador de empleo o que funja como atractor de población y que estén en proceso de construcción.

2.1.4.4 Proyectos específicos

El cierre o generación de nuevos centros de atracción y generadores de viajes (centros laborales, comerciales, de vivienda, etc.) modificará el patrón de viajes de la zona modificando la demanda de los servicios de transporte, generando una demanda que previamente no existía.

Para la identificación de los desarrollos que impactarán directamente al proyecto, se realizó una búsqueda de proyectos específicos en el área de influencia para considerar los impactos del impacto en población y empleo de nuevos desarrollos, adicionales al crecimiento natural de la zona.

Se considera como un proyecto específico de crecimiento a los proyectos habitacionales, industriales, comerciales, de recreación u algún otro generador de empleo o que funja como atractor de población y que estén en proceso de construcción en los municipios estudiados. Los proyectos específicos son fundamentales en el análisis, puesto que se consideraron dentro de las proyecciones de población y empleo al representar nuevos nodos de generación y/o atracción de viajes en los años futuros.

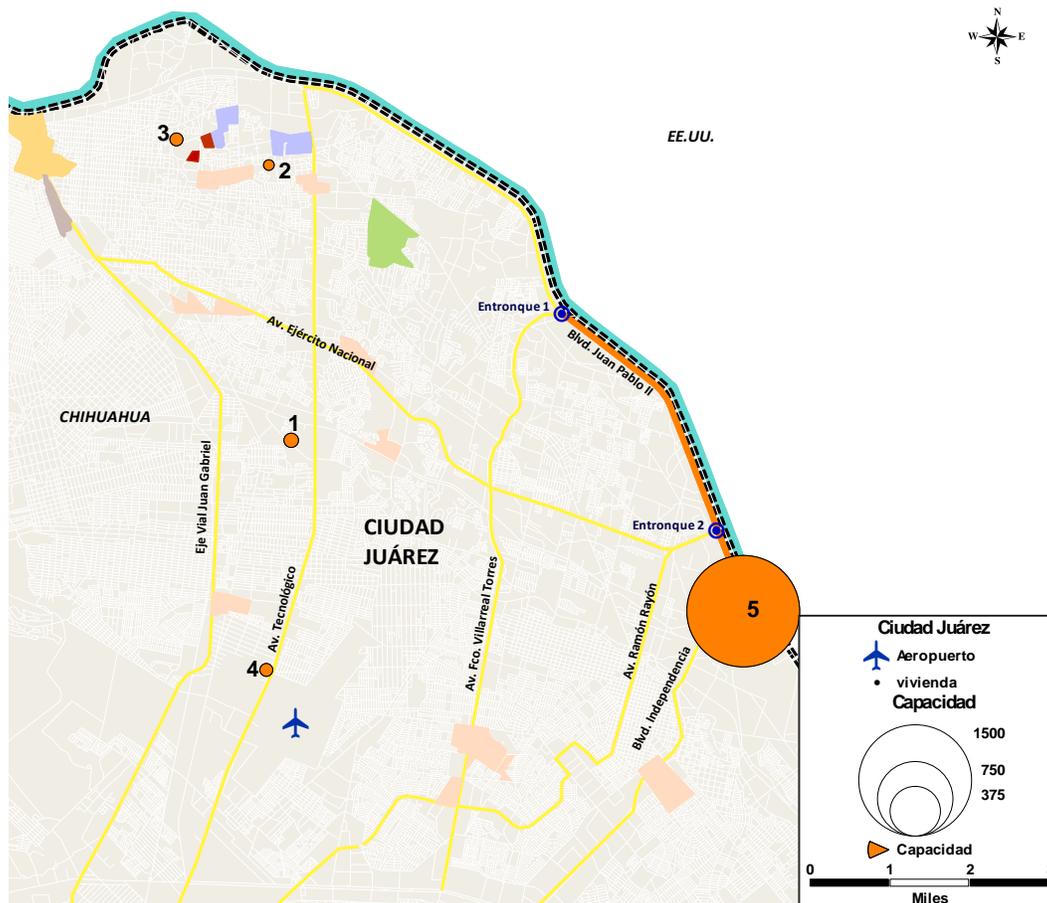
¹⁵ Ralentí es el régimen mínimo de revoluciones por minuto que tiene un vehículo cuando se encuentra totalmente detenido. De acuerdo al ciclo de Otto, para que el motor continúe funcionando, las revoluciones por minuto disminuyen hasta quedar en un promedio de 900 RPM. Para vehículos diésel el consumo varía en mayor medida por los tamaños del motor. Debido a que los motores diésel presentan menor grado de combustión y sirven para darle mayor torque a los motores, disminuyen la potencia del mismo y presentan una eficiencia muy baja al mantenerlos en ralentí por más de 5 minutos.

Para los proyectos de impacto en el crecimiento de población se buscaron condominios, fraccionamientos y torres departamentales. Se obtuvieron los datos del número de viviendas, población estimada y años de inicio y fin de obra.

Para los proyectos que generarán empleo fijo, se buscaron centros comerciales, torres de oficinas, centros de convenciones, entre otros. A continuación, se muestran los proyectos habitacionales y generadores de empleo identificados al 2018, con el nombre del proyecto, descripción, tipo, estatus y capacidad.

Los cinco proyectos habitacionales que se identificaron fueron principalmente de carácter residencial, en su mayoría están dirigidos a sectores de la población de clase media y media baja, asimismo, se contempla el plan de reactivación de viviendas abandonadas como medida de reactivación en el sector popular. Por su parte, los proyectos generadores de empleo son predominantemente dirigidos a la industria, el tipo de proyectos detectados son en su mayoría oficinas y de carácter comercial.

Figura 9. Desarrollo de proyectos habitacionales específicos



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

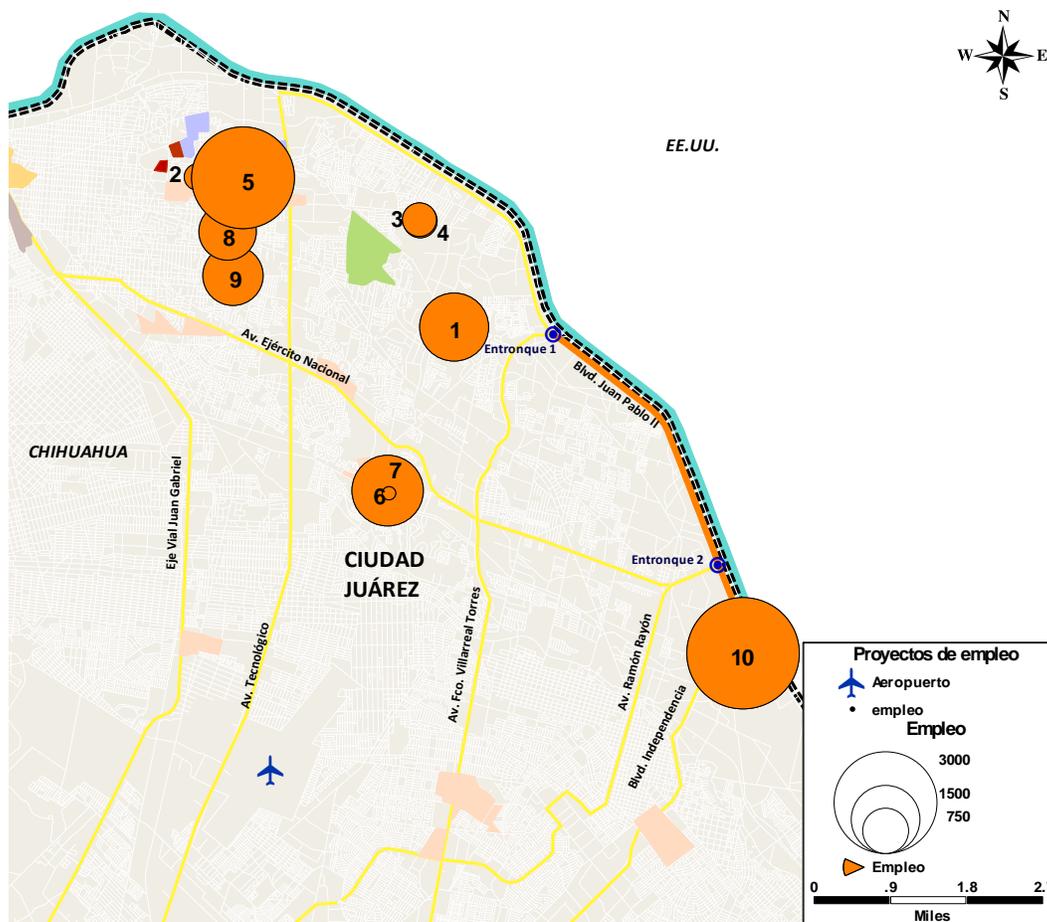
Tabla 10. Proyectos específicos habitacionales en la zona de influencia del proyecto

No.	Proyecto	Descripción	Tipo	Estatus	Capacidad máxima
1	Fraccionamiento	Complejo inmobiliario	Vivienda	En construcción	48
2	Cantabria	Complejo inmobiliario	Mixto	En construcción	30
3	Complejo inmobiliario	Complejo inmobiliario	Mixto	En proceso (prefactibilidad)	40
4	Complejo inmobiliario	Complejo inmobiliario	Mixto	En proceso (prefactibilidad)	40
5	El nuevo Juárez	Complejo inmobiliario	Mixto	En construcción	1,500
Total					1,658

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Como se mencionó anteriormente, la instalación de proyectos de empleo se relaciona con la reactivación del potencial industrial que busca la ciudad. Además, la transformación del antiguo hipódromo en el próximo centro de negocios pretende atraer aún más inversiones. Por su parte, la cercanía con Estados Unidos ubica al municipio como un punto estratégico en la localización de plantas extranjeras, sobre todo en las zonas delimitadas al sureste y al norte.

Figura 10. Desarrollo de proyectos específicos de empleo



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Tabla 11. Proyectos específicos de empleo en la zona de influencia del proyecto

No.	Proyecto	Descripción	Tipo	Estatus	Capacidad máxima
1	Oficinas	Complejo de oficinas	Empleo	En construcción	1,500
2	Centro comercial	Centro comercial	Empleo	En construcción	300
3	Hospital de Cancerología	Infraestructura hospitalaria	Empleo	En construcción	450
4	Hospital General de Especialidades Cantabria	Infraestructura hospitalaria	Empleo	En construcción	450
5	Complejo inmobiliario	Complejo inmobiliario	Mixto	En construcción	3,000
6	Hotel Crown Plaza	Infraestructura turística	Empleo	En proceso (prefactibilidad)	100
7	Edificio de oficinas y departamentos	Complejo de oficinas	Mixto	En proceso (prefactibilidad)	1,600
8	Plaza comercial	Complejo comercial	Empleo	En proceso (prefactibilidad)	1,100
9	Plaza comercial	Complejo comercial	Empleo	En proceso (prefactibilidad)	1,200
10	El nuevo Juárez	Complejo inmobiliario	Mixto	En construcción	3,500
Total					13,200

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Finalmente, el desarrollo de proyectos específicos muestra la dinámica económica de la región e implica la intensificación del tránsito vehicular en el área de influencia del proyecto debido a la demanda generada asociada a la necesidad que tienen los usuarios de infraestructura de transporte. Asimismo, la demanda futura que se generará provocará que los usuarios demanden productos y servicios que anteriormente no se requerían.

2.2 Análisis de la oferta existente

La oferta se define como la capacidad de producción, suministro y/o cantidad disponible de bienes o servicios disponibles. Para el transporte en particular, la oferta está determinada por la red vial sobre la que se transita; esta red vial está definida por las características físicas y geométricas que la integran.

2.2.1 Definición de la red vial relevante de análisis

La vialidad como elemento estructurador permite organizar y reservar el espacio que se dedicará para la movilidad considerando diferentes plazos, más allá del horizonte de tiempo y crecimiento poblacional para prever su integración.

La estructura vial con la que cuenta Cd. Juárez actualmente está conformada por cuatro tipos de vialidades: de acceso controlado (o regional), primarias (troncal, convencional y complementaria), secundarias y locales (Plan de Desarrollo Urbano Sostenible, 2016).

Desde la actualización de los Planes de Desarrollo Urbano de Ciudad Juárez 2003 y 2010, se ha establecido la necesidad de una red vial regional y vialidades principales interurbanas. Un ejemplo de esta configuración fue la constitución del Anillo Vial Periférico (AVP), el cual funciona como infraestructura de distribución regional y opera como un libramiento que evita los flujos de vehículos pesados que, al penetrar en la zona consolidada de la ciudad, saturan los sistemas viales internos (IMIP, 2016).

Para fines del presente ACB, la infraestructura en la zona de influencia se encuentra integrada por dos vialidades de acceso controlado. En el siguiente mapa se muestra la estructura vial en la zona de influencia.

Tabla 12. Definición de la red vial relevante de análisis

Sección transversal	Vialidad	Tipo
Boulevard	Juan Pablo II	Vía de acceso controlado
Avenida	Francisco Villarreal Torres	Vía de acceso controlado

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Figura 11. Estructura vial en la zona de influencia



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano Sostenible 2016

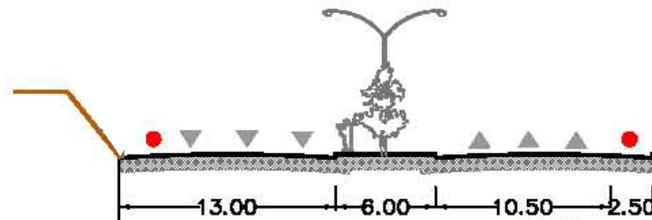
2.2.2 Características físicas y geométricas de la red vial relevante de análisis

2.2.2.1 Blvd. Juan Pablo II

Es una vialidad de acceso controlado que, de acuerdo a la jerarquía establecida en el PDUS 2016, pertenece al AVP y permite la conectividad de Ciudad Juárez a lo largo de la zona fronteriza con los Estados Unidos de América. El boulevard cuenta con una longitud de 14.0 km con un eje de trazo que conecta las zonas norte y sur de la ciudad a partir de la intersección con la avenida Rafael Pérez Serna hasta su cruce con el boulevard Independencia.

En el tramo comprendido desde la intersección con la avenida Rafael Pérez Serna hasta el cruce con la avenida Francisco Villarreal Torres, el boulevard está configurado con una sección transversal de 32.0 m de ancho de corona, para alojar seis carriles de circulación de 3.5 m de ancho cada uno (tres por sentido) con acotamientos laterales de 2.5 m. La sección cuenta con un camellón central de 6.0 m.

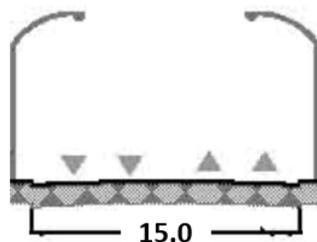
Figura 12. Sección transversal del Blvd. Juan Pablo II, tramo: de la Av. Rafael Pérez Serna a la Av. Francisco Villarreal Torres



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano Sostenible 2016

El tramo desde la intersección con la avenida Francisco Villarreal Torres hasta el cruce con el boulevard Independencia está configurado nominalmente con una sección transversal de 15.0 m de ancho de corona, para alojar cuatro carriles de circulación de 3.75 m de ancho cada uno (dos por sentido) sin acotamientos laterales ni barrera central.

Figura 13. Sección transversal del Blvd. Juan Pablo II, tramo: de la Av. Francisco Villarreal Torres al Blvd. Independencia



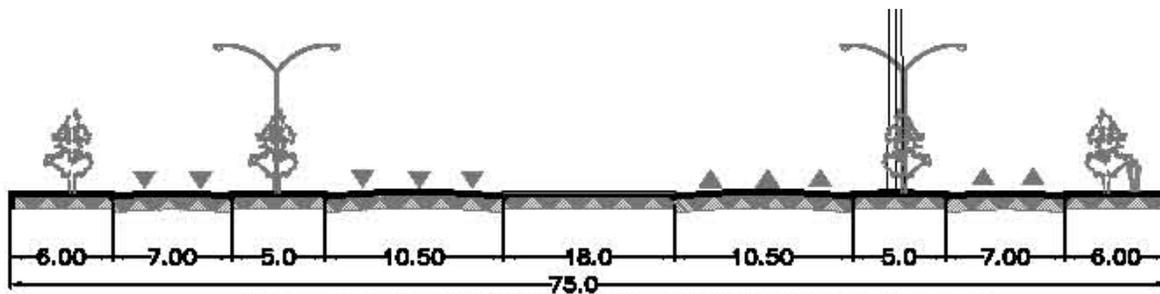
Fuente: Plan de Desarrollo Urbano Sostenible 2016

2.2.2.2 Av. Francisco Villarreal Torres

De acuerdo con el PDUS 2016, es una vialidad de acceso controlado que comunica la zona oriente de la ciudad. Actualmente cuenta con 7.0 km de longitud y un eje de trazo que inicia desde la intersección con el boulevard Juan Pablo II hasta el cruce con la avenida Manuel J. Clouthier.

La avenida está configurada con una sección transversal de 75.0 m, para alojar seis carriles centrales (tres por sentido) de 3.5 m de ancho cada uno, cuatro carriles laterales (dos por sentido) de 3.5 m de ancho cada uno, camellón central de 18.0 m, camellones laterales de 5.0 m y banquetas de 6.0 m.

Figura 14. Sección transversal de la Av. Francisco Villarreal Torres



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano Sostenible 2016

2.2.2.3 Intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres

En lo que respecta a la intersección del boulevard Juan Pablo II con la avenida Francisco Villarreal Torres, ésta presenta diez movimientos direccionales, los cuales permiten la mezcla de los flujos vehiculares provenientes de las zonas norte, sur y poniente de la ciudad. A continuación, se presenta una tabla con la caracterización de cada movimiento.

Tabla 13. Datos de la oferta en la situación actual

Movimiento	3-1C ^{a/}	3-1L ^{b/}	3-2	3-3	2-1
Número de carriles	2	1	1	1	1
Ancho de corona (m)	7.0	3.5	3.5	3.5	3.5
Tipo de pavimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
Tipo de terreno ^{d/}	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice de rugosidad (IRI) ^{e/}	3	3	3	3	3
Movimiento	2-3	1-1	1-2	1-3C ^{c/}	1-3L ^{d/}
Número de carriles	1	1	2	1	1
Ancho de corona (m)	3.5	3.5	7	3.5	3.5
Tipo de pavimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
Tipo de terreno ^{e/}	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice de rugosidad (IRI) ^{f/}	3	3	3	3	3

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

- a/ El movimiento 3-1C que contempla el flujo vehicular proveniente del poniente que circula sobre la Av. Francisco Villarreal Torres y que se dirige hacia el norte con incorporación al Blvd. Juan Pablo II se realiza a través de dos carriles centrales.
- b/ El movimiento 3-1L que contempla el flujo vehicular proveniente del poniente que circula sobre la Av. Francisco Villarreal Torres y que se dirige hacia el norte con incorporación al Blvd. Juan Pablo II se realiza a través de un carril lateral.
- c/ El movimiento 1-3C que contempla el flujo vehicular proveniente del norte que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el poniente con incorporación a la Av. Francisco Villarreal Torres se realiza a través de un carril central.
- d/ El movimiento 1-3L que contempla el flujo vehicular proveniente del norte que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el poniente con incorporación a la Av. Francisco Villarreal Torres se realiza a través de un carril lateral.
- e/ Según el *Manual de Capacidad de Carreteras* (HCM, por sus siglas en inglés) en su última versión, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: plano ≤ 2.0 , $2.0 < \text{lomerío} \leq 4.0$, montañoso > 4.0 .
- f/ En referencia al estado físico del tramo observado y dados los parámetros siguientes: $IRI > 3.5$: no satisfactorio; $2.5 < IRI \leq 3.5$: satisfactorio; $IRI \leq 2.5$: bueno.

Figura 15. Movimientos direccionales en la situación actual


Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

2.3 Análisis de la demanda actual

La estimación de la demanda actual se realizó por medio de los siguientes trabajos de campo.

2.3.1 Estudios de campo

Se presenta una descripción de cada una de las actividades realizadas los días martes 9, miércoles 10 y jueves 11 de octubre de 2018 durante la campaña de levantamiento de campo. Las actividades realizadas incluyen el reconocimiento de la zona de estudio, la instalación de dos aforos automáticos (AA1 y AA2), un aforo direccional (AD1).

2.3.1.1 Reconocimiento de la zona de estudio

Durante esta etapa se realizaron recorridos para el reconocimiento de la zona de estudio e identificación del área de influencia, la cual comprende la intersección del boulevard Juan Pablo II con la avenida Francisco Villarreal Torres.

Figura 16. Intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

2.3.1.2 Aforos automáticos (AA1 y AA2) para obtener información de los volúmenes de tránsito que circulan en la zona durante una semana

Los aforos automáticos se utilizan para obtener conteos vehiculares en puntos intermedios de una vialidad o en tramos continuos a campo abierto. En nuestro país, los más utilizados son los equipos o contadores automáticos, los cuales están conformados por una manguera flexible conectada a una caja metálica que se utiliza para registrar los datos.

Generalmente, se utilizan dos juegos de mangueras en ambos sentidos de la vialidad en estudio y se colocan en forma transversal sobre la corona y debidamente ancladas a la misma.

Para el caso del levantamiento que se realizó en campo, se instalaron dos equipos automáticos ubicados sobre el boulevard Juan Pablo II, el primer equipo neumático (AA1) se encuentra antes del cruce con la avenida Francisco Villarreal Torres y el segundo equipo neumático (AA2) después del cruce con la calle Ramón Rayón (sentido poniente a oriente); los dos equipos estuvieron localizados dentro del área de influencia del proyecto y registraron el volumen vehicular que circuló por los puntos mencionados durante 24 horas al día en un periodo de siete días (del martes 9 al martes 16 de octubre).

Figura 17. Ubicación de aforos automáticos



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Tabla 14. Ubicación de aforos automáticos (coordenadas geográficas)

Estación	Coordenadas geográficas	
	Latitud	Longitud
AA1	31.719822	-106.376936
AA2	31.683017	-106.344503

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

La información obtenida de los aforos automáticos permite analizar el comportamiento del tráfico de una semana y el porcentaje de vehículos ligeros y pesados. Asimismo, una recomendación importante es que los aforos automáticos deben ser considerados en la mayoría de los estudios en los que se requieren más de 12 horas de datos continuos en el mismo lugar. Los aforos automáticos presentan diversas ventajas y desventajas, las más representativas se mencionan a continuación:

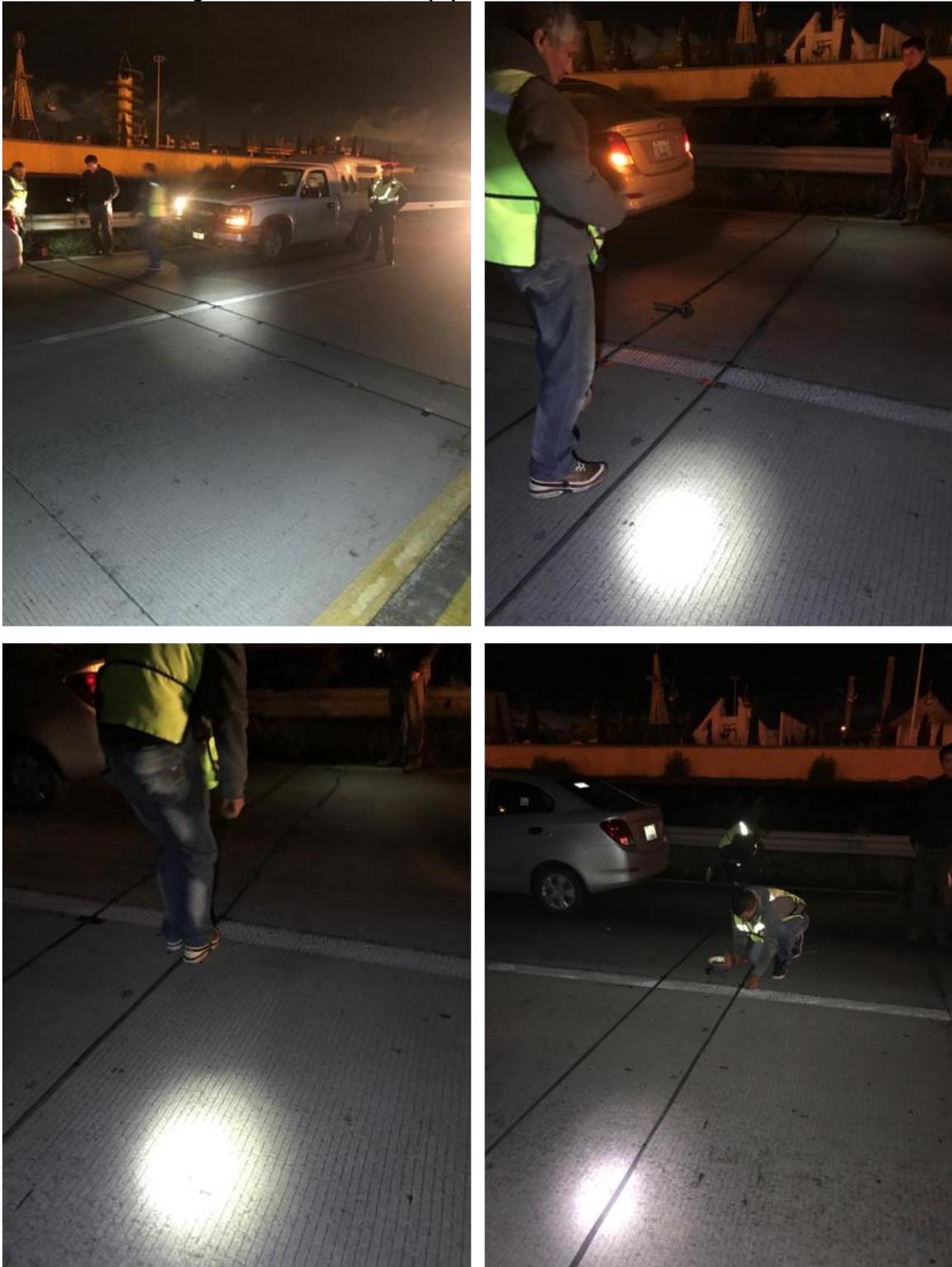
- **Ventajas:** son herramientas de bajo costo y con un extenso tiempo de cobertura.
- **Desventajas:** son herramientas que no registran los movimientos de vuelta, están sujetos a vandalismo (robo de las partes), no hay forma de saber si la unidad estuvo inoperante entre las lecturas y presenta posibles errores de precisión al momento del conteo cuando se tiene un flujo con vehículos de tres o más ejes.

Figura 18. Instalación de equipos neumáticos en la estación AA1



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Figura 19. Instalación de equipos neumáticos en la estación AA2



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

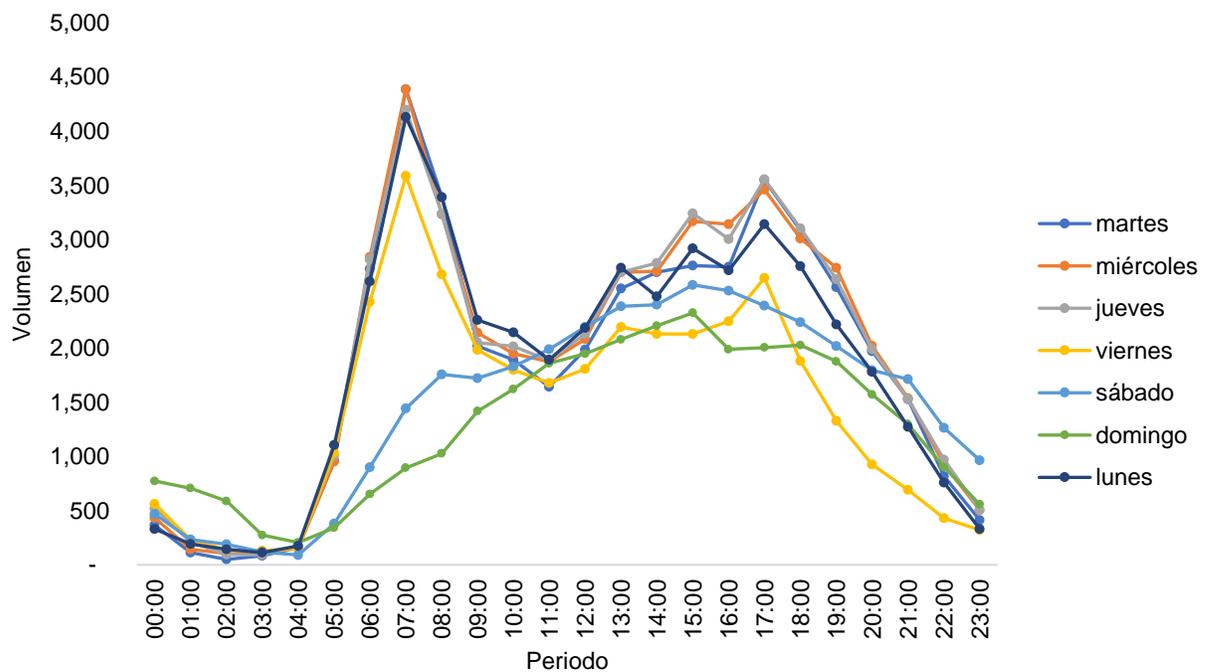
El resumen semanal de la estación AA1, así como el comportamiento horario se presenta a continuación:

Tabla 15. Resumen semanal de la estación AA1

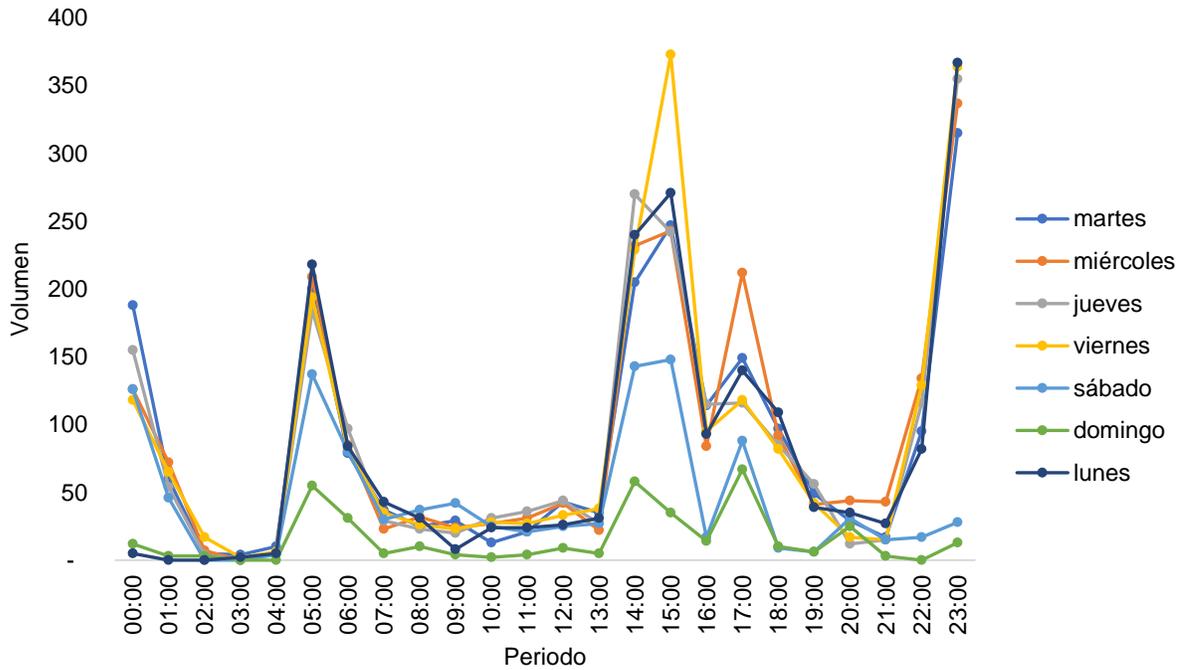
Día	Automóviles	Autobús	Camión unitario (CU)	Camión articulado (CA)	Total
Martes	44,460	2,066	2,150	2,365	51,041
Miércoles	46,302	2,168	2,067	2,380	52,917
Jueves	46,438	2,091	1,990	2,328	52,847
Viernes	35,114	2,158	2,211	2,221	41,704
Sábado	35,587	1,102	1,077	961	38,727
Domingo	31,126	374	526	562	32,588
Lunes	43,768	1,904	2,005	2,204	49,881
Total semanal	282,795	11,863	12,026	13,021	319,705
TDPS	40,399	1,695	1,718	1,860	45,672
Total (Es)	216,082	10,387	10,423	11,498	248,390
TDPEs	43,216	2,077	2,085	2,300	49,678
Total (Fs)	66,713	1,476	1,603	1,523	71,315
TDPFS	33,357	738	802	762	35,658

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

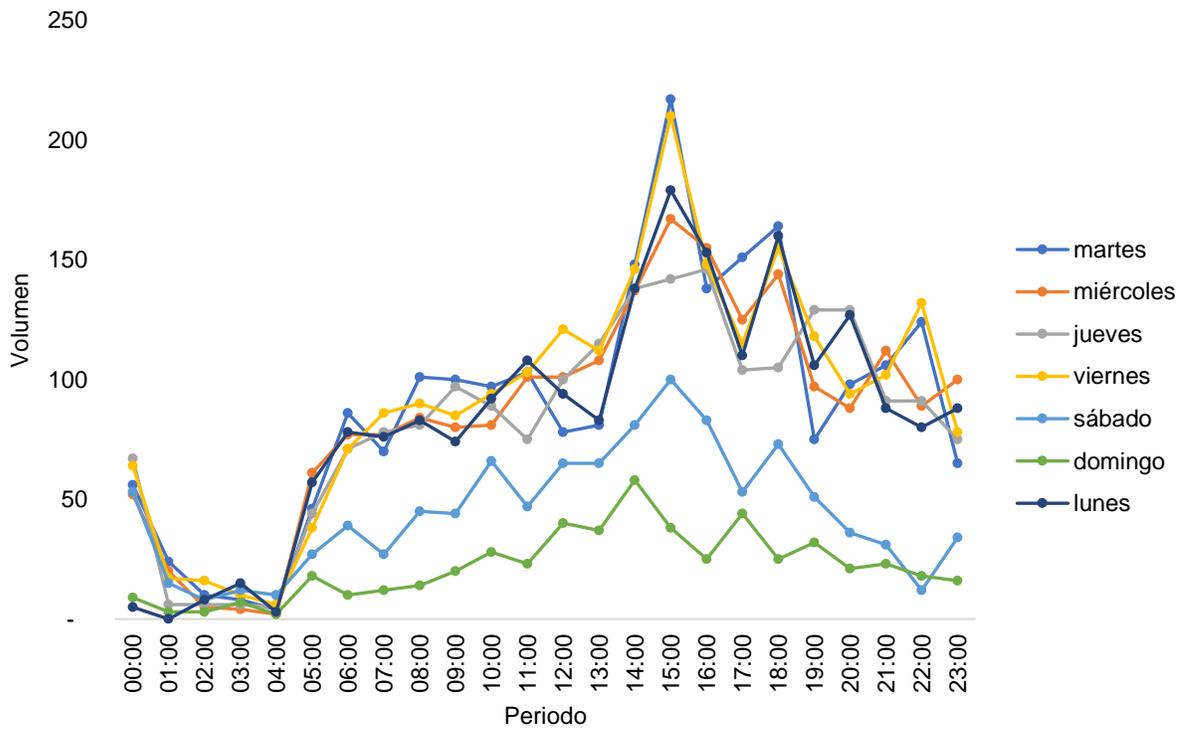
Gráfica 22. Comportamiento horario para automóviles



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

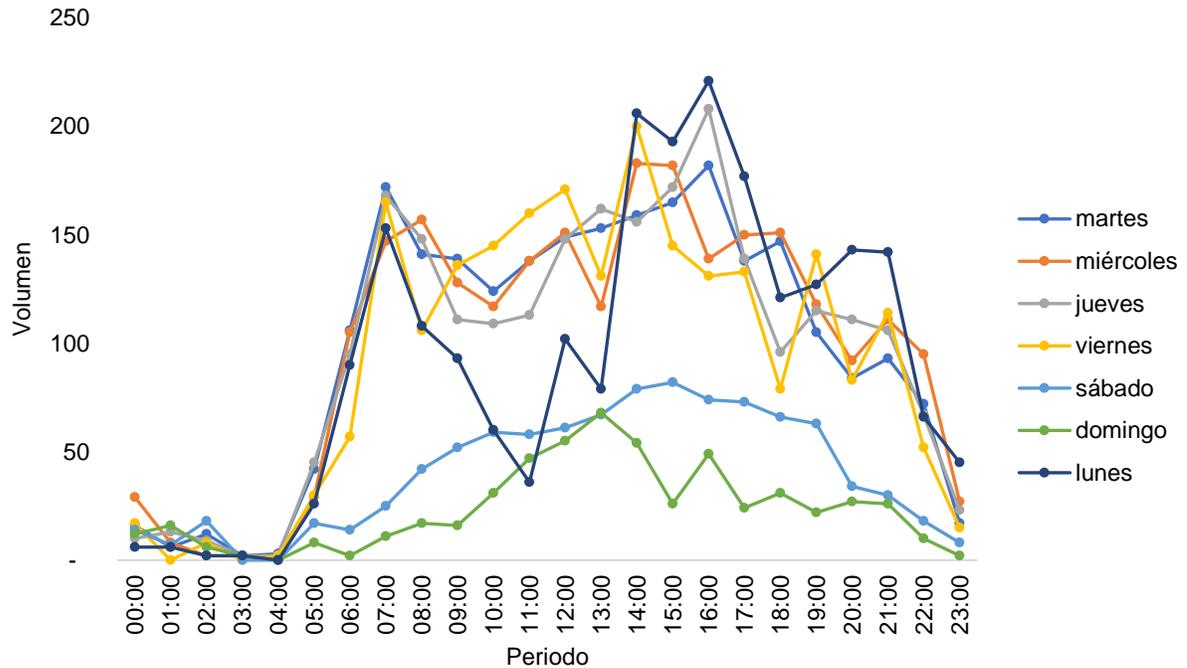
Gráfica 23. Comportamiento horario para autobuses


Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Gráfica 24. Comportamiento horario para camiones unitarios


Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Gráfica 25. Comportamiento horario para camiones articulados



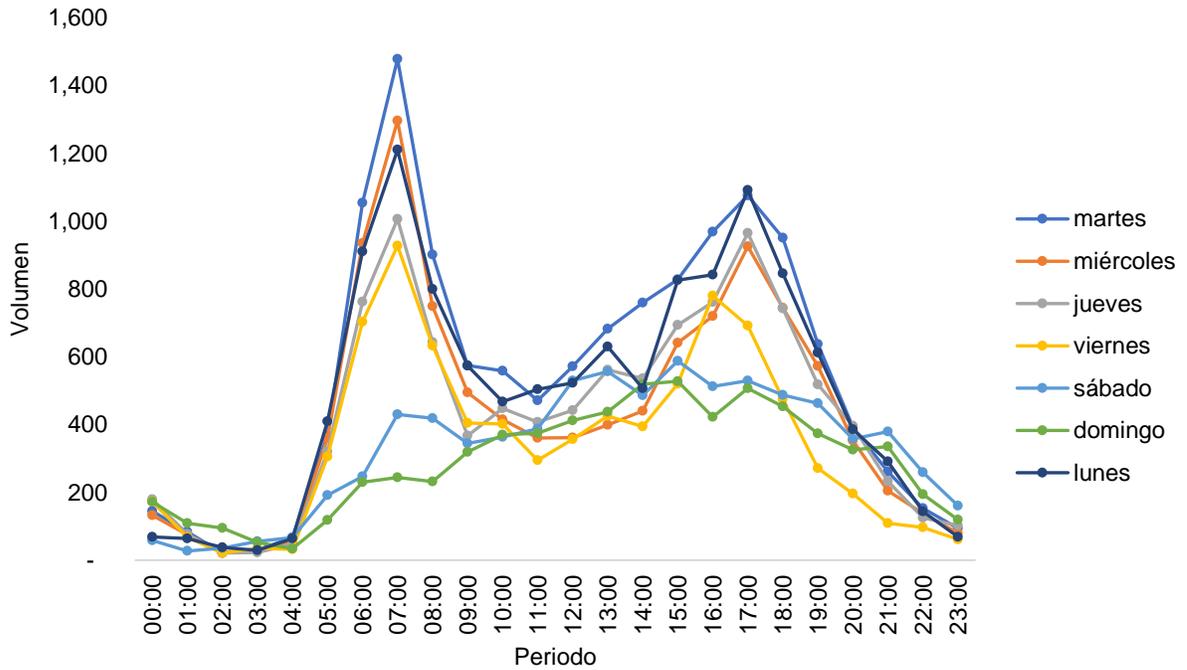
Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

El resumen semanal de la estación AA2, así como el comportamiento horario se presenta a continuación:

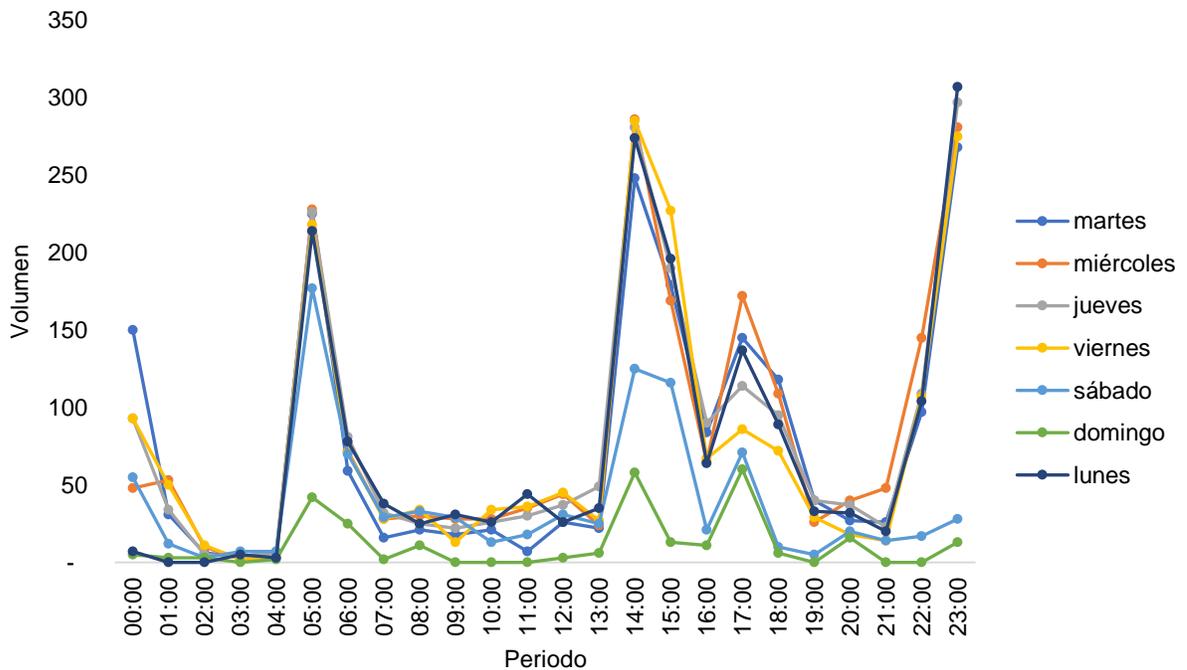
Tabla 16. Resumen semanal de la estación AA2

Día	Automóviles	Autobús	Camión unitario (CU)	Camión articulado (CA)	Total
Martes	13,135	1,844	1,949	1,261	18,189
Miércoles	10,507	1,974	2,119	1,525	16,125
Jueves	10,382	1,946	2,201	1,687	16,216
Viernes	8,377	1,845	2,020	1,494	13,736
Sábado	7,938	936	1,410	594	10,878
Domingo	6,980	279	870	292	8,421
Lunes	11,909	1,788	1,754	1,731	17,182
Total semanal	69,228	10,612	12,323	8,584	100,747
TDPS	9,890	1,516	1,760	1,226	14,392
Total (Es)	54,310	9,397	10,043	7,698	81,448
TDPEs	10,862	1,879	2,009	1,540	16,290
Total (Fs)	14,918	1,215	2,280	886	19,299
TDPFS	7,459	608	1,140	443	9,650

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

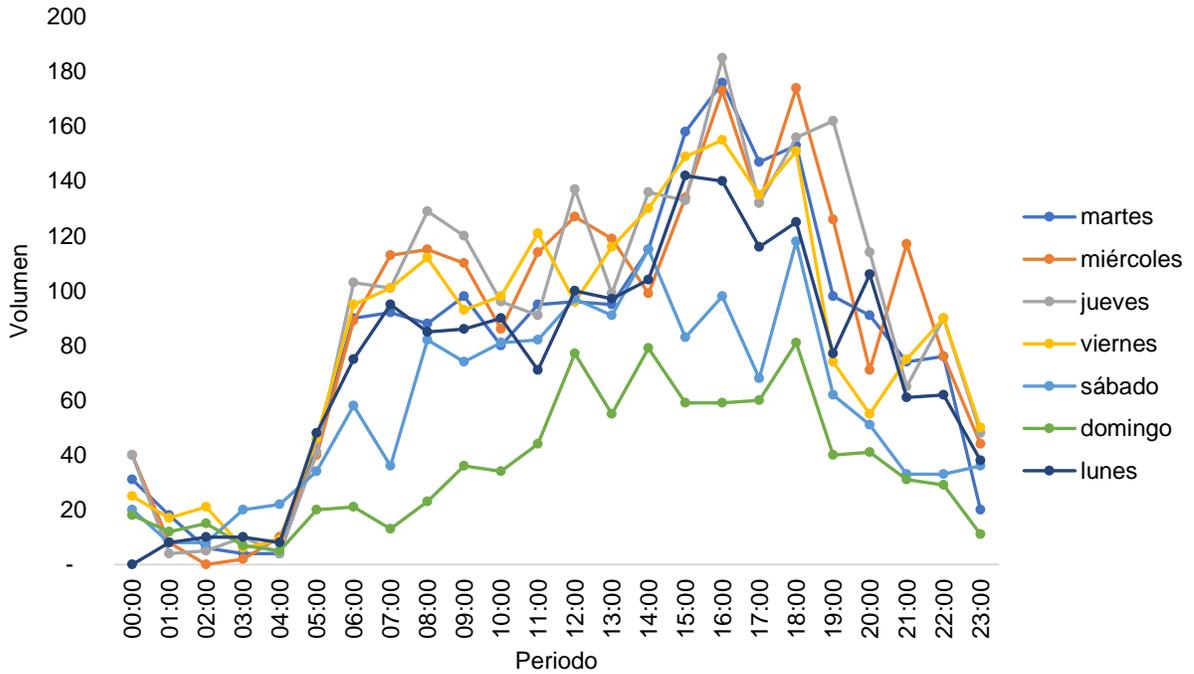
Gráfica 26. Comportamiento horario para automóviles


Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Gráfica 27. Comportamiento horario para autobuses


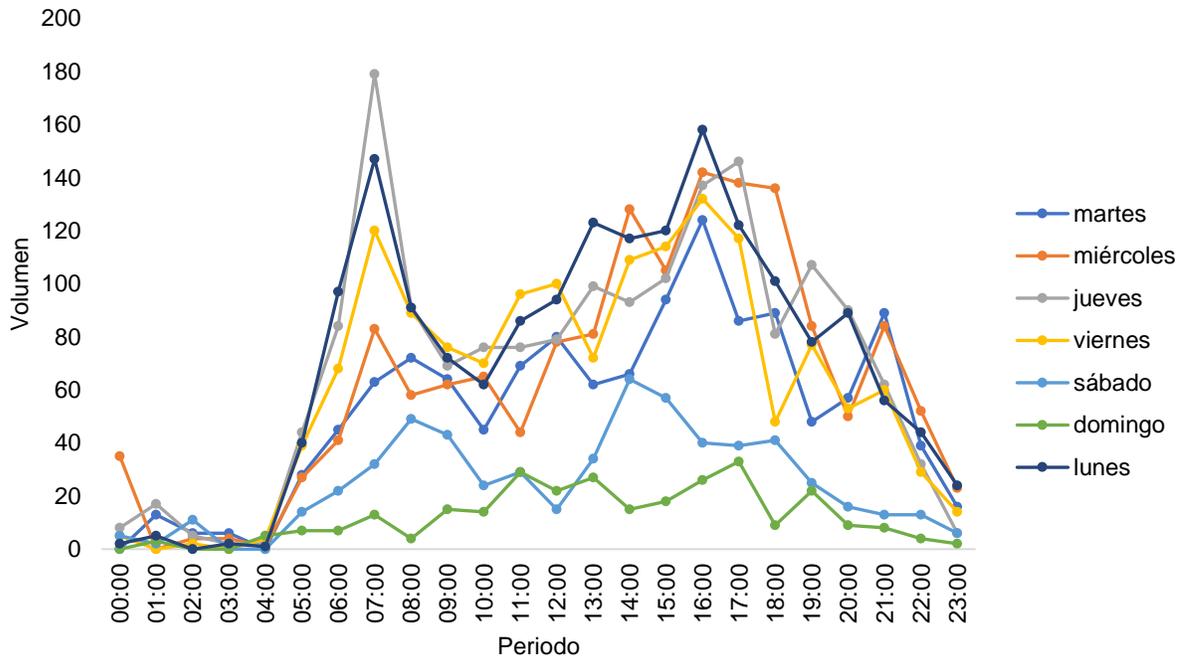
Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Gráfica 28. Comportamiento horario para camiones unitarios



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Gráfica 29. Comportamiento horario para camiones articulados



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

2.3.1.3 Aforos direccionales (AD1)

El volumen vehicular existente justo en la intersección del Boulevard Juan Pablo II y la Avenida Francisco Villareal Torres se contabilizó por medio de un aforo direccional (manual). Los aforos manuales consisten en registrar la cantidad de vehículos, por tipo, que cruzan una línea imaginaria en diferentes puntos de una vialidad urbana con la finalidad de determinar el 100% del volumen vehicular, su composición, identificar la hora de máxima demanda y expandir las muestras para obtener los datos del tránsito diario promedio anual (TDPA)¹⁶.

En su forma más simple, los aforos direccionales requieren a una persona con lápiz que anote los movimientos por dirección y por tipo de vehículo en una hoja de campo. La clasificación de los vehículos puede ser tan simple como la distinción entre automóvil y camión o tan detallada por el número de ejes y/o peso. En este tipo de aforo se deben realizar cortes cada quince minutos.

Los aforos direccionales proporcionan la información con la cual se calibra el sistema, por lo que en este tipo de conteo se utiliza aforadores de campo para obtener datos de volumen que no pueden ser recolectados por aforos automáticos.

Para el tránsito ligero, las observaciones son registradas por contadores manuales y anotadas en hojas de registro preparadas para datos de campo que deben incluir información como: nombre de la vialidad en estudio, ubicación y nombre de la estación, sentido de aforo, fecha y periodo de tiempo en que se levanta el aforo y clasificación vehicular.

A continuación, se presenta la hoja de registro que se utilizó para el levantamiento de campo que se llevó a cabo en el presente estudio:

¹⁶ Es el número de vehículos que pasan por un lugar dado durante un año dividido entre el número de días del año.

Figura 20. Hoja de registro para la recopilación de datos en las estaciones de aforo direccional.



Modernización del boulevard Juan Pablo II, tramo: Av. Francisco Villarreal Torres a boulevard Independencia y los estronques a modernizar dentro del mismo: paso a desnivel en intersección con calle Ramón Rayón y distribuidor vial en su intersección con Av. Francisco Villarreal Torres en Ciudad Juárez, Chihuahua

AFOROS DIRECCIONALES



Intersección: _____ Hoja: ___ de ___

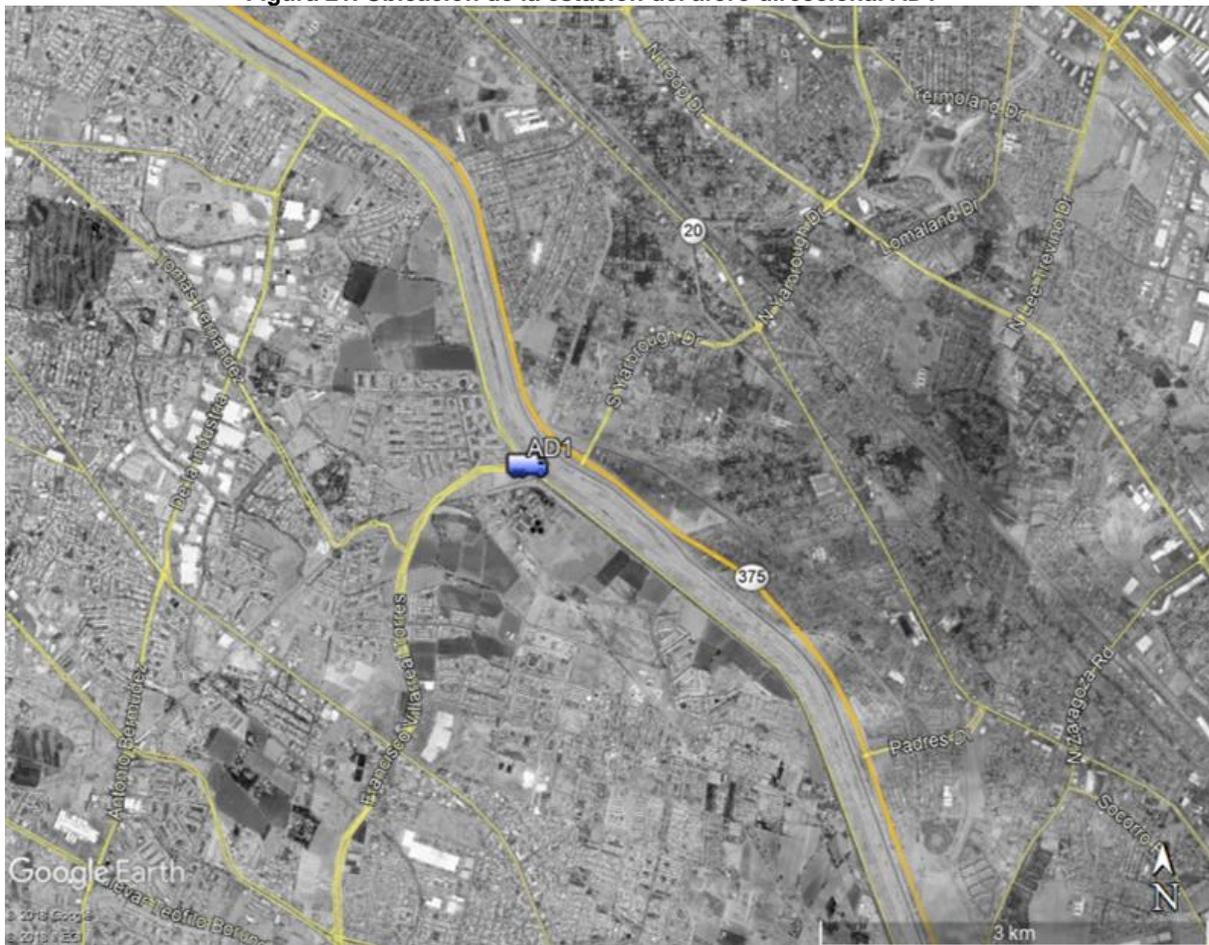
Fecha: _____ Nombre del Aforador: _____

Hora	Movimiento:										Movimiento:										
	Transporte Privado					Transporte Público					Transporte Privado					Transporte Público					
	Motos	Bicis	Autos	CU	CA1	CA2	Vans (Transporte de personal)	Autobus	Articulado	Taxi	Motos	Bicis	Autos	CU	CA1	CA2	Vans (Transporte de personal)	Autobus	Articulado	Taxi	
Total																					
Total																					
Total																					

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Para el presente estudio se realizó un punto de aforo direccional (AD1), ubicado en la intersección del boulevard Juan Pablo II con la avenida Francisco Villarreal Torres y se realizó en un periodo de cuatro horas (de 06:00 h a 10:00 h) el martes 9 de octubre del 2018.

Figura 21. Ubicación de la estación del aforo direccional AD1



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Tabla 17. Ubicación de aforo direccional (AD1) (coordenadas geográficas)

Estación	Coordenadas geográficas	
	Latitud	Longitud
AD1	31.711272	-106.372944

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Figura 22. Trabajos de levantamiento de campo en la estación AD1



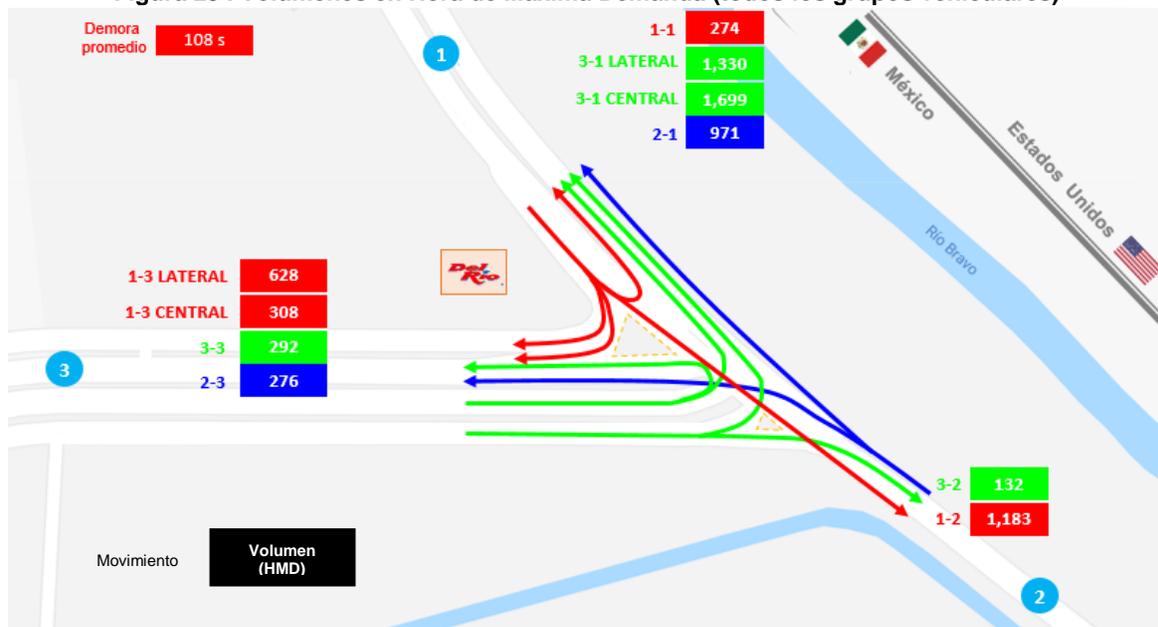
Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Con base en los volúmenes registrados en las estaciones de los aforos automáticos y el aforo direccional, se definió que la Hora de Máxima Demanda comprende el periodo de 07:30 h a 08:30 h.

2.3.2 Estimación de la demanda

Los movimientos direccionales presentados en la tabla anterior consideran la dirección, el sentido y la maniobra que realizan los usuarios en la intersección en cuestión. A continuación, se presenta un diagrama con los movimientos direccionales considerados.

Figura 23 . Volúmenes en Hora de Máxima Demanda (todos los grupos vehiculares)



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

La composición vehicular es la clasificación por tipo de vehículo que circulan por un punto, en la intersección de estudio destaca la presencia principalmente de (automóviles ligeros) con un 98% del aforo total de la intersección. En la siguiente tabla se muestra la participación de los tipos de vehículos observados para todos los movimientos de la intersección en estudio.

Tabla 18. Composición vehicular por movimiento direccional en la intersección en estudio

Movimiento	Automóvil	B	CU	CA
1-1	99.64	0.00	0.36	0.00
3-1 Lateral	98.20	0.08	0.68	1.05
2-3	99.64	0.00	0.36	0.00
3-3	100.00	0.00	0.00	0.00
2-1	96.50	0.00	1.34	2.16
3-1 Central	98.41	0.06	0.94	0.59
1-3	94.98	1.39	1.92	1.71
1-2	96.45	0.93	1.52	1.10
3-2	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

2.4 Diagnóstico de la interacción oferta – demanda

En este apartado se presenta la metodología para el cálculo de los Costos Totales en Ralentí¹⁷, conformados por los Costos de Tiempo en Espera y Costos de Consumo de Combustible. Esta metodología fue utilizada para la estimación de los costos totales de cada una de las situaciones analizadas: actual, sin y con proyecto.

2.4.1 Metodología para el desarrollo del modelo de micro simulación

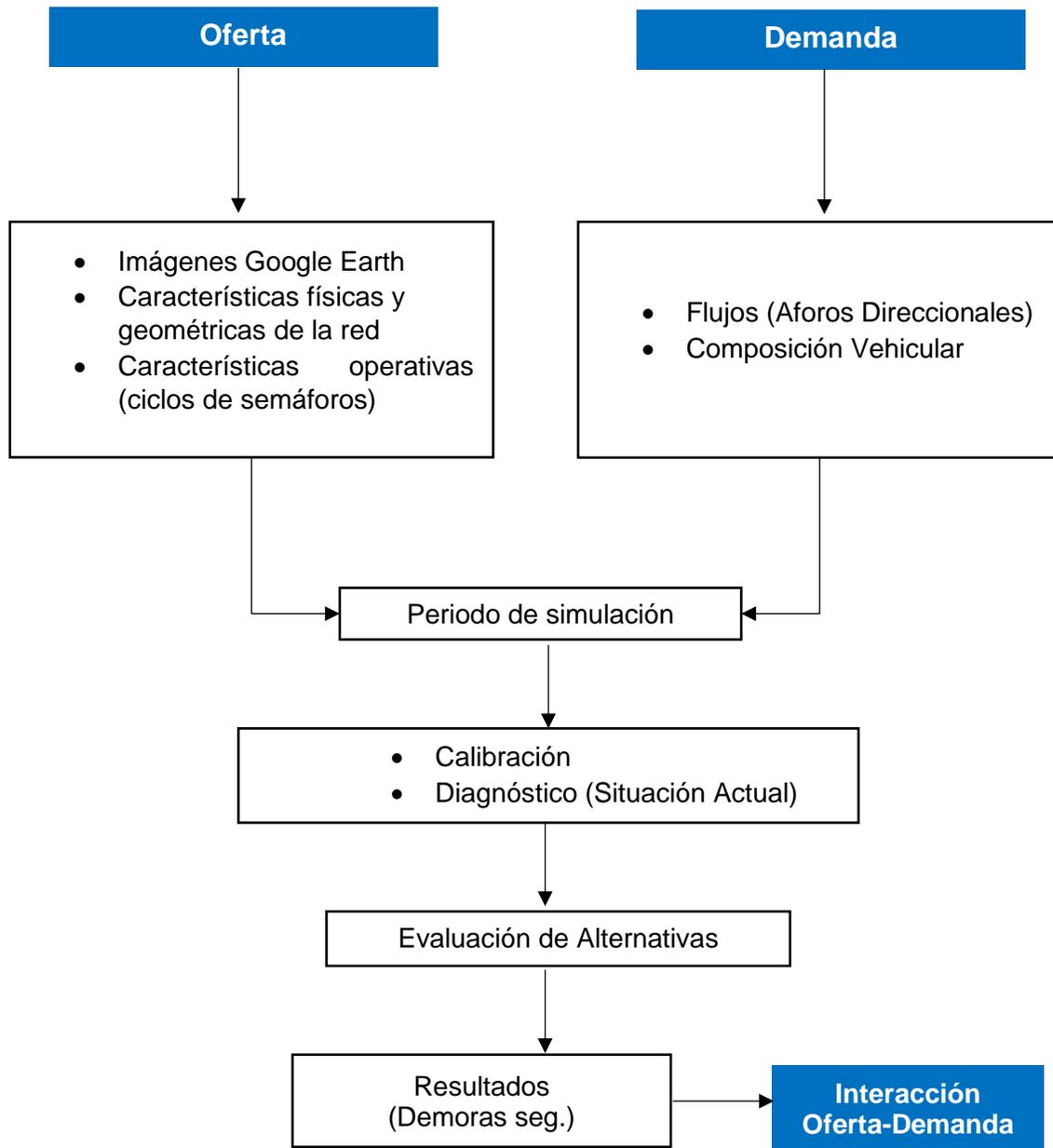
Para determinar la interacción de la oferta y la demanda, y evaluar posteriormente los diferentes escenarios del proyecto, se realizó un modelo vial en el software especializado Vissim.

Tal software realiza la evaluación y comparativa de los escenarios propuestos para el presente estudio, tomando como fundamento teórico los establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, por sus siglas en inglés) (Transportation Research Board, 2000).

Este manual funge como la principal herramienta y guía técnica para analizar, evaluar y obtener el nivel de servicio de diferentes tipos de infraestructura como glorietas, distribuidores viales, vialidades urbanas, intersecciones, carreteras, pasos peatonales, y vialidades no motorizadas.

¹⁷ Número de revoluciones por minuto que debe tener el motor de un automóvil u otro vehículo cuando no está acelerado.

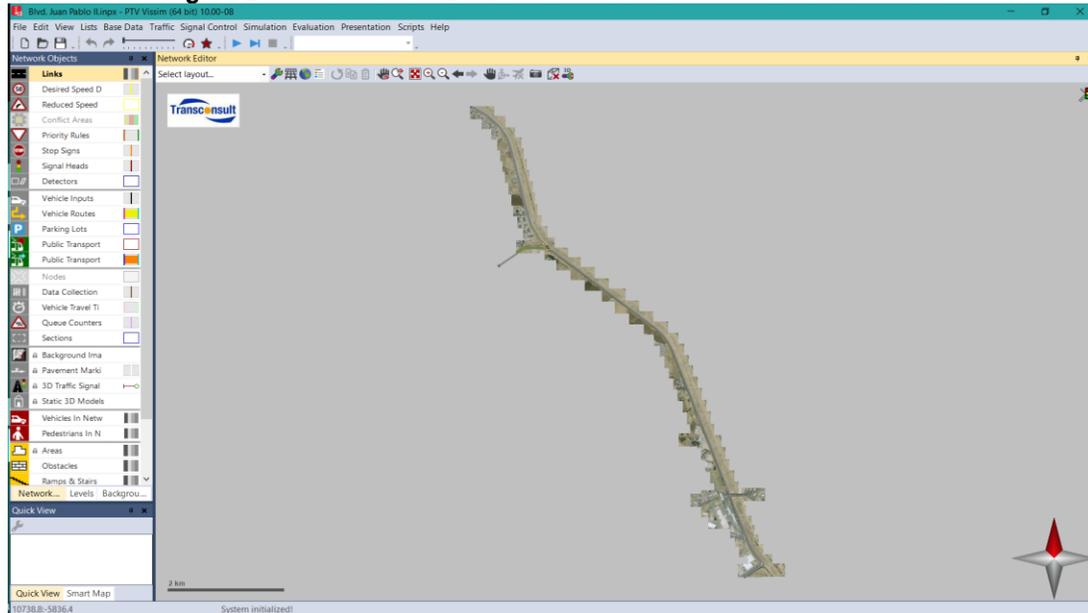
Figura 24. Etapas del proceso de micro simulación



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

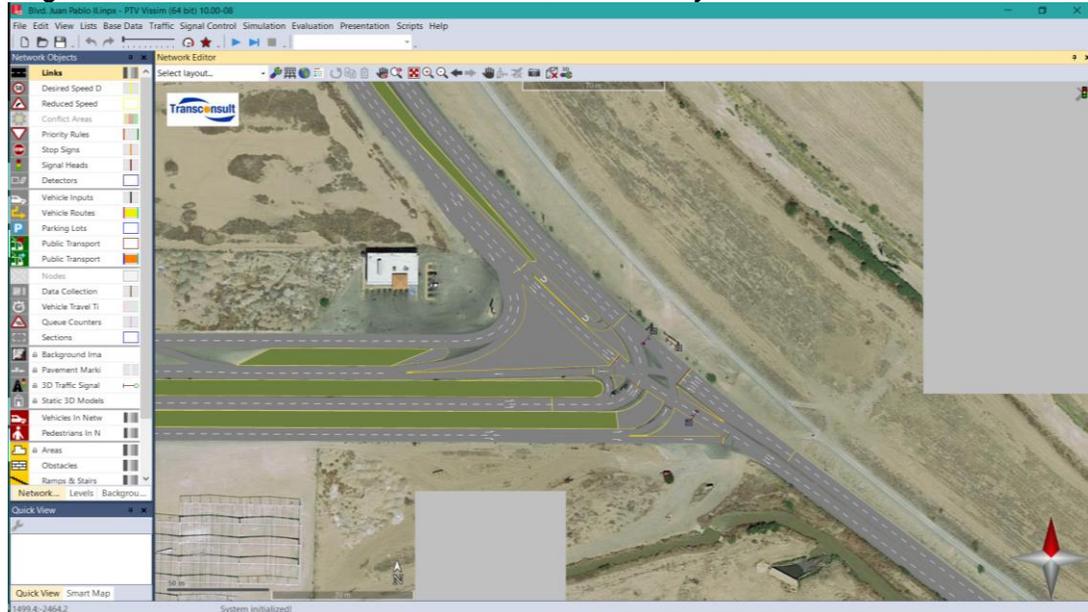
A continuación, se muestran algunas capturas de pantalla del modelo en Vissim.

Figura 25. Red vial de la zona en estudio en el modelo de simulación



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Figura 26. Detalle de la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

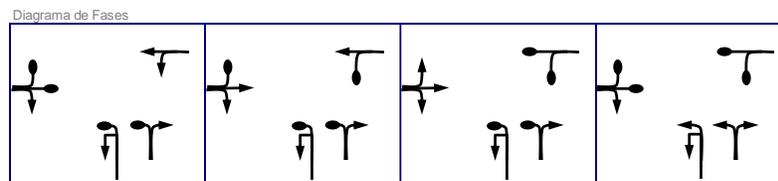
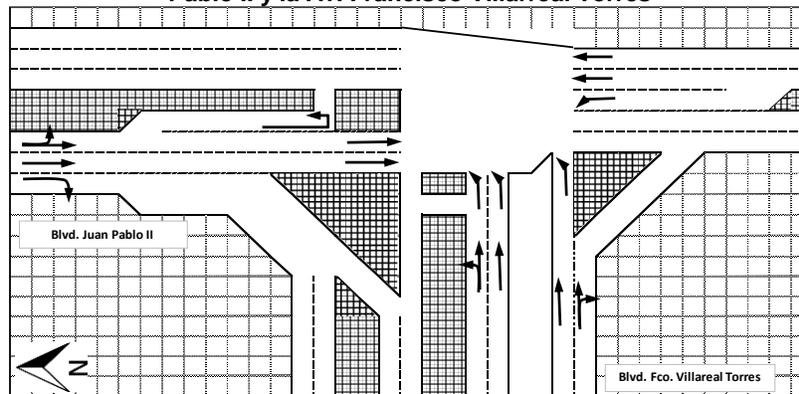
Fundamento teórico. El desarrollo y la calibración del modelo se centran en lograr la representación de la realidad en una plataforma de simulación (software) para probar las condiciones en dos escenarios (situación actual y con las intervenciones propuestas).

Periodo de simulación. El modelo se desarrolla y calibra con los datos del periodo de mayor demanda debido a que durante ese intervalo de tiempo se presentan los mayores problemas de circulación. Al simular en ese lapso, se tiene mayor certeza del impacto de la eliminación o mitigación de los conflictos que presenta la red a través de la implementación de las propuestas de solución que se desarrollan. Para el caso de la zona examinada en Ciudad Juárez, Chihuahua, se calibró el modelo para el periodo de 07:30 a 08:30 h.

Condiciones operativas. Consiste en tener identificadas y localizadas todas las señales, marcas, semáforos y cualquier otro tipo de dispositivos de control vehicular que estén colocados sobre o adyacentes a las calles.

Los semáforos constituyen un elemento que regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones, asignando el derecho de paso de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por diferentes tipos de aparatos electromecánicos y electrónicos. En la siguiente imagen se muestra la operación del semáforo en la intersección de estudio.

Figura 27. Fases operativas de los dispositivos de semaforización en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres



La suma de Verde, Verde Int, Ambar y Todo rojo, debe ser igual a la Fase. La suma de las Fases debe ser igual al Ciclo total.

Fase:	23	Fase:	40	Fase:	28	Fase:	109
Verde:	20	Verde:	37	Verde:	25	Verde:	106
Verde Int:		Verde Int:		Verde Int:		Verde Int:	
Ambar:	3	Ambar:	3	Ambar:	3	Ambar:	3
Todo rojo:		Todo rojo:		Todo rojo:		Todo rojo:	
Rojo:	177	Rojo:	160	Rojo:	172	Rojo:	91
		Ciclo total:	200 seq.				

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nivel de servicio. El nivel de servicio (LOS) representa una medida de satisfacción del usuario en las intersecciones dadas por el retraso promedio de todos los movimientos de todos los movimientos que interactúan en él.

En Vissim, como en la mayoría de los modelos de simulación microscópica de sistemas de tránsito se utiliza como base el método desarrollado por el TRB que se describe en el manual de capacidad vial HCM 2010 donde establece seis niveles de servicio para efectos de circulación continua, de acuerdo con la libertad o dificultad que tienen los vehículos para circular en una corriente vehicular y se han denominado con letras de la “A” a la “F”, en ese orden.

El indicador principal para estimar el nivel de servicio en una intersección es la magnitud de la demora, a menor demora el nivel de servicio es mejor.

Tabla 19. Clasificación de los niveles de servicio (LOS) para intersecciones semaforizadas

Nivel de servicio	Demora por vehículo	Descripción
A	≤10	Flujo libre
B	>10-20	Flujo estable (ligeros retrasos)
C	<20-35	Flujo estable (retrasos aceptables)
D	>35-55	Acercándose al flujo inestable (retardo tolerable, ocasionalmente espera a través de más de un ciclo de señal antes de continuar)
E	>55-80	Flujo inestable (retraso intolerable)
F	>80	Flujo forzado (atascado)

Fuente: Highway Capacity Manual (2010).

Tabla 20. Clasificación de los niveles de servicio (LOS) para intersecciones no semaforizadas

Nivel de servicio	Demora por vehículo	Descripción
A	0 -10	Flujo libre
B	>10-15	Flujo estable (ligeros retrasos)
C	<15-25	Flujo estable (retrasos aceptables)
D	>25-35	Acercándose al flujo inestable (retardo tolerable, ocasionalmente espera a través de más de un ciclo de señal antes de continuar)
E	>35-50	Flujo inestable (retraso intolerable)
F	>50	Flujo forzado (atascado)

Fuente: Highway Capacity Manual (2010).

Longitudes de cola. el Manual de Capacidad de Autopista, HCM (2010), define una Cola como: una línea de vehículos, bicicletas o personas que esperan ser atendidas por el sistema en el que el caudal desde el frente de la cola determina la velocidad promedio dentro de la cola. Las colas se forman cuando la tasa de llegada es más alta que la tasa de servicio.

Magnitud de la demora. La demora se define como el exceso de tiempo consumido al recorrer una distancia a una velocidad inferior a la velocidad de un flujo libre (V_0) que opera del vehículo en condiciones sin congestión, como se muestra en la figura. El retraso es una medida que relaciona más directamente la experiencia del conductor.

Las demoras están asociadas a los tiempos de espera que sufren los usuarios para cruzar la intersección debido a la acumulación del volumen vehicular y los dispositivos de semaforización. Estos tiempos de espera se traducen en un incremento en el costo de operación debido a que cuando los vehículos se encuentran detenidos es cuando se presenta un mayor desgaste.

Calibración del modelo. Para la calibración y validación del modelo, se realiza una comparación de los flujos del modelo vs flujos medidos en campo. La expresión estadística GEH se calcula como sigue:

$$GEH = \sqrt{\frac{(E - V)^2}{(E + V) / 2}}$$

Donde: *GEH* : Indicador estadístico

E : Volumen estimado modelo.

V : Volumen medido en campo.

El criterio de calibración y validación de los estándares establece que un GEH menor a 5 se le considera una buena interacción entre el modelado y los volúmenes/hora observados, un GEH entre 5 y 10 se puede considerar bueno, pero con algunos problemas con la demanda y un GEH mayor a 10 hay una probabilidad alta que exista un problema con el modelo de predicción de demanda de viajes o de datos.

Según el Manual de diseño para carreteras y puentes (siglas en inglés DMRB), el 85 % de los volúmenes en un modelo de tráfico deberían tener un GEH menor que 5.0. Por tanto, la siguiente tabla muestra los criterios donde el modelo cumple con su calibración y validación.

Tabla 21. Parámetros de aceptación para la calibración y validación de modelos

Criterio de medida	Total, casos analizados	No. veces GEH <5	No. veces GEH >5- <10	No. veces GEH >5	No. de casos que cumple	Criterios de aceptación de la calibración
GEH	11	11	0	0	100%	85% de los volúmenes de GEH <5

Fuente: Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) 2018.

Diagnóstico de la situación actual. El diagnóstico de la situación actual tiene por objetivo realizar una descripción y análisis de los principales aspectos como son nivel de servicio, demoras y longitud de colas los cuales están relacionados el problema que enfrenta actualmente la vialidad. En esta etapa se obtiene un panorama de la situación actual que será usado como punto de partida en el análisis de la problemática existente y de la evaluación de los diferentes escenarios de optimización y con proyecto.

Indicadores de desempeño. Del análisis realizado con el modelo de micro simulación se concluye que el nivel de servicio de la intersección es F con una demora promedio de 108.48 segundos promedio, esto significa que los vehículos que están en el medio de la cola deben esperar 1 minuto 48 segundos en promedio para cruzar la intersección. En la siguiente tabla se observa los niveles de servicio por movimiento en la intersección.

Tabla 22. Indicadores de desempeño para la situación actual

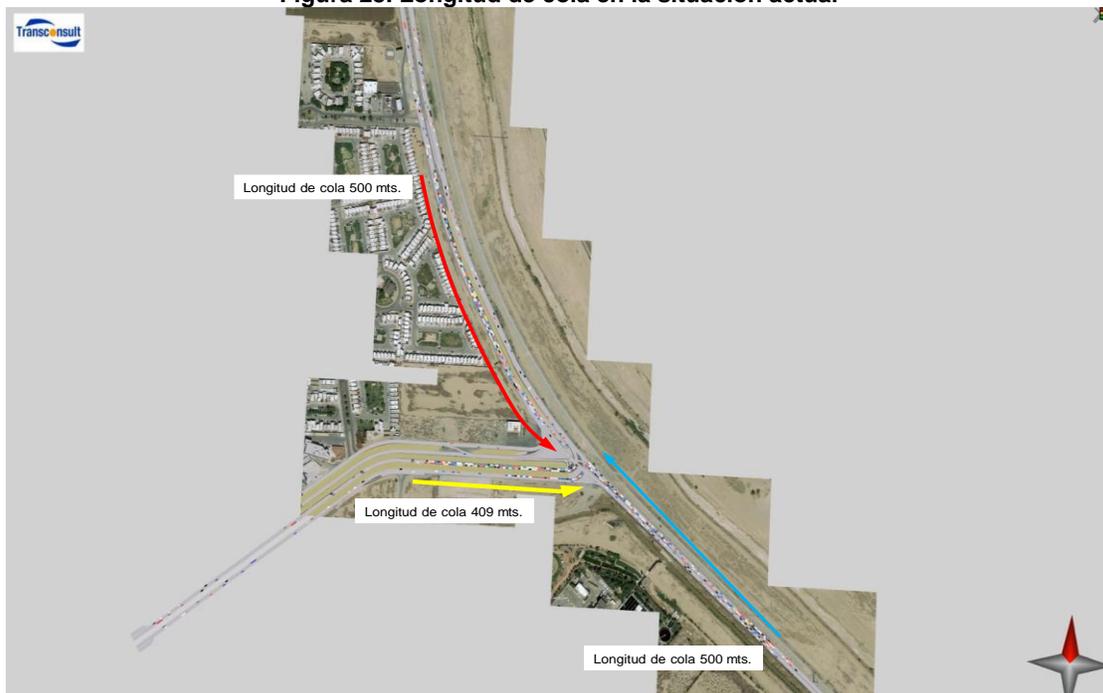
Origen	Destino	Nivel de servicio	Demoras (s)	Longitud de cola (m)
1	1	F	208	
1	2	F	168	
1	3L	A	9	500
1	3C	B	10	

Origen	Destino	Nivel de servicio	Demoras (s)	Longitud de cola (m)
2	1	F	130	
2	3C	F	372	500
3L	1	E	56	
3L	2	B	12	
3C	1	F	109	409
3C	3C	F	106	
Total		F	108	

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

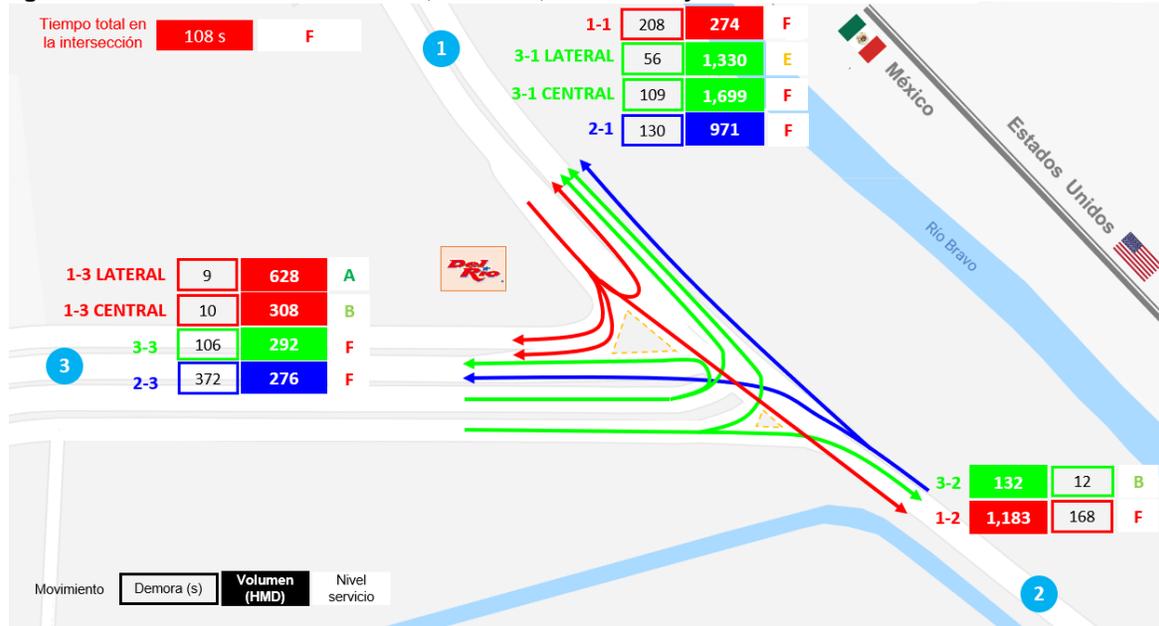
De acuerdo a los resultados los movimientos 1-1, 1-2, 2-1, 2-3C, 3C-1 y 3C-3C registran demoras entre 1 minuto y 46 segundos – 6 minutos y 11 segundos en promedio para realizar su movimiento. La siguiente imagen muestra la longitud de cola en la intersección.

Figura 28. Longitud de cola en la situación actual



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

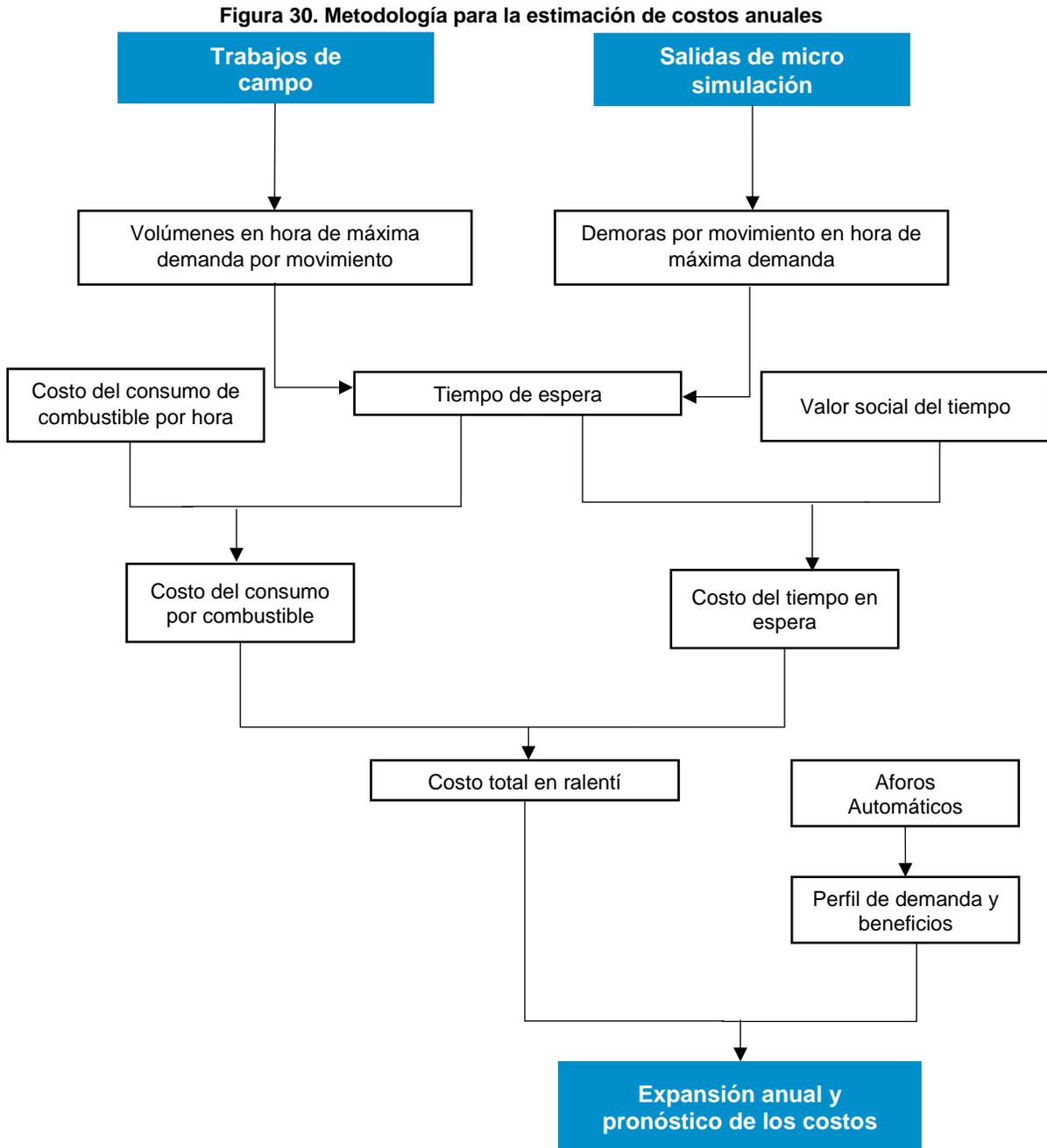
En seguida, se muestra un diagrama con el resumen de los movimientos direccionales, las demoras, el volumen horario de máxima demanda y los niveles de servicio para la situación actual.

Figura 29. Movimientos direccionales, demoras, volúmenes y niveles de servicio en la situación actual


En la situación actual, 6 de los 10 movimientos actuales tienen un nivel de servicio F, que es el peor posible a obtener. Existen sólo 3 movimientos con niveles buenos (A y B), pero que son también los que tienen el menor volumen vehicular.

2.4.2 Metodología para la estimación de costos anuales

A continuación, se muestra el diagrama de la metodología para la estimación de costos anuales.



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Con base en los volúmenes captados en campo y las demoras estimadas con el modelo de micro simulación se obtienen los costos totales por ralentí, integrados por los costos por tiempos de espera (CTE) y los costos por consumo de combustible (CCC):

- **Costos por Tiempos de Espera (CTE):** están en función de las demoras o tiempos de espera, el volumen vehicular en la hora de máxima demanda, la ocupación de los viajeros por motivo de trabajo y el valor del tiempo de los usuarios (trabajo y placer). La fórmula para el cálculo de este costo, para vehículos ligeros, se presenta a continuación:

$$CTE = [(D)(V)(V_{i_{trabajo}} * VST_{trabajo})(PV_{ligero})] + [(D)(V)(V_{i_{trabajo}} * VST_{placer})(PV_{ligero})]$$

Donde,

D	demoras (s)
V	volumen horario de máxima demanda
$V_{i_{trabajo}}$	viajeros por motivo de trabajo (%)
$VST_{trabajo}$	valor social del tiempo por hora viaje de trabajo (pesos)
VST_{placer}	valor social del tiempo por hora viaje de placer (pesos)
PV_{ligero}	pasajeros promedio por tipo de vehículo (pax/veh)

- **Costos por Consumo de Combustible (CCC):** están en función de las demoras o tiempos de espera, el volumen vehicular en la hora de máxima demanda y el combustible en ralentí. A continuación, se muestra la fórmula para el cálculo de este costo para vehículos ligeros:

$$CCC = [(D)(V)(C_{ralenti})]$$

Donde,

D	demoras (s)
V	volumen horario de máxima demanda
$C_{ralenti}$	combustible en ralentí (\$/h)

El combustible en ralentí está en función del rendimiento y el costo del combustible por tipo de vehículo. El cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$C_{ralenti} = (R * C)$$

Donde,

R	rendimiento de combustible (l/h)
C	costo de combustible (\$)

A continuación, se presenta una tabla con el volumen vehicular en la hora de máxima demanda, las demoras y los costos totales integrados por los costos por tiempos de espera (CTE) y los costos por consumo de combustible (CCC), para cada grupo vehicular por movimiento.

Tabla 23. Volúmenes, demoras y costos totales por ralentí en la situación actual – hora de máxima demanda

Autos						
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)	
1-1	273	208	2,517	401	2,918	
1-2	1,141	168	8,496	1,355	9,851	
2-1	937	130	5,399	861	6,260	
2-3	275	372	4,534	723	5,257	
3-3	292	106	1,372	219	1,591	
3-1L	1,306	56	3,242	517	3,759	
3-1C	1,672	109	8,078	1,288	9,366	
1-3L	596	9	238	38	276	
3-2	132	12	70	11	81	
1-3C	293	10	130	21	151	
Buses						
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)	
1-1	-	-	-	-	-	
1-2	11	168	849	25	874	
2-1	-	-	-	-	-	
2-3	-	-	-	-	-	
3-3	-	-	-	-	-	
3-1L	1	56	26	1	26	
3-1C	1	109	50	1	52	
1-3L	9	9	37	1	38	
3-2	-	-	-	-	-	
1-3C	4	10	18	1	19	
CU						
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)	
1-1	1	208	6	4	9	
1-2	18	168	84	53	138	
2-1	13	130	47	30	77	
2-3	1	372	10	7	17	
3-3	-	-	-	-	-	
3-1L	9	56	14	9	23	
3-1C	16	109	49	31	80	
1-3L	12	9	3	2	5	
3-2	-	-	-	-	-	
1-3C	6	10	2	1	3	
CA						
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)	
1-1	-	-	-	-	-	
1-2	13	168	61	36	97	
2-1	21	130	76	45	121	
2-3	-	-	-	-	-	
3-3	-	-	-	-	-	
3-1L	14	56	22	13	35	
3-1C	10	109	30	18	48	
1-3L	11	9	3	2	4	
3-2	-	-	-	-	-	
1-3C	5	10	1	1	2	

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

^{a/} El volumen horario de máxima demanda corresponde al periodo de comprendido de 07:30 h a 08:30 h.

A partir de los costos totales en ralentí (tiempos de espera y consumo de combustible) en Hora de Máxima Demanda, y utilizando el perfil de demanda observado en los levantamientos de campo, se hace la expansión al día, y posteriormente la expansión anual (ver detalle en el archivo digital de la Memoria de Cálculo).

De esta forma se estiman los costos anuales para cada situación. El pronóstico de los costos se basa en la tasa de crecimiento esperada para el Producto Interno Bruto (ver 2.1.2.2.4 Pronóstico del Producto Interno Bruto¹⁸). Los costos anuales a lo largo del horizonte durante la situación actual son los siguientes.

Tabla 24. Costos totales en la situación actual

Año	Costos totales (\$/año)	Año	Costos totales (\$/año)
2019	114,732,029	2034	183,472,931
2020	117,370,866	2035	189,527,538
2021	120,187,766	2036	195,781,947
2022	123,312,648	2037	202,242,751
2023	127,135,340	2038	208,916,762
2024	131,457,942	2039	215,811,015
2025	135,927,512	2040	222,932,778
2026	140,549,047	2041	230,289,560
2027	145,327,715	2042	237,889,116
2028	150,268,857	2043	245,739,456
2029	155,377,999	2044	253,848,858
2030	160,660,850	2045	262,225,871
2031	166,123,319	2046	270,879,324
2032	171,771,512	2047	279,818,342
2033	177,611,744	2048	289,052,347

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

¹⁸ La elección del PIB como variable para el pronóstico, en comparación con la Tasa de Motorización, radica en contar con mayor certeza respecto a las expectativas económicas del estado. Aunado a que la Tasa de Motorización es en sí misma una variable dependiente de las variaciones el PIB.

3. Situación sin el PPI

En este capítulo, se plantea un escenario optimizado para mitigar los efectos de la situación actual y ofrecer mejoras de bajo costo y se presentan las características de la oferta optimizada y su interacción con la demanda a lo largo del horizonte de evaluación. Asimismo, se establecen alternativas de solución al problema planteado.

3.1 Optimizaciones

Para definir el proceso de mitigación de los problemas en las intersecciones es importante identificar las condiciones actuales de operación. Estas condiciones se refieren a la infraestructura vial de la zona de estudio, los sentidos de circulación de las vialidades que la conforman, el uso del suelo donde está ubicada, las condiciones de estacionamiento cercana a ella, la identificación de puntos de conflicto y las condiciones de la superficie de rodamiento. Una vez identificadas será posible seleccionar las medidas que den solución a los problemas que se generan en ella (Romero, 2009).

Entre las medidas que se ajustan a estas necesidades se encuentra la optimización¹⁹ de los ciclos de semaforización, los arreglos o programas generales de mantenimiento en los tramos afectados y el retiro de agentes de tránsito en el punto de conflicto. Para el presente ACB, la medida de optimización más eficiente sería la siguiente:

3.1.1 Optimización del ciclo de semaforización

La semaforización depende de varios factores, incluyendo el flujo vehicular, la seguridad de los peatones, puntos de conflicto, beneficios económicos, entre otros. Las señales de tránsito deben ser diseñadas correctamente para evitar retrasos innecesarios y optimizar el funcionamiento de la intersección (Boumediene, 2009).

Varios investigadores han llegado a la conclusión de que los retrasos generados en intersecciones semaforizadas varían de acuerdo al volumen horario durante un día. Con base en lo anterior se proponen como solución la implementación de diferentes ciclos a lo largo del día según el volumen vehicular lo demande. Dicha variación de ciclos puede ser programada manualmente según los volúmenes horarios de máxima demanda, o bien pueden utilizarse semáforos inteligentes²⁰ (Akgüngör, 2007; Singh, 2009 y Hellinga, 2008).

Según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, por sus siglas en inglés) (Transportation Research Board, 2000), el mejoramiento de las señales de tránsito puede incrementar la capacidad de una intersección. Dicho mejoramiento se puede alcanzar por medio de cambios en las fases de los semáforos y un control de tránsito coordinado.

De manera general, la medida de optimización planteada consiste en la programación de un sistema de semaforización inteligente que controla los ciclos de semaforización (iluminación verde, roja y amarilla), con el objetivo de minimizar la congestión vehicular en

¹⁹ A nivel general, el objetivo de una optimización consiste en mejorar el funcionamiento de algo o el desarrollo de un proyecto a través de una gestión perfeccionada de los recursos.

²⁰ Estos semáforos, a diferencia de los de tiempo fijo, tienen la particularidad de variar su tiempo de ciclo de acuerdo al flujo de automóviles que exista en las calles bajo su dominio (Moras, 2009).

la zona de estudio. El sistema aprende cómo se comporta el flujo vehicular y establece condiciones basadas en algoritmos computacionales.

Para esto realiza un seguimiento continuo del flujo y con esta información se crean bases de datos para los semáforos. Luego se revisan cuáles son los ciclos que mejor se adaptaron al sistema, es decir, aquellos que minimizaron el tráfico y, finalmente, a través del cruce que proveen los algoritmos, se define un control de tránsito vehicular que ayuda a optimizar los ciclos de semaforización. El ciclo en la situación actual contempla 200 segundos por lo que después del análisis se propone un ciclo de 190 segundos como medida de optimización.

3.2 Análisis de la oferta

Considerando la medida de optimización planteada, no se realiza ninguna modificación a las características físicas de la infraestructura actual, por lo que la oferta se considera la misma que en la situación actual.

3.3 Análisis de la demanda

Se considera que la demanda permanece constante y se supone la misma que en la situación actual.

3.4 Diagnóstico de la interacción oferta – demanda

3.4.1 Intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres

Siguiendo la metodología planteada en el apartado 2.4 Diagnóstico de la interacción oferta – demanda, se presentan los resultados obtenidos para la situación optimizada.

La optimización del ciclo de semaforización para 190 segundos cuenta con las siguientes características:

Figura 31. Programación del ciclo de semaforización para 190 segundos

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Fase: 23 seg. Verde: 20 seg. Ambar: 3 seg. Rojo: 167 seg.	Fase: 35 seg. Verde: 32 seg. Ambar: 3 seg. Rojo: 155 seg.	Fase: 23 seg. Verde: 20 seg. Ambar: 3 seg. Rojo: 167 seg.	Fase: 109 seg. Verde: 106 seg. Ambar: 3 seg. Rojo: 81 seg.

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Indicadores de desempeño. Del análisis realizado con el modelo de micro simulación se concluye que el nivel de servicio de la intersección es F con una demora promedio de 93.52 segundos promedio, esto significa que los vehículos que están en el medio de la cola deben

esperar 1 minuto 33 segundos en promedio para cruzar la intersección. En la siguiente tabla se observa los niveles de servicio por movimiento en la intersección de estudio.

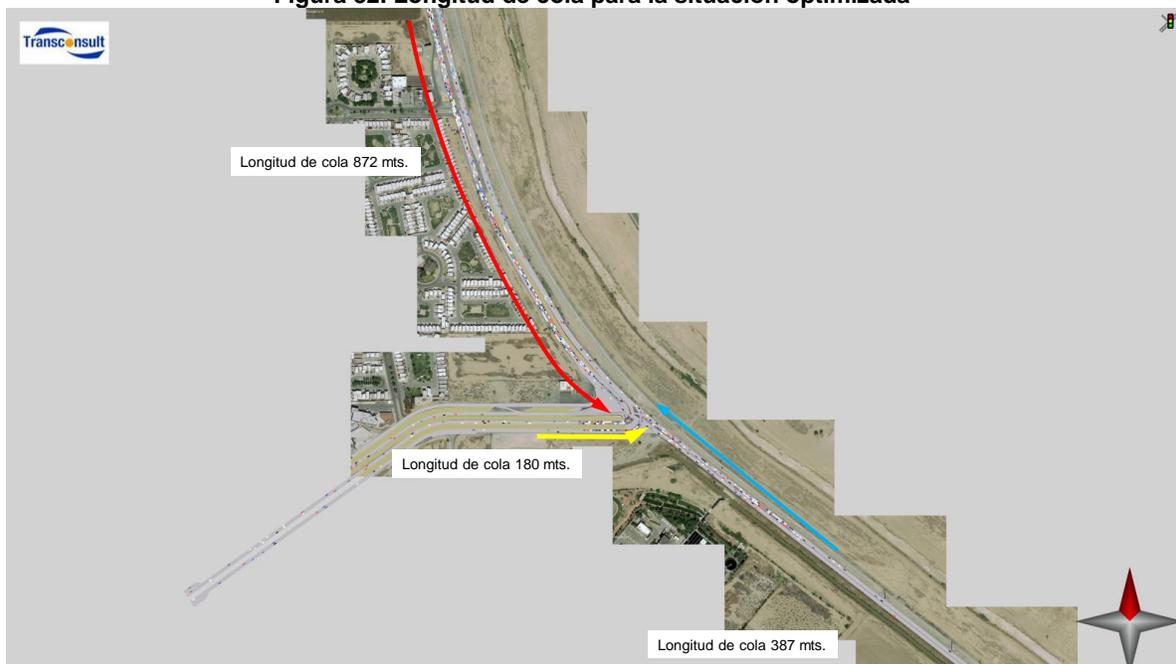
Tabla 25. Indicadores de desempeño para la situación optimizada

Origen	Destino	Nivel de servicio	Demoras (s)	Longitud de cola (m)
1	1	F	239	
1	2	F	198	872
1	3L	B	10	
1	3C	B	10	
2	1	F	128	387
2	3C	F	322	
3L	1	D	45	
3L	2	A	5	180
3C	1	D	53	
3C	3C	D	44	
Total		F	94	

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

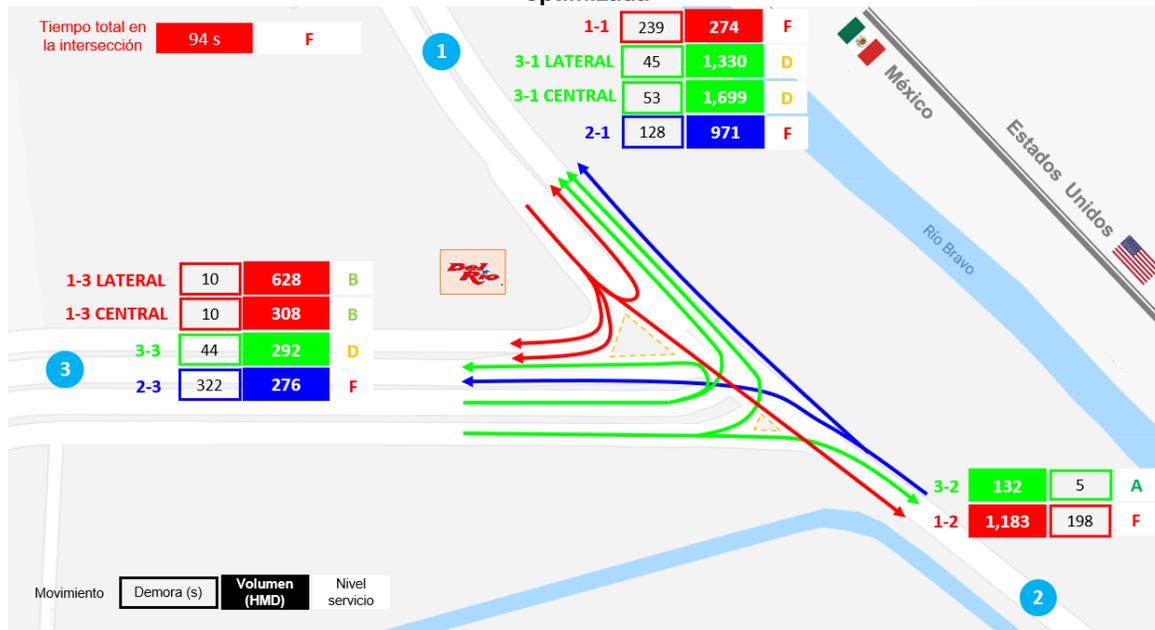
De acuerdo a los resultados los movimientos 1-1, 1-2, 2-1 y 2-3C registran demoras entre 2 minutos y 08 segundos - 5 minutos y 22 segundos en promedio para realizar su movimiento. La siguiente imagen muestra la longitud de cola en la intersección.

Figura 32. Longitud de cola para la situación optimizada



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

La siguiente figura muestra las demoras, los volúmenes para todos los grupos vehiculares y nivel es de servicio en la Hora de Máxima Demanda para la situación optimizada.

Figura 33. Movimientos direccionales, demoras, volúmenes y niveles de servicio en la situación optimizada


Los costos totales para cada grupo vehicular por movimiento en Hora de Máxima Demanda para la situación optimizada son los siguientes.

Tabla 26. Volúmenes, demoras y costos totales por ralentí en la situación optimizada

Autos					
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1-1	273	239	2,892	461	3,353
1-2	1,141	198	10,013	1,597	11,610
2-1	937	128	5,316	848	6,164
2-3	275	322	3,925	626	4,551
3-3	292	44	569	91	660
3-1L	1,306	45	2,605	415	3,020
3-1C	1,672	53	3,928	626	4,554
1-3L	596	10	264	42	306
3-2	132	5	29	5	34
1-3C	293	10	130	21	151

Buses					
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1-1	-	-	-	-	-
1-2	11	198	1,001	30	1,031
2-1	-	-	-	-	-
2-3	-	-	-	-	-
3-3	-	-	-	-	-
3-1L	1	45	21	1	21
3-1C	1	53	24	1	25
1-3L	9	10	41	1	43
3-2	-	-	-	-	-
1-3C	4	10	18	1	19

CU					
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1-1	1	239	7	4	11
1-2	18	198	100	63	162
2-1	13	128	46	29	76
2-3	1	322	9	6	15
3-3	-	-	-	-	-
3-1L	9	45	11	7	18
3-1C	16	53	24	15	39
1-3L	12	10	3	2	5
3-2	-	-	-	-	-
1-3C	6	10	2	1	3

CA					
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1-1	-	-	-	-	-
1-2	13	198	72	42	114
2-1	21	128	75	44	119
2-3	-	-	-	-	-
3-3	-	-	-	-	-
3-1L	14	45	18	10	28
3-1C	10	53	15	9	23
1-3L	11	10	3	2	5
3-2	-	-	-	-	-
1-3C	5	10	1	1	2

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

^{a/} El volumen horario de máxima demanda corresponde al periodo de comprendido de 07:00 h a 08:00 h.

A continuación se presenta una tabla con las diferencias entre demoras y nivel de servicio para la situación actual y la optimizada.

Tabla 27. Diferencias entre demoras y niveles de servicio entre la situación actual y la optimizada

Movimientos	Situación actual		Situación optimizada	
	Demoras (s)	Nivel de servicio	Demoras (s)	Nivel de servicio
1-1	208	F	239	F
1-2	168	F	198	F
1-3L	9	A	10	B
1-3C	10	B	10	B
2-1	130	F	128	F
2-3	372	F	322	F
3L-1	56	E	45	D
3-2	12	B	5	A
3C-1	109	F	53	D
3-3	106	F	44	D
Total	108	F	94	F

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Con la medida de optimización se favorecen los movimientos 3C-1, 3-3 y 2-3 al disminuir en 56, 62 y 50 segundos respectivamente los tiempos de espera o demoras. Por su parte, el nivel de servicio en estos movimientos también mejora al pasar de F a D para los primeros dos movimientos. A pesar de que con la medida de optimización se lograría que los vehículos disminuyeran, en ciertos movimientos, los tiempos de espera o demoras, no se solucionaría el problema de movilidad en la zona debido a que las mejoras serían marginales. A continuación, se muestran los costos anuales a lo largo del horizonte durante la situación optimizada.

Tabla 28. Costos anuales en la situación optimizada

Año	Costos totales (\$/año)	Año	Costos totales (\$/año)
2019	100,757,339	2034	161,125,402
2020	103,074,758	2035	166,442,540
2021	105,548,552	2036	171,935,144
2022	108,292,814	2037	177,609,004
2023	111,649,891	2038	183,470,101
2024	115,445,988	2039	189,524,614
2025	119,371,151	2040	195,778,927
2026	123,429,770	2041	202,239,631
2027	127,626,383	2042	208,913,539
2028	131,965,680	2043	215,807,686
2029	136,452,513	2044	222,929,339
2030	141,091,898	2045	230,286,008
2031	145,889,023	2046	237,885,446
2032	150,849,249	2047	245,735,666
2033	155,978,124	2048	253,844,942

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Finalmente, se comparan los costos anuales de la situación actual versus situación optimizada.

Tabla 29. Diferencia de costos entre la situación actual y la optimizada

Año	Costos totales SA (\$/año)	Costos totales SO (\$/año)	SA - SO
2019	114,732,029	100,757,339	13,974,690
2020	117,370,866	103,074,758	14,296,108
2021	120,187,766	105,548,552	14,639,215
2022	123,312,648	108,292,814	15,019,834
2023	127,135,340	111,649,891	15,485,449
2024	131,457,942	115,445,988	16,011,954
2025	135,927,512	119,371,151	16,556,361
2026	140,549,047	123,429,770	17,119,277
2027	145,327,715	127,626,383	17,701,333
2028	150,268,857	131,965,680	18,303,178
2029	155,377,999	136,452,513	18,925,486
2030	160,660,850	141,091,898	19,568,952
2031	166,123,319	145,889,023	20,234,297
2032	171,771,512	150,849,249	20,922,263
2033	177,611,744	155,978,124	21,633,620
2034	183,472,931	161,125,402	22,347,529
2035	189,527,538	166,442,540	23,084,998
2036	195,781,947	171,935,144	23,846,803
2037	202,242,751	177,609,004	24,633,747
2038	208,916,762	183,470,101	25,446,661
2039	215,811,015	189,524,614	26,286,401

Año	Costos totales SA (\$/año)	Costos totales SO (\$/año)	SA - SO
2040	222,932,778	195,778,927	27,153,852
2041	230,289,560	202,239,631	28,049,929
2042	237,889,116	208,913,539	28,975,577
2043	245,739,456	215,807,686	29,931,771
2044	253,848,858	222,929,339	30,919,519
2045	262,225,871	230,286,008	31,939,863
2046	270,879,324	237,885,446	32,993,879
2047	279,818,342	245,735,666	34,082,677
2048	289,052,347	253,844,942	35,207,405

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

3.5 Alternativas de solución

Con la finalidad de presentar alternativas que permitan mejorar la operación vial en la zona de estudio, ofrecer condiciones operativas adecuadas y reducir o eliminar las demoras que se presentan en la intersección, se presentan las siguientes propuestas tomando en consideración la viabilidad técnica, la viabilidad económica y la capacidad para resolver la problemática a largo plazo:

- **Alternativa 1:** la propuesta consiste en la construcción de un distribuidor vial en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres.
- **Alternativa 2:** la propuesta consiste en la construcción de un paso deprimido en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres.

Tomando en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, se describen a continuación las alternativas consideradas para solucionar la problemática existente.

3.5.1 Alternativa 1: distribuidor vial

El distribuidor considera un desarrollo de 400.0 m (del km 0+000 al km 0+400) y la estructura está constituida por elementos a nivel (gazas de incorporación y retornos), un paso inferior vehicular (PIV) en un segundo nivel, un paso superior vehicular (PSV) en un tercer nivel y como obra inducida contempla el revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales. La geometría del proyecto permite diez movimientos direccionales.

Tabla 30. Componentes de la alternativa 1

Gazas de incorporación		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
10	8.0	2
20	8.0	2
30	11.0	2
40	8.0	2
Retornos		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
50	6.0	1
60	6.0	1
70	6.0	1
Paso inferior vehicular (PIV 2 ^{do} nivel)		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
2	10.0	2
Paso superior vehicular (PSV 3 ^{er} nivel)		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
1	10.0	2
Obra inducida		
Revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales		

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Con base en esta alternativa, los movimientos de la intersección quedan definidos de la siguiente manera:

Tabla 31. Datos de la oferta para la alternativa 1

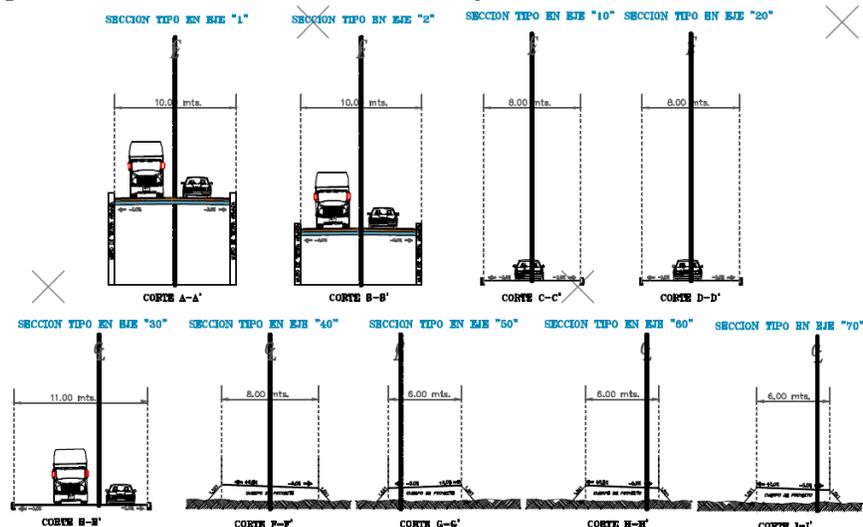
Movimiento	3-1C	2-2 ^{a/}	3-2	3-3	2-1
Longitud (km)	1	1	1	1	1
Número de carriles	2	1	2	1	2
Ancho de corona (m)	7.0	3.5	7.0	3.5	7.0
Tipo de pavimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
Tipo de terreno ^{d/}	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice de rugosidad (IRI) ^{e/}	3	3	3	3	3
Movimiento	2-3 ^{b/}	1-1	1-2 ^{c/}	1-3C	1-3L
Longitud (km)	1	1	1	1	1
Número de carriles	2	1	2	1	2
Ancho de corona (m)	7.0	3.5	7.0	3.5	7.0
Tipo de pavimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
Tipo de terreno ^{d/}	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice de rugosidad (IRI) ^{e/}	3	3	3	3	3

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

- a/ El movimiento 2-2 que contempla el flujo vehicular proveniente del suroriente que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II ofrece la posibilidad de retorno sobre el mismo boulevard. Este movimiento es el único que se agrega en la situación con proyecto.
- b/ El movimiento 2-3 que contempla el flujo vehicular proveniente del suroriente que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el poniente con incorporación a la Av. Francisco Villarreal Torres se realizará a través de un paso inferior vehicular. Este movimiento modifica la situación actual al ofrecer un paso a desnivel (2^{do} nivel).
- c/ El movimiento 1-2 que contempla el flujo vehicular proveniente del norte que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el poniente con incorporación a la Av. Francisco Villarreal Torres se realizará a través de un paso superior vehicular. Este movimiento modifica la situación actual al ofrecer un paso a desnivel (3^{er} nivel).
- d/ Según el *Manual de Capacidad de Carreteras* (HCM, por sus siglas en inglés) en su última versión, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: plano ≤ 2.0 , $2.0 < \text{lomerío} \leq 4.0$, montañoso > 4.0 .
- e/ En referencia al estado físico del tramo observado y dados los parámetros siguientes: $IRI > 3.5$: no satisfactorio; $2.5 < IRI \leq 3.5$: satisfactorio; $IRI \leq 2.5$: bueno.

Figura 34. Secciones transversales de los ejes constitutivos del distribuidor vial



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

El monto total de la alternativa 1 asciende a \$161,263,817 pesos con IVA, mientras que el monto total de inversión, sin incluir el IVA, se estima en \$139,020,532 pesos e incluye la construcción del distribuidor vial y la obra inducida. Se consideran dos años de inversión (siete meses para la elaboración de estudios de preinversión y registro ante SHCP y 10 meses para la construcción del distribuidor vial y la obra inducida).

Tabla 32. Monto de inversión de la alternativa 1

Concepto	Monto total (sin IVA)	Monto total (con IVA)
Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres (del km 0+000 al km 0+400) mediante la construcción de un distribuidor vial y obra inducida.	139,020,532	161,263,817
Estudios de preinversión	500,000	580,000
Estudios de preinversión	500,000	580,000
Distribuidor vial	137,930,532	159,999,417
Terracerías	13,931,214	16,160,208
Estructuras	87,386,706	101,368,579
Obras de drenaje	1,496,742	1,736,221
Pavimentación	30,510,510	35,392,192
Señalamiento y dispositivos de seguridad	1,842,144	2,136,887
Instalaciones eléctricas e iluminación	2,763,216	3,205,331
Obra inducida	590,000	684,400
Revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales	590,000	684,400
Total de la inversión	139,020,532	161,263,817

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

La eliminación de los dispositivos de semaforización y los cruces a nivel para todos los movimientos como consecuencia de la construcción del distribuidor vial provocará un ahorro en tiempo y consumo de combustible para los usuarios. A continuación, se presentan los beneficios a lo largo del horizonte de evaluación:

Tabla 33. Beneficios totales para la construcción del distribuidor vial

Año	Beneficios totales (\$/año)	Año	Beneficios totales (\$/año)
2019	0	2034	152,804,492
2020	0	2035	157,847,040
2021	100,097,766	2036	163,055,993
2022	102,700,308	2037	168,436,840
2023	105,884,018	2038	173,995,256
2024	109,484,074	2039	179,737,100
2025	113,206,533	2040	185,668,424
2026	117,055,555	2041	191,795,482
2027	121,035,444	2042	198,124,733
2028	125,150,649	2043	204,662,849
2029	129,405,771	2044	211,416,723
2030	133,805,567	2045	218,393,475
2031	138,354,957	2046	225,600,459
2032	143,059,025	2047	233,045,275
2033	147,923,032	2048	240,735,769

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

3.5.2 Alternativa 2: paso deprimido

La alternativa de solución propuesta consiste en la construcción de un paso deprimido en la intersección del boulevard Juan Pablo II y la avenida Francisco Villarreal Torres.

Los trabajos contemplan únicamente la estructura sobre el boulevard Juan Pablo II, la cual contará con una pendiente máxima del 5.0%, un ancho de sección transversal de 21.2 m para alojar cuatro carriles de circulación (dos por sentido) de 3.5 m de ancho cada uno, acotamientos laterales de 1.5 m, pila central de contención de 80 cm y muros de contención laterales de concreto reforzado con una altura de 5.5 m y diámetro de 60 cm.

El proyecto también contempla una losa tapa de 80 cm de espesor con trabe de confinamiento sobre las pilas del deprimido, trabe de confinamiento, parapeto sobre pilas en rampas, losas de rodamiento de concreto con pasa juntas liso en la junta transversal y pasa juntas corrugado en la junta longitudinal, así como la construcción de obra inducida mediante el embovedamiento de las aguas tratadas del dren interceptor y el revestimiento del canal para descargas pluviales en la zona de afectación.

Tabla 34. Componentes de la alternativa 2

Concepto	
Longitud (km)	1.0
Tipo de vialidad	Deprimido
Número de carriles	4
Ancho de corona (m)	21.2
Acotamientos	Si
Tipo de terreno ^{a/}	Plano
Estado físico	Bueno
Índice de rugosidad (IRI) ^{b/}	3

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota.

^{a/} Según el *Manual de Capacidad de Carreteras* (HCM, por sus siglas en inglés) en su última versión, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: plano ≤ 2.0 , $2.0 < \text{lomerío} \leq 4.0$, montañoso > 4.0 .

^{b/} En referencia al estado físico del tramo observado y dados los parámetros siguientes: IRI > 3.5 : no satisfactorio; $2.5 < \text{IRI} \leq 3.5$: satisfactorio; IRI ≤ 2.5 : bueno.

Para esta alternativa, los movimientos quedan definidos de la siguiente manera:

Tabla 35. Datos de la oferta para la alternativa 2

Movimiento	3-1 ^{a/}	2-2	3-2 ^{b/}	3-3	2-1 ^{c/}
Longitud (km)	1	1	1	1	1
Número de carriles	2	1	2	1	2
Ancho de corona (m)	7.0	3.5	7.0	3.5	7.0
Tipo de pavimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
Tipo de terreno ^{g/}	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice de rugosidad (IRI) ^{h/}	3	3	3	3	3
Movimiento	2-3 ^{d/}	1-1	1-2 ^{e/}	1-3C ^{f/}	1-3L ^{f/}
Longitud (km)	1	1	1	1	1
Número de carriles	2	1	2	1	2
Ancho de corona (m)	7.0	3.5	7.0	3.5	7.0
Tipo de pavimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
Tipo de terreno ^{g/}	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano

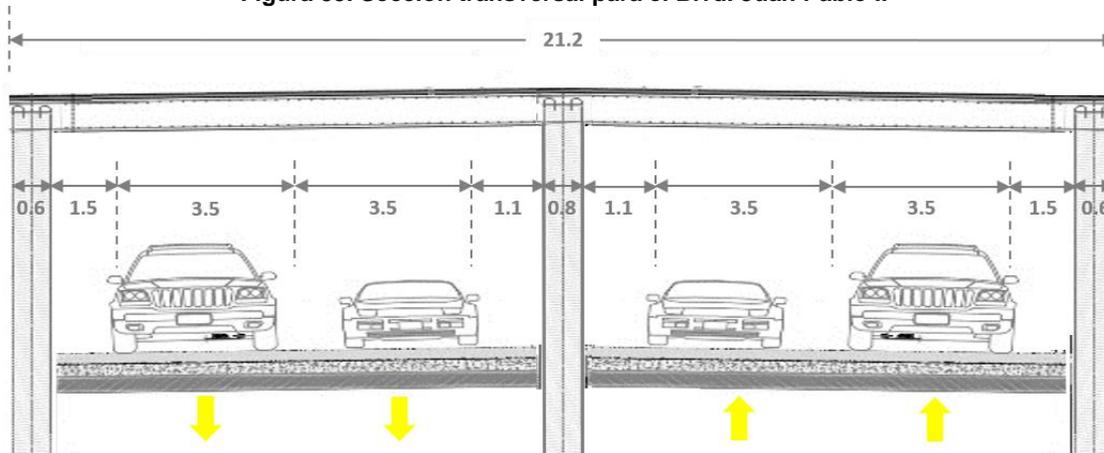
Movimiento	3-1 ^{a/}	2-2	3-2 ^{b/}	3-3	2-1 ^{c/}
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice de rugosidad (IRI) ^{h/}	3	3	3	3	3

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

- ^{a/} El movimiento 3-1 que contempla el flujo vehicular proveniente del poniente que circula sobre la Av. Francisco Villarreal Torres y que se dirige hacia el norte con incorporación al Blvd. Juan Pablo II se realizará a nivel a través de carriles centrales y laterales.
- ^{b/} El movimiento 3-2 que contempla el flujo vehicular proveniente del poniente que circula sobre la Av. Francisco Villarreal Torres y que se dirige hacia el sur con incorporación al Blvd. Juan Pablo II se realizará a nivel a través de un carril de vuelta continua con precaución. En este movimiento no se consideran demoras debido a que la vuelta será continua.
- ^{c/} El movimiento 2-1 que contempla el flujo vehicular proveniente del sur que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el norte sobre el mismo boulevard se realizará a través del paso deprimido. En este movimiento no se consideran demoras debido a que el flujo será continuo.
- ^{d/} El movimiento 2-3 que contempla el flujo vehicular proveniente del sur que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el poniente con incorporación a la Av. Francisco Villarreal Torres se realizará a nivel.
- ^{e/} El movimiento 1-2 que contempla el flujo vehicular proveniente del norte que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el sur sobre el mismo boulevard se realizará a través del paso deprimido. En este movimiento no se consideran demoras debido a que el flujo será continuo.
- ^{f/} El movimiento 1-3 que contempla el flujo vehicular proveniente del norte que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el poniente con incorporación a la Av. Francisco Villarreal Torres se realizará a nivel a través de un carril de vuelta continua con precaución. En este movimiento no se consideran demoras debido a que la vuelta es continua.
- ^{g/} Según el *Manual de Capacidad de Carreteras* (HCM, por sus siglas en inglés) en su última versión, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: plano ≤ 2.0 , $2.0 < \text{lomerío} \leq 4.0$, montañoso > 4.0 .
- ^{h/} En referencia al estado físico del tramo observado y dados los parámetros siguientes: $IRI > 3.5$: no satisfactorio; $2.5 < IRI \leq 3.5$: satisfactorio; $IRI \leq 2.5$: bueno.

Figura 35. Sección transversal para el Blvd. Juan Pablo II



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

El monto total de la alternativa 2 asciende a \$166,086,132 pesos con IVA, mientras que el monto total de inversión, sin incluir el IVA, se estima en \$143,177,7000 pesos e incluye la construcción del paso deprimido y la obra inducida.

La distribución de la inversión contempla que para el primer año se destinarán \$69,500,000 pesos para la elaboración de estudios de preinversión y construcción del paso deprimido, mientras que para el segundo se destinarán \$73,677,700 pesos para los trabajos faltantes del paso deprimido y la obra inducida.

Tabla 36. Monto de inversión de la alternativa 2

Concepto	Monto total (sin IVA)	Monto total (con IVA)
Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres (del km 0+000 al km 0+400) mediante la construcción de un paso deprimido y obra inducida.	143,177,700	166,086,132
Estudios de preinversión	500,000	580,000
Estudios de preinversión	500,000	580,000
Paso deprimido	142,015,591	164,738,085
Terracerías	14,343,812	16,638,822
Drenaje y subdrenaje	89,974,819	104,370,790
Trabajos diversos	1,541,070	1,787,641
Pavimentos	31,414,134	36,440,395
Estructuras	1,896,702	2,200,174
Señalamiento	2,845,054	3,300,263
Obra inducida	662,109	768,046
Revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales	662,109	768,046
Total de la inversión	143,177,700	166,086,132

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

La construcción del paso deprimido provocará un ahorro en tiempo y consumo de combustible para los usuarios que circulan únicamente sobre el Blvd. Juan Pablo II, por lo que los demás movimientos permanecerán con las mismas demoras que se presentan actualmente. A continuación, se presentan los beneficios a lo largo del horizonte de evaluación:

Tabla 37. Beneficios totales para la construcción del paso deprimido

Año	Beneficios totales (\$/año)	Año	Beneficios totales (\$/año)
2019	0	2034	91,658,673
2020	0	2035	94,683,409
2021	60,042,923	2036	97,807,962
2022	61,604,039	2037	101,035,624
2023	63,513,765	2038	104,369,800
2024	65,673,233	2039	107,814,003
2025	67,906,123	2040	111,371,865
2026	70,214,931	2041	115,047,137
2027	72,602,238	2042	118,843,692
2028	75,070,714	2043	122,765,534
2029	77,623,119	2044	126,816,797
2030	80,262,305	2045	131,001,751
2031	82,991,223	2046	135,324,809
2032	85,812,925	2047	139,790,528
2033	88,730,564	2048	144,403,615

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

3.5.3 Comparación de alternativas

Para la evaluación de las alternativas, se presenta una comparación de indicadores de rentabilidad en la cual se consideran los siguientes conceptos:

Tabla 38. Comparación de indicadores de rentabilidad

Concepto	Alternativa 1	Alternativa 2
Monto de inversión (sin IVA)	139,020,532	143,177,700
VPN	545,223,314	35,899,517
TRI	15.8%	7.7%
TIR	18.3%	9.5%

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

El análisis de los indicadores de rentabilidad indica que la alternativa 1 es más rentable debido a que el valor presente neto es mayor y constituye una mejor propuesta debido a que se encuentra en un momento óptimo para realizar la inversión.

En lo que respecta al aspecto constructivo la alternativa 2 representa una serie de dificultades técnicas asociadas a los métodos de excavación del terreno natural para la construcción del paso deprimido, las pendientes necesarias para la movilidad de transporte pesado y las condiciones geotécnicas del subsuelo que se pudieran presentar.

Además, los costos por molestias son muy elevados y constituyen un problema al momento de la construcción. De esta manera, la alternativa 1 representa una ventaja sobre la alternativa 2 desde el aspecto económico y constructivo.

4. Situación con el PPI

En este capítulo, se describen los principales componentes del proyecto, su alineación estratégica con los diferentes planes y programas, el monto de inversión, las fuentes de financiamiento y las metas anuales de producción. Además, se presentan los cambios derivados de la realización del proyecto y su impacto en la oferta y la demanda, así como la interacción entre ambas.

4.1 Descripción general del proyecto

Tabla 39. Clasificación del programa o proyecto de inversión

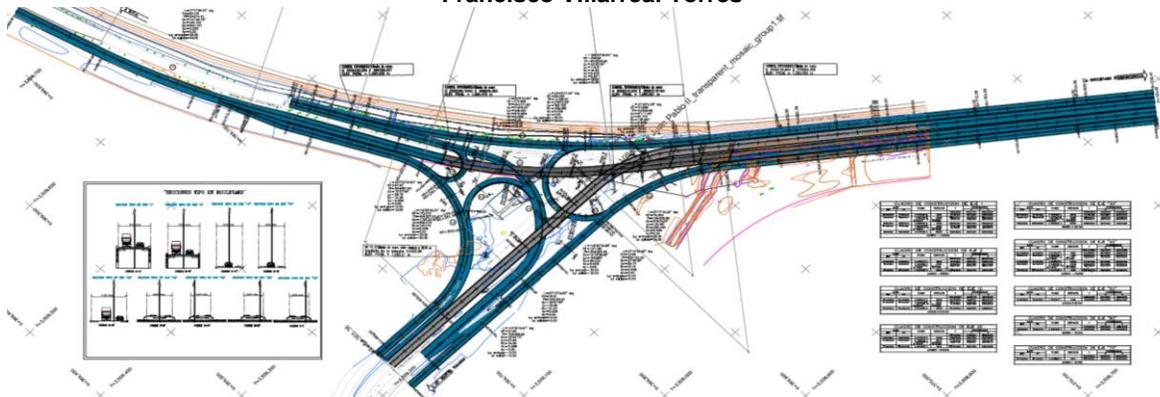
Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	<input checked="" type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura social	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura gubernamental	<input type="checkbox"/>
Proyecto de inmuebles	<input type="checkbox"/>
Programa de adquisiciones	<input type="checkbox"/>
Programa de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Otros proyectos de inversión	<input type="checkbox"/>
Otros programas de inversión	<input type="checkbox"/>

Fuente: Secretaría de Hacienda y Crédito Público. "Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión". México, Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación. 2013.

El proyecto consiste en la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial, el cual está constituido por cuatro gazas de incorporación, tres retornos a nivel, un paso inferior vehicular (PIV) en un segundo nivel, un paso superior vehicular (PSV) en un tercer nivel y obra inducida, la cual considera el revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales en la zona de afectación de la modernización del entronque. La geometría del proyecto permite diez movimientos direccionales.

Esta configuración difiere de las intersecciones convencionales en las que las vialidades presentan cruces a nivel.

Figura 36. Planta geométrica del distribuidor vial en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. "Anteproyecto para la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo con la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial". México, Chihuahua: Oficina de Proyectos de Caminos. 2018.

Las características de los elementos mencionados en la descripción general del proyecto se desglosan en la siguiente tabla:

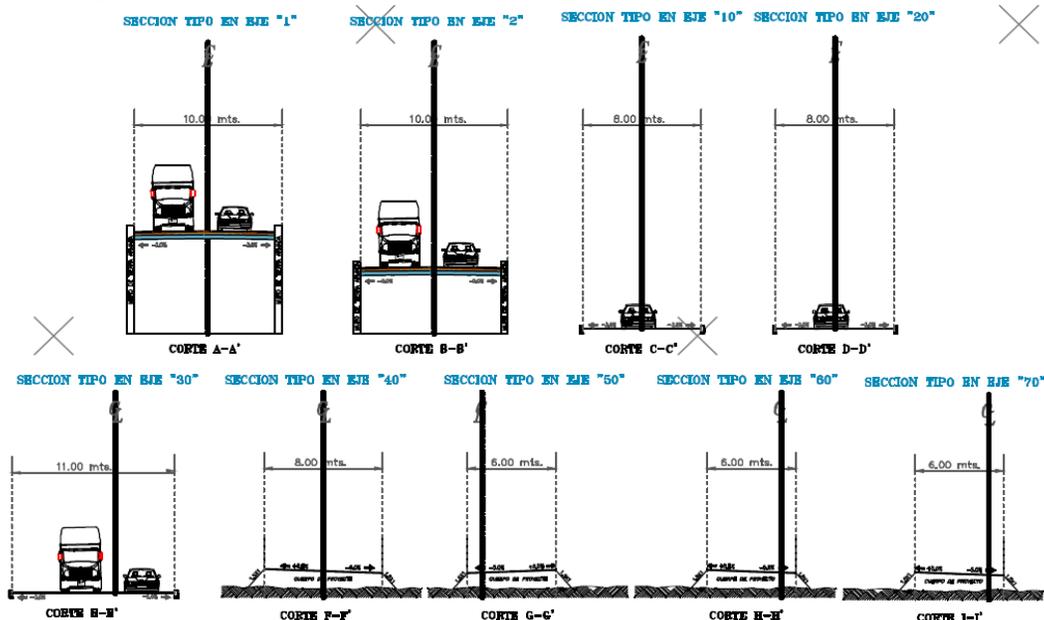
Tabla 40. Elementos constitutivos del distribuidor vial

Gazas de incorporación		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
10	8.0	2
20	8.0	2
30	11.0	2
40	8.0	2
Retornos		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
50	6.0	1
60	6.0	1
70	6.0	1
Paso inferior vehicular (PIV 2 ^{do} nivel)		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
2	10.0	2
Paso superior vehicular (PSV 3 ^{er} nivel)		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
1	10.0	2

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. “Anteproyecto para la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo con la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial”. México, Chihuahua: Oficina de Proyectos de Caminos. 2018.

Las secciones transversales de los ejes constitutivos del distribuidor vial se presentan a continuación:

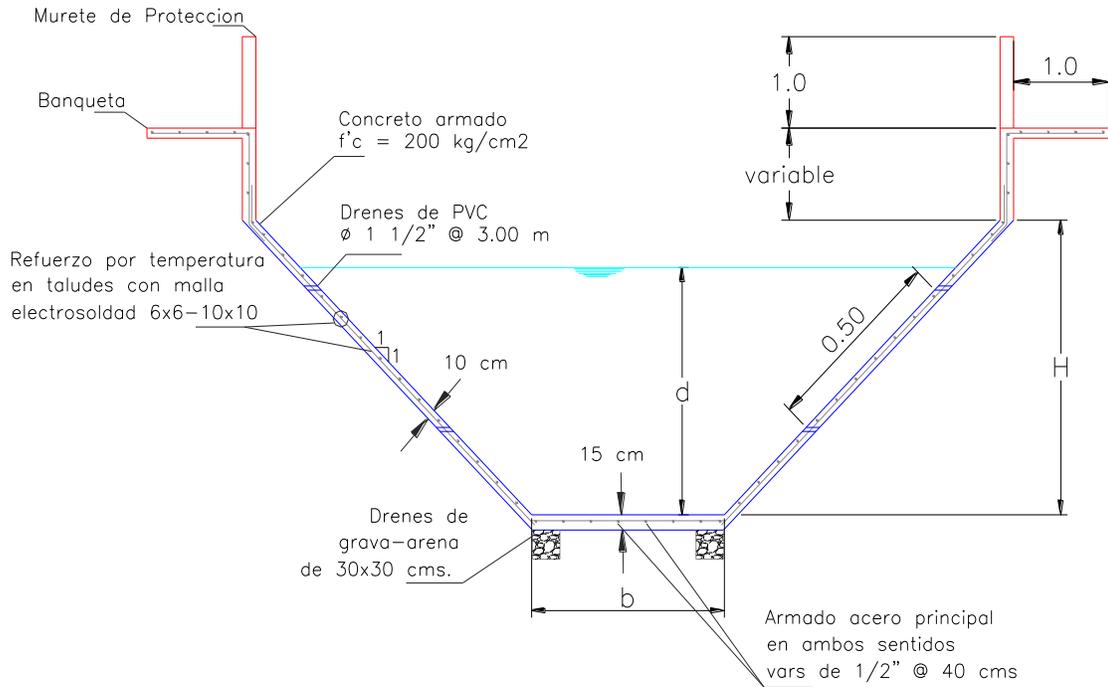
Figura 37. Secciones transversales de los ejes constitutivos del distribuidor vial



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. “Anteproyecto para la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo con la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial”. México, Chihuahua: Oficina de Proyectos de Caminos. 2018.

El proyecto también considera la obra inducida para el revestimiento del canal de descarga de aguas pluviales.

Figura 38. Sección transversal del revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. "Proyecto ejecutivo para la modernización del dren interceptor y el revestimiento del canal en el Blvd. Juan Pablo II, tramo: Av. Francisco Villarreal Torres a Blvd. Independencia". México, Chihuahua: Oficina de Proyectos de Caminos. 2018.

4.2 Alineación estratégica

A continuación, se presenta la alineación estratégica del proyecto de acuerdo con los principales elementos de planeación nacional, estatal y municipal.

4.2.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018

En su Capítulo IV. México Próspero, en el Apartado IV.1. Diagnóstico: existe la oportunidad para que seamos más productivos, se menciona: *“una economía que quiere competir a nivel mundial necesita contar con una infraestructura que facilite el flujo de productos, servicios y el tránsito de personas de una manera ágil, eficiente y a un bajo costo. Una infraestructura adecuada potencia la capacidad productiva del país y abre nuevas oportunidades de desarrollo para la población”*.

Por otra parte, en el Capítulo IV.2. Plan de acción: eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país, se establece: *“incrementar y democratizar la productividad también involucra contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica y que genere una logística más dinámica...”*, por lo que para atender esta situación, el plan presenta los siguientes objetivos con sus estrategias y líneas de acción.

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

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

Líneas de acción. Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros. Modernizar las carreteras interestatales.

Llevar a cabo la construcción de libramientos, incluyendo entronques, distribuidores y accesos. Garantizar una mayor seguridad en las vías de comunicación, a través de mejores condiciones físicas de la red y sistemas inteligentes de transporte.

4.2.2 Programa Nacional de Infraestructura (PNI) 2014-2018

En su Capítulo 2. Sector Comunicaciones y Transportes, en el Apartado 2.3 Objetivos, estrategias y líneas de acción, se establece: *“estrategia 1.1. Desarrollar a México como plataforma logística con infraestructura de transporte multimodal que genere costos competitivos y valor agregado, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social”* y *“estrategia 1.2 Generar infraestructura para una movilidad de pasajeros moderna, integral, ágil, segura, sustentable e incluyente”*. Para atender esta situación, el programa presenta las siguientes líneas de acción.

1.1.1 Mejorar la competitividad y eficiencia de la red de transportes a través del desarrollo de infraestructura integral, multimodal y que agregue valor.

1.1.2 Consolidar corredores logísticos nacionales mediante infraestructura que estructure el territorio nacional en ejes longitudinales y transversales que fortalezcan las cadenas de suministro.

1.1.3 Facilitar el comercio exterior desarrollando proyectos que agilicen los flujos internacionales de carga y descongestionen los accesos a puertos fronterizos marítimos y terrestres.

1.1.4 Modernizar y ampliar la infraestructura de transportes de forma que propicie un desarrollo regional equilibrado.

1.2.1 Promover el desarrollo de infraestructura que contribuya al crecimiento de las localidades además de brindarles una mayor accesibilidad a los servicios.

1.2.4 Desarrollar y promover obras de infraestructura que contribuyan al crecimiento del turismo en el país.

4.2.3 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018

En su Capítulo II. Alineación a las Metas Nacionales, dentro del numeral 2.3 Coordinación Interinstitucional y en el apartado I) El Objetivo Logístico se menciona: *“la logística es una fórmula para elevar la productividad y el desarrollo económico del país. Lograr que México apalanque su productividad en la logística, requiere desarrollar y fortalecer los 4 componentes de la cadena logística: infraestructura, regulación, competencias laborales de personas y empresas y sistemas de información.*

La infraestructura representa el cimiento en la construcción de un sistema de plataformas logísticas y en el desarrollo de una conectividad estratégica. Dada la necesidad imperativa de fortalecer dicha base, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes avanzó con el Programa de Inversiones en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones 2013-2018, para comenzar a construir el soporte de la Plataforma Logística a nivel mundial que México debe llegar a ser”.

Por otra parte, en el Capítulo III. Objetivos, estrategias y líneas de acción, en el Objetivo 1, se menciona: *“desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social”* indica que *“convertir a México en una plataforma logística multimodal responde a la necesidad de mejorar la competitividad y la productividad.*

Para ello, es necesario el aprovechamiento de la localización geográfica del país y su capacidad productiva, que permitan una optimización de los recursos además de un desarrollo ordenado de las economías regionales, tanto internacionales como nacionales. Es por ello que la infraestructura debe mejorar la conectividad de los centros de población con los polos regionales de desarrollo, los centros de consumo y de producción con el objeto de reducir costos de transporte, mejorar la seguridad y detonar actividades de valor agregado. Además, debe apoyar el acceso de amplios grupos de población campesina a servicios básicos de salud y educación, así como a mayores oportunidades de empleo”.

Las estrategias y líneas plasmadas dentro del Objetivo 1 son:

Estrategia 1.1 Modernizar, construir y conservar la red carretera federal, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos, de eficiencia, seguridad y equidad regional.

Líneas de acción. Construir, modernizar y conservar carreteras y autopistas, privilegiando los recorridos de largo itinerario. Construir infraestructura que permita brindar mayor seguridad a los usuarios. Coordinar esfuerzos con las cámaras y colegios, para acelerar los procesos de implementación de los proyectos.

4.2.4 Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021 del Gobierno del Estado de Chihuahua

En su Capítulo 3. Infraestructura, Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, en el Apartado B. Objetivos, estrategias y líneas de acción, se menciona: *“mejorar los medios de intercomunicación entre localidades para propiciar el desarrollo económico y social de las distintas regiones del estado”*.

Por otra parte, para lograr dicho objetivo, se plantea: *“fortalecer la infraestructura estratégica de vías de comunicación terrestres, ampliándola y conservándola en óptimas condiciones operativas”* a través de la *“construcción de carreteras vecinales municipales, interconectadas con las carreteras alimentadoras, que faciliten la comunicación entre poblaciones y la modernización de tramos carreteros estatales para incrementar su nivel de servicio, con una operación más eficiente y que garantice una mayor seguridad al usuario”*.

4.2.5 Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018 Ciudad Juárez, Chihuahua

En el Eje Sectorial 5. Servicios Públicos Municipales, se establece: *“mejorar el espacio urbano y consolidar la dotación de los servicios públicos municipales constituyen los aspectos fundamentales que la administración pública ha establecido como tarea prioritaria para mejorar el bienestar y enriquecer la calidad de vida de todas las personas, bajo criterios de igualdad y equidad social”*.

Por su parte, dentro de los objetivos estratégicos se menciona: *“mejorar, ampliar y efficientar la cobertura de los servicios públicos municipales”*, así como *“mejorar la movilidad urbana y las vialidades”*.

Asimismo, dentro del Apartado 5.1 Planeación Urbana, en el numeral 5.1.2 Vialidades, se menciona: *“Las vialidades en el municipio presentan, entre otros aspectos, deficiencia en su mantenimiento, así como la falta de una señalización y nomenclatura adecuada.*

Esta situación provoca daños en el patrimonio de las personas, aumento de costos en el desplazamiento a los centros laborales, perdiendo horas hombre, y genera accidentes entre automovilistas y peatones”, por lo que se define el siguiente objetivo:

“Mejorar las vialidades del municipio con el mantenimiento que elimine los baches, incremente la pavimentación y el recarpeteo”, lo cual se logra a través de las siguientes líneas de acción: *“Destinar la gran parte del presupuesto al bacheo, pavimentación y re*

encarpetado y mejorar la nomenclatura y los señalamientos que correspondan para la correcta identificación del nombre de las calles en vialidades primarias y secundarias”.

Además, se menciona como punto central la estrategia de diversificación de la economía local. Se identifica a Juárez como un punto de concentración de conglomerados de industria automotriz, partes eléctricas/semiconducto, equipo médico, equipo de comunicaciones, equipo de impresión, equipo de medición y navegación, equipo de audio y video, plásticos, electrodomésticos y tecnologías de la información.

En Juárez la industria es de suma importancia para el desarrollo de la entidad, el suelo urbano está vinculado al establecimiento de la manufactura, que actualmente cuenta con 23 parques industriales y 15 zonas industriales a lo largo del territorio municipal.

La ubicación de la ciudad y su vecindad con EE. UU. permite que se posicione como un importante centro de negocios en donde las exportaciones y la maquila facilitan la posibilidad de realizar alianzas estratégicas con las empresas norteamericanas en beneficio de la población del municipio. Entre las ventajas comparativas de la ciudad se destacan una amplia oferta hotelera, infraestructura en materia de comunicaciones reflejada en cinco puentes internacionales.

En este plan se hace énfasis en el desarrollo urbano combatiendo principalmente la ciudad dispersa, distante y desconectada. Para ello las estrategias presentadas son el incentivar el aprovechamiento del suelo baldío intraurbano y subutilizado, establecer estructuras viales para el transporte colectivo, nodos de transporte, equipamiento y accesibilidad para la población, introducción e intensificación de corredores mixtos de vivienda, comercios y servicios.

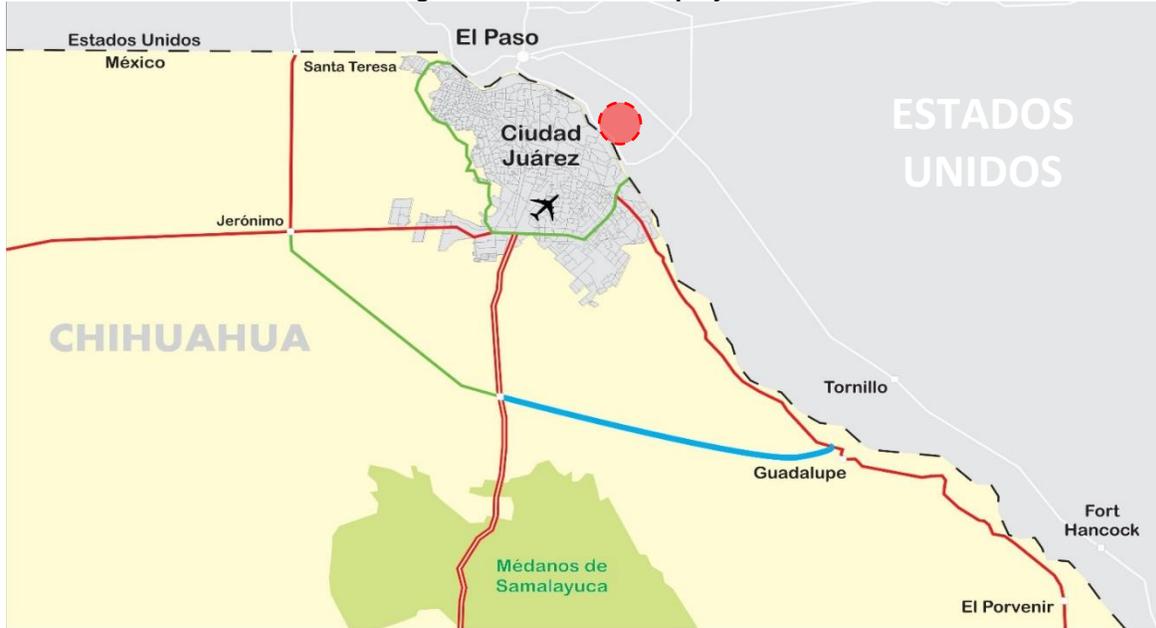
El PDUS establece una Zona de Densificación Prioritaria (ZDP) que parte de la mancha urbana actual delimitada por el Anillo Vial Periférico (AVP), la cual estará demarcando una nueva etapa en el crecimiento y desarrollo de la ciudad.

Al interior de dicha ZDP se promueve una densificación inteligente que permita su consolidación a partir de contar con aspectos positivos como mejores condiciones de movilidad motorizada y no motorizada, cobertura de transporte público colectivo, estructura vial con mayor nivel de consolidación y grado de pavimentación, mayor accesibilidad a equipamiento público.

4.3 Localización geográfica

A nivel de micro localización, el proyecto se encuentra en la intersección del boulevard Juan Pablo II con la Av. Francisco Torres Villarreal (del km 0+000 al km 0+400) y contempla una longitud de 400.0 m.

Figura 39. Ubicación del proyecto



Fuente: Elaboración propia con base en imágenes de Google Earth

Tabla 41. Ubicación geográfica del proyecto (coordenadas)

Concepto		
Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Torres Villarreal (del km 0+000 al km 0+400) mediante la construcción de un distribuidor vial y obra inducida.		
	<i>Notación sexagesimal</i>	<i>Notación decimal</i>
Latitud	31°42'38.72" N	31.710756
Longitud	106°22'19.75" O	-106.372153

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

4.4 Calendario de actividades

El periodo de inversión del proyecto se divide en 17 meses. En la siguiente tabla se muestra la distribución de los conceptos a lo largo de los meses de inversión.

Tabla 42. Calendario de actividades

Concepto	2019												2020				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres (del km 0+000 al km 0+400) mediante la construcción de un distribuidor vial.																	
Estudios de preinversión y registro ante SHCP																	
Estudios de preinversión y registro	x	x	x	x	x	x	x										
Distribuidor vial																	
Terracerías								x	x	x	x	x	x				
Estructuras								x	x	x	x	x	x	x	x		
Obras de drenaje								x	x	x	x	x					
Pavimentación										x	x	x	x	x	x		
Señalamiento y dispositivos de seguridad														x	x	x	x
Instalaciones eléctricas e iluminación														x	x	x	x
Obra inducida																	
Revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

4.5 Monto total de inversión

Para realizar el proyecto se requerirá una inversión de \$139,020,532 pesos de 2019 sin IVA. Este monto de inversión considerando el IVA asciende a \$161,263,817 pesos de 2019.

Tabla 43. Monto total de inversión (principales componentes)

Concepto	Monto total (sin IVA)	Monto total (con IVA)
Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres (del km 0+000 al km 0+400) mediante la construcción de un distribuidor vial y obra inducida.	139,020,532	161,263,817
Estudios de preinversión y registro ante la SHCP	500,000	580,000
Estudios de preinversión y registro	500,000	580,000
Distribuidor vial	137,930,532	159,999,417
Terracerías	13,931,214	16,160,208
Estructuras	87,386,706	101,368,579
Obras de drenaje	1,496,742	1,736,221
Pavimentación	30,510,510	35,392,192
Señalamiento y dispositivos de seguridad	1,842,144	2,136,887
Instalaciones eléctricas e iluminación	2,763,216	3,205,331
Obra inducida	590,000	684,400
Revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales	590,000	684,400
Total de la inversión	139,020,532	161,263,817

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

La inversión para 2019 será de \$ 78,705,343 pesos (sin IVA) y de \$60,315,189 pesos (sin IVA) para 2020.

4.6 Fuentes de financiamiento

El proyecto será financiado por fuentes federales y estatales.

Tabla 44. Fuentes de financiamiento

Recursos	Monto total (sin IVA)	%	Monto total (con IVA)	%
Federal	138,520,532	99.6%	160,683,817	99.6%
Estatad	500,000	0.4%	580,000	0.4%
Total	139,020,532	100%	161,263,817	100%

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Tabla 45. Fuentes de financiamiento por año

Recursos	Monto total (sin IVA)			Monto total (con IVA)		
	2019	2020	Total	2019	2020	Total
Federal	78,205,343	60,315,189	138,520,532	90,718,198	69,965,619	160,683,817
Estatad	500,000	-	500,000	580,000	-	580,000
Total	78,705,343	60,315,189	139,020,532	91,298,198	69,965,619	161,263,817

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

4.7 Capacidad instalada

La capacidad del proyecto se define con base en la configuración de la infraestructura y la capacidad vial.

La modernización del entronque en la intersección tendrá capacidad para alojar nueve movimientos a través de los siguientes elementos:

Tabla 46. Elementos constitutivos del distribuidor vial

Gazas de incorporación		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
10	8.0	2
20	8.0	2
30	11.0	2
40	8.0	2
Retornos		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
50	6.0	1
60	6.0	1
70	6.0	1
Paso inferior vehicular (PIV 2 ^{do} nivel)		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
2	10.0	2
Paso superior vehicular (PSV 3 ^{er} nivel)		
Sección tipo (eje)	Ancho de sección transversal (m)	No. de carriles
1	10.0	2

Fuente: Transconsult S.A. de C.V. con base en información de la planta general del distribuidor vial

4.8 Metas anuales y totales de producción

Tabla 47. Metas físicas anuales

Año	Trabajos por realizar	Monto (sin IVA)	Monto (con IVA)
2019	Realización de estudios de preinversión que incluyen la elaboración de anteproyectos, la elaboración del análisis costo – beneficio y el registro ante la Unidad de Inversiones (UI) de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).	78,705,343	91,298,198
	Terracerías		
	Estructuras		
	Obras de drenaje Pavimentación		
2020	Terracerías	60,315,189	69,965,619
	Estructuras		
	Obras de drenaje		
	Pavimentación		
	Señalamiento y dispositivos de seguridad Instalaciones eléctricas e iluminación		

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

4.9 Vida útil

El horizonte de evaluación es de 30 años con dos años de inversión (siete meses para la elaboración de estudios de preinversión y registro ante SHCP y 10 meses para la construcción del distribuidor vial y obra inducida) y 28 de vida útil.

4.10 Descripción de los aspectos más relevantes

4.10.1 Factibilidad Técnica

Se cuenta con el anteproyecto de los siguientes componentes:

- Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial. La estructura contempla una longitud de 400.0 m (ver Anexo A).

Por otra parte, se cuenta con el proyecto ejecutivo de los siguientes componentes:

- Modernización del dren interceptor y revestimiento del canal en el Blvd. Juan Pablo II, tramo: de la Av. Francisco Villarreal Torres al Blvd. Independencia. El proyecto consiste en la rectificación del dren interceptor paralelo al boulevard en cuestión y el objetivo implica el control y conducción del agua de riego, el agua tratada de la planta norte y los escurrimientos pluviales de la zona de integración ecológica en el área de Salvarcar (ver Anexo B).

Se realizó el estudio de demanda con base en los siguientes trabajos de campo:

- Instalación de dos aforos automáticos (AA1 y AA2);

- Ejecución de cuatro aforos direccionales (AD1);

Los resultados del estudio de tránsito se presentan en el apartado 2.3 *Análisis de la demanda actual*, así como en el Anexo C.

4.10.2 Factibilidad Legal

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 36, inciso I, establece que corresponde a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte y las comunicaciones de acuerdo a las necesidades del país.

Asimismo, en los incisos XXI y XXII del mismo artículo se establece que corresponde a la SCT construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales; así como las estaciones y centrales de autotransporte federal; construir y conservar caminos y puentes, en cooperación con los gobiernos de las entidades federativas, con los municipios y los particulares.

En el Capítulo II, artículo 5 de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal se establece que corresponden a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sin perjuicio de las otorgadas a otras dependencias de la Administración Pública Federal las siguientes atribuciones:

- Planear, formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo de los caminos, puentes, servicios de autotransporte federal y sus servicios auxiliares;
- Vigilar, verificar e inspeccionar que los caminos y puentes, así como los servicios de autotransporte y sus servicios auxiliares cumplan con los aspectos técnicos y normativos correspondientes;
- Otorgar las concesiones y permisos a que se refiere esta Ley; vigilar su cumplimiento y resolver sobre su revocación o terminación en su caso;
- Expedir las normas oficiales mexicanas de caminos y puentes, así como de vehículos de autotransporte y sus servicios auxiliares;
- Determinar las características y especificaciones técnicas de los caminos y puentes;
- Construir y conservar directamente caminos y puentes; y
- Establecer las bases generales de regulación tarifaria.

El procedimiento de contratación, ejecución y control de las obras se lleva a cabo con base en lo establecido en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM). Respecto al derecho de vía, se cuenta con el 100% para la ejecución de los trabajos.

4.10.3 Factibilidad Económica

El presente ACB muestra la cuantificación de los costos y beneficios del proyecto de inversión. En el numeral 5 *Evaluación del proyecto* se muestran a detalle los costos y los beneficios asociados al proyecto, así como los indicadores de rentabilidad y el flujo de efectivo.

El conjunto de costos asociados al proyecto asciende a \$624,670,788 pesos de 2019, con un valor presente neto de \$577,202,924 pesos de 2019 y la suma del valor presente de todos los beneficios durante el horizonte de evaluación equivale a \$1,122,426,238 pesos de 2019.

De las estimaciones de los indicadores de rentabilidad del proyecto, se obtuvo un VPN de \$545,223,314 pesos de 2019, una TRI de 15.8% en el primer año de operación (mayor a la Tasa Social de Descuento del 10%), una TIR de 18.3% y una Relación Costo Beneficio de 1.94.

Con base en estos indicadores se concluye que el proyecto es socialmente rentable, y que el momento óptimo de operar es 2021, lo que confirma la necesidad de iniciar la inversión a partir del año 2019 para maximizar los beneficios netos generados por el proyecto.

A partir del análisis de sensibilidad y riesgos, se observó que ante incrementos en la inversión máximos al 408.0%, o disminuciones en los beneficios máximas al 49.0%, el proyecto es rentable, por lo que se considera robusto. El avance de la factibilidad económica es del 100%. El *Anexo H. Memoria de Cálculo* presenta a detalle todos los cálculos para la estimación de los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del proyecto.

4.10.4 Factibilidad Ambiental

El estatus en materia de impacto ambiental de los componentes se presenta a continuación:

- Para la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres, se tramitará la exención en materia de impacto de ambiental ante la Dirección de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SDUE) del Gobierno del Estado de Chihuahua.

4.11 Análisis de la oferta

4.11.1 Distribuidor vial en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres

Al realizar la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres se efectuarían modificaciones en la infraestructura del cruce. En este sentido, la operación vial se afectaría y los movimientos direccionales quedarían definidos de la siguiente manera:

Tabla 48. Datos de la oferta en la situación con proyecto

Movimiento	3-1C	2-2 ^{a/}	3-2	3-3	2-1
Número de carriles	2	1	2	1	2
Ancho de corona (m)	7.0	3.5	7.0	3.5	7.0
Tipo de pavimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
Tipo de terreno ^{d/}	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice de rugosidad (IRI) ^{e/}	3	3	3	3	3
Movimiento	2-3 ^{b/}	1-1	1-2 ^{c/}	1-3C	1-3L
Número de carriles	2	1	2	1	2
Ancho de corona (m)	7.0	3.5	7.0	3.5	7.0
Tipo de pavimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
Tipo de terreno ^{d/}	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice de rugosidad (IRI) ^{e/}	3	3	3	3	3

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

- ^{a/} El movimiento 2-2 que contempla el flujo vehicular proveniente del suroriente que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II ofrece la posibilidad de retorno sobre el mismo boulevard. Este movimiento es el único que se agrega en la situación con proyecto.
- ^{b/} El movimiento 2-3 que contempla el flujo vehicular proveniente del suroriente que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el poniente con incorporación a la Av. Francisco Villarreal Torres se realizará a través de un paso inferior vehicular. Este movimiento modifica la situación actual al ofrecer un paso a desnivel (2^{do} nivel).
- ^{c/} El movimiento 1-2 que contempla el flujo vehicular proveniente del norte que circula sobre el Blvd. Juan Pablo II y que se dirige hacia el poniente con incorporación a la Av. Francisco Villarreal Torres se realizará a través de un paso superior vehicular. Este movimiento modifica la situación actual al ofrecer un paso a desnivel (3^{er} nivel).
- ^{d/} Según el *Manual de Capacidad de Carreteras* (HCM, por sus siglas en inglés) en su última versión, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: plano ≤ 2.0 , $2.0 < \text{lomerío} \leq 4.0$, montañoso > 4.0 .
- ^{e/} En referencia al estado físico del tramo observado y dados los parámetros siguientes: IRI > 3.5 : no satisfactorio; $2.5 < \text{IRI} \leq 3.5$: satisfactorio; IRI ≤ 2.5 : bueno.

4.11.2 Obra inducida

Debido a que un requisito indispensable para la modernización del boulevard Juan Pablo II es la construcción de obra inducida mediante el embovedamiento de las aguas tratadas del dren interceptor y el revestimiento del canal para descargas pluviales, a continuación, se presentan los detalles del proyecto para la zona de afectación en la modernización del entronque:

- Los caudales de aguas pluviales que se generan en la zona de integración ecológica, en el área de Salvarcar, serán captados por un canal trapecial revestido de concreto armado. El gasto de diseño inicia con $10.5 \text{ m}^3/\text{s}$, llegando a $30.5 \text{ m}^3/\text{s}$ al final del tramo del proyecto.

4.12 Análisis de la demanda

La demanda se supone la misma que en la situación actual para los movimientos en el distribuidor vial.

4.13 Diagnóstico de la interacción oferta – demanda

Conforme la metodología planteada en el apartado 2.4 *Diagnóstico de la interacción oferta – demanda*, los resultados para la situación con proyecto.

Tabla 49. Indicadores de desempeño para la situación con proyecto

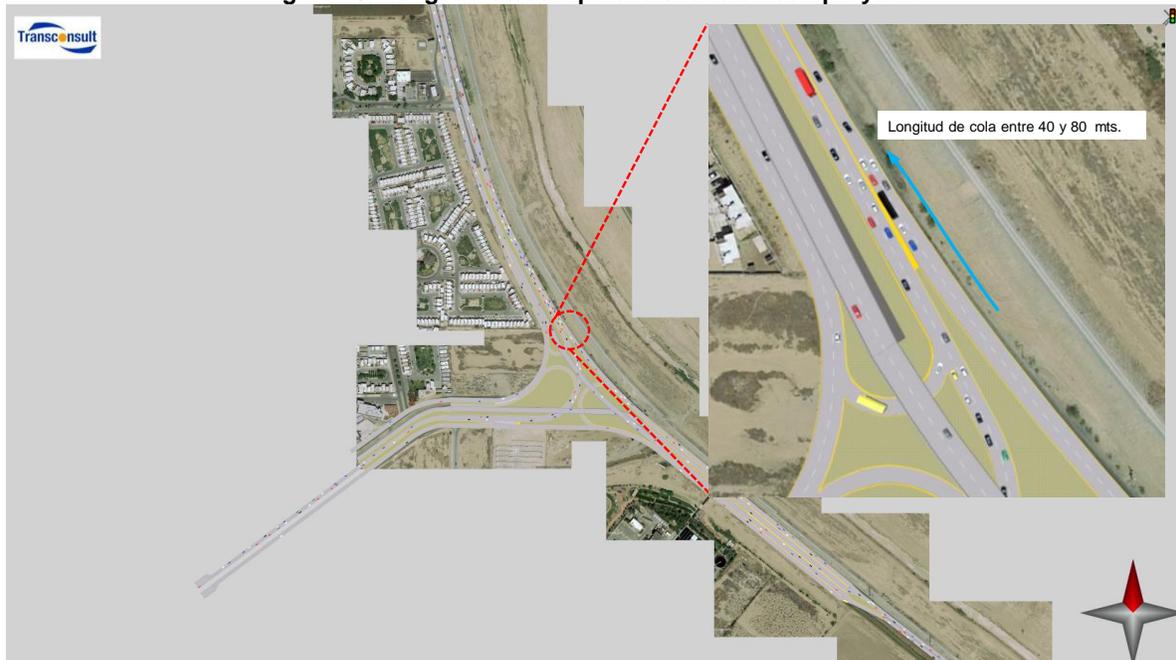
Origen	Destino	Nivel de servicio	Demoras (s)	Longitud de cola (m)
1	1	A	4	
1	2	A	2	
1	3L	A	4	
1	3C	A	4	
2	1	C	16	Entre 40 y 80
2	2	A	3	
2	3C	A	1	
3L	2	A	0	
3C	1	A	4	
3C	3C	A	2	
Total		A	5	

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Indicadores de desempeño. Se concluye que el nivel de servicio de la intersección es A con una demora promedio de 5.23 segundos promedio, esto significa que los vehículos que están en el medio de la cola deben esperar 05 segundos en promedio para cruzar la intersección.

De acuerdo a los resultados el movimiento con mayor conflicto es el 2-1, ya que presenta una reducción de carril al conectarse con el enlace de salida hacia el norte de Blvd. Juan Pablo II registrando una demora de 15.54 segundos promedio, esto lo ocasiona la reducción de 2 carriles a 1 carril. La siguiente imagen muestra la longitud de cola en la intersección.

Figura 40. Longitud de cola para la situación con proyecto



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

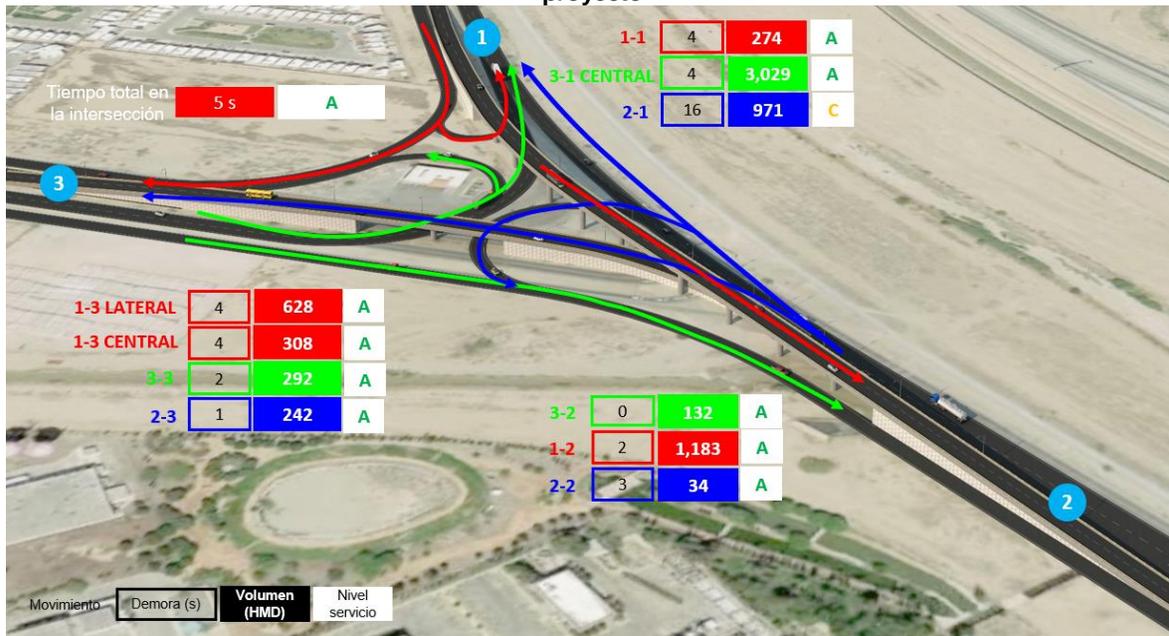
Tabla 50. Volumen, demoras y costos totales por ralentí en la situación con proyecto

Autos						
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)	
1-1	273	4	48	8	56	
1-2	1,141	2	101	16	117	
2-1	937	16	664	106	770	
2-3	241	1	11	2	12	
3-3	292	2	26	4	30	
3-1C	2,978	4	528	84	612	
2-2	34	3	5	1	5	
1-3L	596	4	106	17	123	
3-2	132	0	-	-	-	
1-3C	293	4	52	8	60	
Buses						
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)	
1-1	-	-	-	-	-	
1-2	11	2	10	0	10	
2-1	-	-	-	-	-	
2-3	-	-	-	-	-	
3-3	-	-	-	-	-	
3-1C	2	4	4	0	4	
2-2	-	-	-	-	-	
1-3L	9	4	17	0	17	
3-2	-	-	-	-	-	
1,3C	4	4	7	0	8	
CU						
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)	
1-1	1	4	0	0	0	
1-2	18	2	1	1	2	
2-1	13	16	6	4	9	
2-3	1	1	0	0	0	
3-3	-	-	-	-	-	
3-1C	25	4	3	2	5	
2-2	-	-	-	-	-	
1-3L	12	4	1	1	2	
3-2	-	-	-	-	-	
1-3C	6	4	1	0	1	
CA						
Movimiento	Volumen ^{a/}	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)	
1-1	-	-	-	-	-	
1-2	13	2	1	0	1	
2-1	21	16	9	5	15	
2-3	-	-	-	-	-	
3-3	-	-	-	-	-	
3-1C	24	4	3	2	4	
2-2	-	-	-	-	-	
1-3L	11	4	1	1	2	
3-2	-	-	-	-	-	
1-3C	5	4	1	0	1	

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:
^{a/} El volumen horario de máxima demanda corresponde al periodo de comprendido de 07:00 h a 08:00 h.

Figura 41. Movimientos direccionales, demoras, volúmenes y niveles de servicio en la situación con proyecto



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Durante la situación con proyecto prácticamente se anula el tiempo de ciclo de la intersección debido a que se eliminan los dispositivos de semaforización y se ofrece un flujo vehicular continuo para todos los movimientos. A continuación se presenta una tabla con las diferencias entre demoras y nivel de servicio para la situación optimizada y con la implementación del proyecto.

Tabla 51. Diferencias entre demoras y niveles de servicio entre la situación optimizada y con proyecto

Movimiento	Situación optimizada		Situación con proyecto	
	Demoras (s)	Nivel de servicio	Demoras (s)	Nivel de servicio
1-1	239	F	4	F
1-1	198	F	2	F
1-3L	10	B	4	B
1-3C	10	B	4	B
2-1	128	F	16	F
2-3	322	F	1	F
3L-1	45	D	0	D
3-2	5	A	0	A
3C-1	53	D	4	D
3-3	44	D	2	D
Total	94	F	5	A

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Con la implementación del proyecto se ofrece un nivel de servicio adecuado para el flujo vehicular en todos los movimientos de la intersección. Por otra parte, el movimiento 2-2 que considera el retorno sobre la Blvd. Juan Pablo II en el sentido suroriente considera una demora de 3 segundos. A continuación, se muestran los costos anuales a lo largo del horizonte durante la situación con proyecto.

Tabla 52. Costos totales en la situación con proyecto

Año	Costos totales (\$/año)	Año	Costos totales (\$/año)
2019	5,203,355	2034	8,320,910
2020	5,323,033	2035	8,595,500
2021	5,450,785	2036	8,879,151
2022	5,592,506	2037	9,172,163
2023	5,765,873	2038	9,474,845
2024	5,961,913	2039	9,787,515
2025	6,164,618	2040	10,110,503
2026	6,374,215	2041	10,444,149
2027	6,590,939	2042	10,788,806
2028	6,815,030	2043	11,144,837
2029	7,046,742	2044	11,512,616
2030	7,286,331	2045	11,892,533
2031	7,534,066	2046	12,284,986
2032	7,790,224	2047	12,690,391
2033	8,055,092	2048	13,109,174

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Finalmente, se presenta la diferencia de los beneficios entre la situación optimizada y la situación con proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.

Tabla 53. Diferencia de costos entre la situación optimizada y situación con proyecto y beneficios

Año	Costos totales SO (\$/año)	Costos totales SCP (\$/año)	SO - SCP
2019	100,757,339	5,203,355	95,553,983
2020	103,074,758	5,323,033	97,751,725
2021	105,548,552	5,450,785	100,097,766
2022	108,292,814	5,592,506	102,700,308
2023	111,649,891	5,765,873	105,884,018
2024	115,445,988	5,961,913	109,484,074
2025	119,371,151	6,164,618	113,206,533
2026	123,429,770	6,374,215	117,055,555
2027	127,626,383	6,590,939	121,035,444
2028	131,965,680	6,815,030	125,150,649
2029	136,452,513	7,046,742	129,405,771
2030	141,091,898	7,286,331	133,805,567
2031	145,889,023	7,534,066	138,354,957
2032	150,849,249	7,790,224	143,059,025
2033	155,978,124	8,055,092	147,923,032
2034	161,125,402	8,320,910	152,804,492
2035	166,442,540	8,595,500	157,847,040
2036	171,935,144	8,879,151	163,055,993
2037	177,609,004	9,172,163	168,436,840
2038	183,470,101	9,474,845	173,995,256
2039	189,524,614	9,787,515	179,737,100
2040	195,778,927	10,110,503	185,668,424
2041	202,239,631	10,444,149	191,795,482
2042	208,913,539	10,788,806	198,124,733
2043	215,807,686	11,144,837	204,662,849

Año	Costos totales SO (\$/año)	Costos totales SCP (\$/año)	SO - SCP
2044	222,929,339	11,512,616	211,416,723
2045	230,286,008	11,892,533	218,393,475
2046	237,885,446	12,284,986	225,600,459
2047	245,735,666	12,690,391	233,045,275
2048	253,844,942	13,109,174	240,735,769

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

5. Evaluación del PPI

En este capítulo, se identifican, cuantifican y valoran los costos y beneficios asociados al proyecto, se realiza el cálculo de los indicadores de rentabilidad y presentan los análisis de sensibilidad y de riesgos para determinar la rentabilidad de este.

5.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

En este numeral se describen los costos asociados al proyecto:

5.1.1 Costos de inversión

La inversión corresponde a todos los componentes de infraestructura necesarios para iniciar las operaciones del proyecto, en este caso están asociados a las terracerías, estructuras, obras de drenaje, pavimentos, señalamiento y dispositivos de seguridad, instalaciones eléctricas e iluminación y el revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales.

El monto total de inversión es de \$139,020,532 pesos sin IVA, lo que equivale a \$161,263,817 pesos IVA incluido. El valor presente neto asciende a \$133,537,333 pesos.

El periodo de inversión es de 2 años: los primeros siete meses se destinarán a los estudios de preinversión y registro del proyecto; y a partir del segundo semestre del primer año de inversión se iniciarán los trabajos de construcción. El monto estimado para 2019 es \$78,705,343 pesos; y \$60,35,189 para 2020.

Tabla 54. Desglose del monto de inversión

Concepto	Monto total (sin IVA)	Monto total (con IVA)
Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres (del km 0+000 al km 0+400) mediante la construcción de un distribuidor vial y obra inducida.	139,020,532	161,263,817
Estudios de preinversión	500,000	580,000
Estudios de preinversión	500,000	580,000
Distribuidor vial	137,930,532	159,999,417
Terracerías	13,931,214	16,160,208
Estructuras	87,386,706	101,368,579
Obras de drenaje	1,496,742	1,736,221
Pavimentación	30,510,510	35,392,192
Señalamiento y dispositivos de seguridad	1,842,144	2,136,887
Instalaciones eléctricas e iluminación	2,763,216	3,205,331
Obra inducida	590,000	684,400
Revestimiento del canal para la descarga de aguas pluviales	590,000	684,400
Total de la inversión	139,020,532	161,263,817

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

5.1.2 Costos por molestias

Los costos por molestias son los costos sociales que se generarán durante la etapa de construcción de la infraestructura necesaria. Para el presente estudio, los usuarios del transporte público y privado que circulan por el boulevard Juan Pablo II y la avenida

Francisco Villarreal Torres vialidades se enfrentarán a la inhabilitación parcial de la intersección, esto aumentará los costos de tiempos de espera y consumo de combustible.

Las estrategias planteadas en el esquema de construcción para reducir las afectaciones o impactos son las siguientes:

1. Se construirá el eje 40 correspondiente a la incorporación del Blvd. Juan Pablo II a la Av. Francisco Villarreal Torres mediante dos carriles de circulación.

El eje contempla originalmente un solo sentido de circulación, sin embargo, para permitir los movimientos y reducir las afectaciones por la modernización del entronque, se considerarán dos sentidos de forma temporal exclusivamente durante el periodo de construcción del total de la obra.

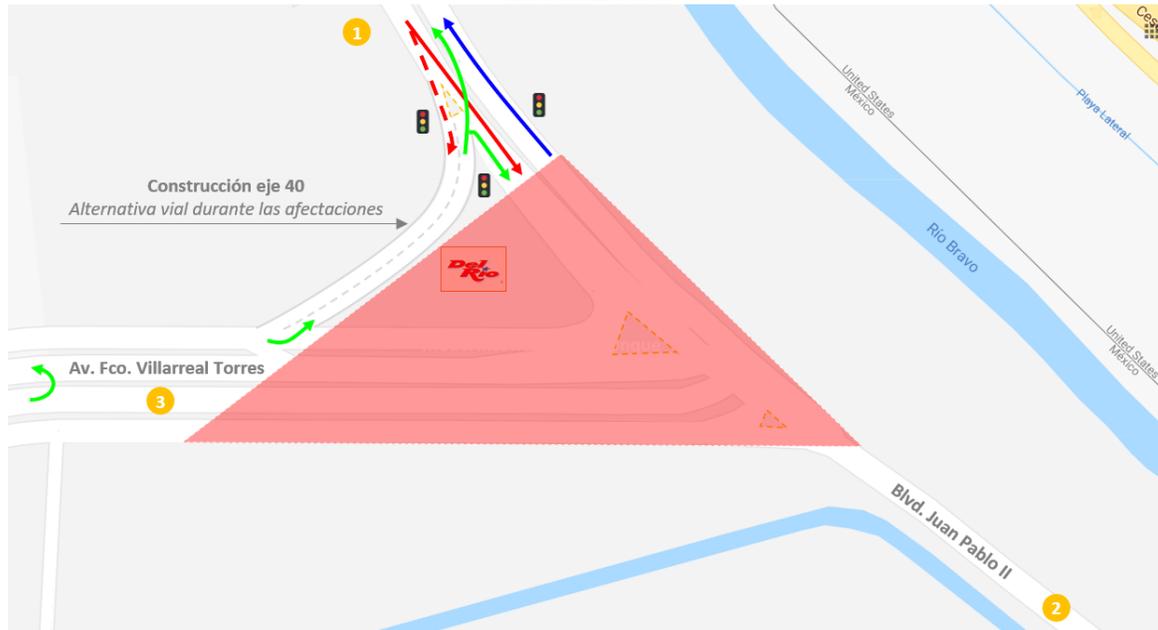
2. Los movimientos 3-1 y 3-2 circularán por el eje 40, sin embargo, existirá un semáforo que regulará el flujo vehicular para la incorporación hacia el Blvd. Juan Pablo II. El movimiento 3-3 se realizará sobre la Av. Francisco Villarreal en tramos anteriores.
3. El movimiento 2-1 circulará sobre el Blvd. Juan Pablo II y el movimiento 2-3 que contempla la incorporación hacia la Av. Francisco Villarreal Torres se realizará hasta el retorno del norte ubicado sobre el Blvd. Juan Pablo II.

A pesar de que se implementará un semáforo para regular el flujo vehicular, se deberá colocar señalamiento para prohibir la vuelta izquierda.

4. El movimiento 1-1 se realizará sobre el Blvd. Juan Pablo II y estará sujeto a un ciclo de semáforo para evitar el cruce con el flujo del movimiento 3-1, el movimiento 1-1 se realizará en tramos anteriores y el movimiento 1-3 se realizará sobre el eje 40.

El esquema de construcción durante las afectaciones en la etapa de modernización del entronque es el siguiente:

Figura 42. Configuración del esquema de construcción durante las afectaciones en la etapa de modernización



Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

^{a/} El eje 40 se considera en el proyecto de modernización y el tiempo de construcción sería de aproximadamente dos meses considerando condiciones óptimas. Además, una vez que se concluya la construcción del eje, se delimitará la zona de afectación para la realización de los trabajos faltantes.

Una vez que se define el esquema de construcción, se presentan los resultados obtenidos mediante el proceso de micro simulación y el cálculo de los costos por molestias a lo largo del horizonte de evaluación. La propuesta para el cálculo de las demoras y los niveles de servicio cuenta con las siguientes intervenciones:

- a) Reconfiguración de la red vial (ver esquema de construcción)
- b) Flujos actuales
- c) Optimización ciclo semafórico 200 segundos

Figura 43. Programación del ciclo de semaforización para 200 segundos

Fase 1	Fase 2	Fase 3
Fase: 43 seg. Verde: 40 seg. Ambar: 3 seg. Rojo: 157 seg.	Fase: 50 seg. Verde: 47 seg. Ambar: 3 seg. Rojo: 150 seg.	Fase: 107 seg. Verde: 104 seg. Ambar: 3 seg. Rojo: 93 seg.

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Durante el periodo de construcción se concluye que el nivel de servicio de la intersección es F con una demora promedio de 395.54 segundos promedio, esto significa que los vehículos que están en el medio de la cola deben esperar 6 minutos 35 segundos en

promedio para cruzar la intersección. En la siguiente tabla se observa los niveles de servicio por movimiento en la intersección de estudio.

Tabla 55. Indicadores de desempeño durante la construcción del distribuidor vial

Origen	Destino	Nivel de servicio	Demoras (s)	Longitud de cola (m)
1	1	F	383	
1	2	F	908	
1	3L	F	851	2,671
1	3C	F	850	
2	1	E	79	
2	2	-	-	1,080
2	3C	F	331	
3L	1	-	-	
3L	2	F	328	
3C	1	F	332	1,248
3C	3C	F	96	
Total		F	396	

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Para el cálculo de los costos por molestias se considera la demanda actual, con base en la metodología descrita en el numeral 2.4.2 *Metodología para el desarrollo del modelo de micro simulación*, se estimaron los siguientes costos por molestias.

Tabla 56. Costos totales por molestias

Año	Costos totales durante la construcción (\$/año)	Costos totales en la situación actual (\$/año)	Costos por molestias totales (\$/año)
2019	153,528,909	114,732,029	268,260,938
2020	314,120,147	117,370,866	431,491,013

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

En el primer año de inversión (2019), los trabajos de construcción inician en el segundo semestre. Por lo tanto, los costos de molestias para este año equivalen al 50 % de los costos por molestias anuales. Es decir, los costos por molestias en 2019 son \$153,528,909 pesos. El valor presente de los costos por molestias durante el horizonte de evaluación es de \$439,092,679 pesos de 2019.

5.1.3 Costos de mantenimiento

A lo largo de la vida útil del proyecto se incurrirá en costos de mantenimiento, por lo que para mantener el proyecto en condiciones de operación adecuadas, se consideran los siguientes costos:

- **Mantenimiento rutinario:** ocurrirá cada año y contemplará el sello de fisuras. Este costo se estima como el 1.5% del concepto de pavimentación.
- **Mantenimiento mayor:** considerará el estriado de los carriles del distribuidor vial, así como el cambio de losas de concreto. Este costo se estima como el 17.0% del concepto de pavimentación y ocurrirá cada 20 años a partir del inicio de operaciones del proyecto.

Tabla 57. Costos de mantenimiento

Concepto	Mantenimiento (\$/año)	
	Rutinario	Mayor
Modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial y obra inducida.	457,658	5,186,787

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

El valor presente de los costos de mantenimiento durante la vida útil del proyecto es de \$4,572,913 pesos de 2019.

5.1.4 Costos totales

Los costos totales del proyecto durante el horizonte de evaluación son los siguientes:

Tabla 58. Costos totales en la situación con proyecto

Año	Inversión	Costos por molestias	Costos de mantenimiento
2019	-78,705,343	-153,528,909	0
2020	-60,315,189	-314,120,147	0
2021	0		-457,658
2022	0		-457,658
2023	0		-457,658
2024	0		-457,658
2025	0		-457,658
2026	0		-457,658
2027	0		-457,658
2028	0		-457,658
2029	0		-457,658
2030	0		-457,658
2031	0		-457,658
2032	0		-457,658
2033	0		-457,658
2034	0		-457,658
2035	0		-457,658
2036	0		-457,658
2037	0		-457,658
2038	0		-457,658
2039	0		-457,658
2040	0		-5,644,444
2041	0		-457,658
2042	0		-457,658
2043	0		-457,658
2044	0		-457,658
2045	0		-457,658
2046	0		-457,658
2047	0		-457,658
2048	0		-457,658

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

El valor presente de todos los costos asciende a un monto de \$577,202,924 pesos de 2019.

5.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI

En este numeral se describen los beneficios asociados al proyecto derivados del ahorro en tiempos de espera y consumo de combustible.

5.2.2 Beneficios por ahorro en tiempos de espera y consumo de combustible

Los beneficios totales del proyecto corresponden a la diferencia de los costos totales en ralentí (costos de tiempo de espera y costos de combustible) entre la situación optimizada y la situación con proyecto.

5.2.2.1 Beneficios por ahorros en tiempo de espera

El costo por tiempo de espera está vinculado a la demora, la ocupación promedio por tipo de vehículo, el porcentaje por motivo de viaje (trabajo y placer) y el valor social del tiempo. La fórmula para el cálculo de este costo, para vehículos ligeros, se presenta a continuación:

$$CTE = [(D)(V)(V_{i_{trabajo}} * VST_{trabajo})(PV_{ligero})] + [(D)(V)(V_{i_{placer}} * VST_{placer})(PV_{ligero})]$$

Donde,

D	demoras (s)
V	volumen horario de máxima demanda
$V_{i_{trabajo}}$	viajeros por motivo de trabajo (%)
$VST_{trabajo}$	valor social del tiempo por hora viaje de trabajo (pesos)
VST_{placer}	valor social del tiempo por hora viaje de placer (pesos)
PV_{ligero}	pasajeros promedio por tipo de vehículo (pax/veh)

Tabla 59. Variables para el cálculo del valor social del tiempo

Variable	Definición	Fuente	Valor
SMGP ^{a/}	Salario mínimo general promedio por día en México (pesos)	CONASAMI (2019)	176.72
FIP	Factor de ajuste del ingreso promedio de la población en proporción del SMGP	IMT (2018)	3.37
HTP	Promedio de las horas trabajadas por semana	IMT (2018)	41.44
SHP ^{b/}	Valor social del tiempo por hora de viaje de trabajo (pesos)	SHP = [(FIP)(SMGP)(7)]/HTP	100.51
VT_{pp}	Valor social del tiempo por hora de viaje de placer (pesos)	[(2)(SHP)](0.3)	60.31

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

^{a/} Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP). "Valor social del tiempo a nivel nacional en México". 2018.

^{b/} Instituto Mexicano del Transporte (IMT). "Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México". Torres Guillermo, Hernández Salvador y González Alejandro. Publicación bimestral de divulgación externa. Notas núm. 170, enero - febrero, artículo 1. 2018.

Tabla 60. Configuración del valor del tiempo y ocupación por tipo de vehículo

Concepto	Valor
Configuración del valor del tiempo	
Valor del tiempo viaje por trabajo (\$/h) ^{a/}	100.51
Valor del tiempo viaje por placer (\$/h)	60.31
Viajeros por motivo de trabajo (%)	0.92
Ocupación por tipo de vehículo	
Pasajeros promedio por vehículo ligero (pax/veh)	1.64
Pasajeros promedio por autobús (pax/veh)	17.00

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Nota:

^{a/} Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP). “Valor social del tiempo a nivel nacional en México”. 2018. Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI). 2019. Disponible [en línea]: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/426395/2019_Salarios_Minimos.pdf Instituto Mexicano del Transporte (IMT). “Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México”. Torres Guillermo, Hernández Salvador y González Alejandro. Publicación bimestral de divulgación externa. Notas núm. 170, enero - febrero, artículo 1. 2018.

5.2.2.2 Beneficio por menor consumo de combustible

El costo para un vehículo en ralentí se compone de la suma de los costos por consumo de combustible, costos por uso de lubricante y el costo por depreciación del vehículo. Para efectos de este análisis, sólo se han considerado los costos por consumo de combustible que corresponden a los costos de combustible por litro multiplicado por el consumo del vehículo en ralentí (rendimiento). La fórmula para el cálculo de este costo, para vehículos ligeros, se presenta a continuación:

$$CCC = [(D)(V)(C_{ralenti})]$$

Donde,

D demoras (s)
 V volumen horario de máxima demanda
 C_{ralenti} combustible en ralentí (\$/h)

El combustible en ralentí está en función del rendimiento y el costo del combustible por tipo de vehículo. El cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$C_{ralenti} = (R * C)$$

Donde,

R rendimiento de combustible (l/h)
 C costo de combustible (\$)

Para el cálculo de los beneficios, se obtienen los costos por tiempos de espera y consumo de combustible para la situación optimizada y con proyecto. Los beneficios del proyecto corresponden a la diferencia de costos para cada situación (optimizada menos con proyecto).

Tabla 61. Tiempos de espera y consumo de combustible para la situación optimizada

Autos					
Movimiento	Volumen	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1,1	273	239	2,892	461	3,353
1,2	1,141	198	10,013	1,597	11,610
2,1	937	128	5,316	848	6,164
2,3	275	322	3,925	626	4,551
3,3	292	44	569	91	660
3,1L	1,306	45	2,605	415	3,020
3,1C	1,672	53	3,928	626	4,554
1,3L	596	10	264	42	306
3,2	132	5	29	5	34
1,3C	293	10	130	21	151

Buses					
Movimiento	Volumen	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1,1	-	-	-	-	-
1,2	11	198	1,001	30	1,031
2,1	-	-	-	-	-
2,3	-	-	-	-	-
3,3	-	-	-	-	-
3,1L	1	45	21	1	21
3,1C	1	53	24	1	25
1,3L	9	10	41	1	43
3,2	-	-	-	-	-
1,3C	4	10	18	1	19

CU					
Movimiento	Volumen	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1,1	1	239	7	4	11
1,2	18	198	100	63	162
2,1	13	128	46	29	76
2,3	1	322	9	6	15
3,3	-	-	-	-	-
3,1L	9	45	11	7	18
3,1C	16	53	24	15	39
1,3L	12	10	3	2	5
3,2	-	-	-	-	-
1,3C	6	10	2	1	3

CA					
Movimiento	Volumen	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1,1	-	-	-	-	-
1,2	13	198	72	42	114
2,1	21	128	75	44	119
2,3	-	-	-	-	-
3,3	-	-	-	-	-
3,1L	14	45	18	10	28
3,1C	10	53	15	9	23

CA					
Movimiento	Volumen	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1,3L	11	10	3	2	5
3,2	-	-	-	-	-
1,3C	5	10	1	1	2

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Tabla 62. Tiempos de espera y consumo de combustible para la situación con proyecto

Autos					
Movimiento	Volumen	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1,1	273	4	48	8	56
1,2	1,141	2	101	16	117
2,1	937	16	664	106	770
2,3	241	1	11	2	12
3,3	292	2	26	4	30
3,1C	2,978	4	528	84	612
2,2	34	3	5	1	5
1,3L	596	4	106	17	123
3,2	132	0	-	-	-
1,3C	293	4	52	8	60

Buses					
Movimiento	Volumen	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1,1	-	-	-	-	-
1,2	11	2	10	0	10
2,1	-	-	-	-	-
2,3	-	-	-	-	-
3,3	-	-	-	-	-
3,1C	2	4	4	0	4
2,2	-	-	-	-	-
1,3L	9	4	17	0	17
3,2	-	-	-	-	-
1,3C	4	4	7	0	8

CU					
Movimiento	Volumen	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)
1,1	1	4	0	0	0
1,2	18	2	1	1	2
2,1	13	16	6	4	9
2,3	1	1	0	0	0
3,3	-	-	-	-	-
3,1C	25	4	3	2	5
2,2	-	-	-	-	-
1,3L	12	4	1	1	2
3,2	-	-	-	-	-
1,3C	6	4	1	0	1

CA						
Movimiento	Volumen	Demora (s)	CTE (\$/HMD)	CCC (\$/HMD)	Costo total (\$/HMD)	
1,1	-		-	-	-	
1,2	13	2	1	0	1	
2,1	21	16	9	5	15	
2,3	-		-	-	-	
3,3	-		-	-	-	
3,1C	24	4	3	2	4	
2,2	-		-	-	-	
1,3L	11	4	1	1	2	
3,2	-		-	-	-	
1,3C	5	4	1	0	1	

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Los costos en Hora de Máxima Demanda son expandidos con base en el perfil horario:

Tabla 63. Expansión del perfil horario

Perfil horario			
Rangos horarios	Horas	Porcentaje de HMD	Días del año
De lunes a viernes	24		253
Horas de máxima demanda	1	100%	
Horas de alta demanda	4	80%	
Horas de media demanda	5	50%	
Horas de baja demanda	5	35%	
Horas de muy baja demanda	4	15%	
Horas de nula demanda	5	0%	
Sábados	24		52
Horas de máxima demanda	0	100%	
Horas de alta demanda	0	80%	
Horas de media demanda	7	40%	
Horas de baja demanda	7	25%	
Horas de muy baja demanda	5	10%	
Horas de nula demanda	5	0%	
Domingos	24		60
Horas de máxima demanda	0	100%	
Horas de alta demanda	0	80%	
Horas de media demanda	2	40%	
Horas de baja demanda	8	25%	
Horas de muy baja demanda	11	10%	
Horas de nula demanda	3	0%	

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Una vez los costos se han expandido, se obtienen los costos anualizados para cada situación.

Tabla 64. Cálculo de los costos anuales para la situación optimizada (2019)

Autos			
Movimiento	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,1	8,057,576.67	1,285,189.25	9,342,766
1,2	27,899,391.63	4,449,972.95	32,349,365
2,1	14,811,309.57	2,362,414.49	17,173,724
2,3	10,935,344.37	1,744,195.26	12,679,540
3,3	1,586,643.75	253,070.82	1,839,715
3,1C	7,257,709.64	1,157,609.89	8,415,320
2,2	10,943,494.94	1,745,495.28	12,688,990
1,3L	736,020.92	117,395.86	853,417
3,2	81,505.67	13,000.21	94,506
1,3C	361,835.79	57,713.07	419,549

Buses			
Movimiento	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,1	-	-	-
1,2	2,788,090.38	83,435.33	2,871,526
2,1	-	-	-
2,3	-	-	-
3,3	-	-	-
3,1C	57,605.17	1,723.87	59,329
2,2	67,846.09	2,030.34	69,876
1,3L	115,210.35	3,447.74	118,658
3,2	-	-	-
1,3C	51,204.60	1,532.33	52,737

CU			
Movimiento	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,1	18,591.85	11,767.08	30,359
1,2	277,244.15	175,472.25	452,716
2,1	129,442.83	81,926.44	211,369
2,3	25,048.43	15,853.55	40,902
3,3	-	-	-
3,1C	31,505.02	19,940.03	51,445
2,2	65,966.06	41,750.97	107,717
1,3L	9,334.82	5,908.16	15,243
3,2	-	-	-
1,3C	4,667.41	2,954.08	7,621

CA			
Movimiento	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,1	-	-	-
1,2	200,231.88	116,903.30	317,135
2,1	209,099.96	122,080.84	331,181
2,3	-	-	-
3,3	-	-	-
3,1C	49,007.80	28,612.70	77,621
2,2	41,228.79	24,071.00	65,300

CA			
Movimiento	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,3L	8,556.92	4,995.87	13,553
3,2	-	-	-
1,3C	3,889.51	2,270.85	6,160

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Tabla 65. Cálculo de los costos anuales para la situación con proyecto (2019)

Autos			
Movimiento	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,1	134,854.84	21,509.44	156,364
1,2	281,812.04	44,949.22	326,761
2,1	1,851,413.70	295,301.81	2,146,716
2,3	29,761.92	4,747.05	34,509
3,3	72,120.17	11,503.22	83,623
3,1C	1,471,053.89	234,634.15	1,705,688
2,2	12,596.33	2,009.12	14,605
1,3L	294,408.37	46,958.35	341,367
3,2	-	-	-
1,3C	144,734.32	23,085.23	167,820

Buses			
Movimiento	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,1	-	-	-
1,2	28,162.53	842.78	29,005
2,1	-	-	-
2,3	-	-	-
3,3	-	-	-
3,1C	10,240.92	306.47	10,547
2,2	-	-	-
1,3L	46,084.14	1,379.10	47,463
3,2	-	-	-
1,3C	20,481.84	612.93	21,095

CU			
Movimiento	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,1	311.16	196.94	508
1,2	2,800.45	1,772.45	4,573
2,1	16,180.35	10,240.80	26,421
2,3	77.79	49.23	127
3,3	-	-	-
3,1C	7,779.02	4,923.46	12,702
2,2	-	-	-
1,3L	3,733.93	2,363.26	6,097
3,2	-	-	-
1,3C	1,866.96	1,181.63	3,049

CA			
Movimiento	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,1	-	-	-

Movimiento	CA		
	CTE (\$/año)	CCC (\$/año)	Costos totales (\$/año)
1,2	2,022.54	1,180.84	3,203
2,1	26,137.50	15,260.10	41,398
2,3	-	-	-
3,3	-	-	-
3,1C	7,467.86	4,360.03	11,828
2,2	-	-	-
1,3L	3,422.77	1,998.35	5,421
3,2	-	-	-
1,3C	1,555.80	908.34	2,464

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Los costos anuales para las situaciones sin y con proyecto son los siguientes:

Tabla 66. Costos anuales

Año	Costos totales SO (\$/año)	Costos totales SCP (\$/año)
2019	100,757,339	5,203,355
2020	103,074,758	5,323,033
2021	105,548,552	5,450,785
2022	108,292,814	5,592,506
2023	111,649,891	5,765,873
2024	115,445,988	5,961,913
2025	119,371,151	6,164,618
2026	123,429,770	6,374,215
2027	127,626,383	6,590,939
2028	131,965,680	6,815,030
2029	136,452,513	7,046,742
2030	141,091,898	7,286,331
2031	145,889,023	7,534,066
2032	150,849,249	7,790,224
2033	155,978,124	8,055,092
2034	161,125,402	8,320,910
2035	166,442,540	8,595,500
2036	171,935,144	8,879,151
2037	177,609,004	9,172,163
2038	183,470,101	9,474,845
2039	189,524,614	9,787,515
2040	195,778,927	10,110,503
2041	202,239,631	10,444,149
2042	208,913,539	10,788,806
2043	215,807,686	11,144,837
2044	222,929,339	11,512,616
2045	230,286,008	11,892,533
2046	237,885,446	12,284,986
2047	245,735,666	12,690,391
2048	253,844,942	13,109,174

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

5.2.2.3 Beneficios totales

Una vez estimados los costos por tiempo de espera y consumo de combustible para la situación optimizada y con proyecto, se realiza la diferencia de estos dos conceptos y se obtienen los beneficios totales en ralentí a lo largo del horizonte de evaluación.

Tabla 67. Beneficios totales

Año	Costos totales SO (\$/año)	Costos totales SCP (\$/año)	SO - SCP
2019	100,757,339	5,203,355	95,553,983
2020	103,074,758	5,323,033	97,751,725
2021	105,548,552	5,450,785	100,097,766
2022	108,292,814	5,592,506	102,700,308
2023	111,649,891	5,765,873	105,884,018
2024	115,445,988	5,961,913	109,484,074
2025	119,371,151	6,164,618	113,206,533
2026	123,429,770	6,374,215	117,055,555
2027	127,626,383	6,590,939	121,035,444
2028	131,965,680	6,815,030	125,150,649
2029	136,452,513	7,046,742	129,405,771
2030	141,091,898	7,286,331	133,805,567
2031	145,889,023	7,534,066	138,354,957
2032	150,849,249	7,790,224	143,059,025
2033	155,978,124	8,055,092	147,923,032
2034	161,125,402	8,320,910	152,804,492
2035	166,442,540	8,595,500	157,847,040
2036	171,935,144	8,879,151	163,055,993
2037	177,609,004	9,172,163	168,436,840
2038	183,470,101	9,474,845	173,995,256
2039	189,524,614	9,787,515	179,737,100
2040	195,778,927	10,110,503	185,668,424
2041	202,239,631	10,444,149	191,795,482
2042	208,913,539	10,788,806	198,124,733
2043	215,807,686	11,144,837	204,662,849
2044	222,929,339	11,512,616	211,416,723
2045	230,286,008	11,892,533	218,393,475
2046	237,885,446	12,284,986	225,600,459
2047	245,735,666	12,690,391	233,045,275
2048	253,844,942	13,109,174	240,735,769

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

El valor presente de los beneficios por ahorro en tiempos de espera y consumo de combustible es de \$1,121,553,013 pesos.

5.2.3 Valor de rescate

Debido a que la infraestructura tiene una vida útil mayor al horizonte de evaluación, y no se deprecia tan rápido (por el mantenimiento constante), se supuso que, en el último año de

operación, existirá un valor de rescate del 10% del monto de inversión para infraestructura que equivale a \$13,852,053 pesos de 2019. En valor presente corresponde a \$873,225 pesos de 2019.

5.2.4 Beneficios totales

Los beneficios totales en el horizonte de evaluación son los siguientes:

Tabla 68. Beneficios totales en la situación con proyecto

Año	Beneficios por ahorro en tiempos y combustible (\$/año)	Valor de rescate (\$/año)
2019	0	0
2020	0	0
2021	100,097,766	0
2022	102,700,308	0
2023	105,884,018	0
2024	109,484,074	0
2025	113,206,533	0
2026	117,055,555	0
2027	121,035,444	0
2028	125,150,649	0
2029	129,405,771	0
2030	133,805,567	0
2031	138,354,957	0
2032	143,059,025	0
2033	147,923,032	0
2034	152,804,492	0
2035	157,847,040	0
2036	163,055,993	0
2037	168,436,840	0
2038	173,995,256	0
2039	179,737,100	0
2040	185,668,424	0
2041	191,795,482	0
2042	198,124,733	0
2043	204,662,849	0
2044	211,416,723	0
2045	218,393,475	0
2046	225,600,459	0
2047	233,045,275	0
2048	240,735,769	13,852,053

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

El valor presente de todos los beneficios asciende a un monto de \$1,122,426,238 pesos de 2019.

5.3 Cálculo de los indicadores de rentabilidad

El flujo de efectivo es el siguiente:

Tabla 69. Flujo de efectivo

Año	Inversión	Costos por molestias	Costos de mantenimiento	Beneficios por ahorro en tiempo y combustible	Valor de rescate	Flujo de efectivo
2019	-78,705,343	-153,528,909	0	0	0	-232,234,252
2020	-60,315,189	-314,120,147	0	0	0	-374,435,336
2021	0		-457,658	100,097,766	0	99,640,109
2022	0		-457,658	102,700,308	0	102,242,651
2023	0		-457,658	105,884,018	0	105,426,360
2024	0		-457,658	109,484,074	0	109,026,417
2025	0		-457,658	113,206,533	0	112,748,875
2026	0		-457,658	117,055,555	0	116,597,897
2027	0		-457,658	121,035,444	0	120,577,786
2028	0		-457,658	125,150,649	0	124,692,991
2029	0		-457,658	129,405,771	0	128,948,113
2030	0		-457,658	133,805,567	0	133,347,910
2031	0		-457,658	138,354,957	0	137,897,299
2032	0		-457,658	143,059,025	0	142,601,368
2033	0		-457,658	147,923,032	0	147,465,374
2034	0		-457,658	152,804,492	0	152,346,834
2035	0		-457,658	157,847,040	0	157,389,383
2036	0		-457,658	163,055,993	0	162,598,335
2037	0		-457,658	168,436,840	0	167,979,183
2038	0		-457,658	173,995,256	0	173,537,598
2039	0		-457,658	179,737,100	0	179,279,442
2040	0		-5,644,444	185,668,424	0	180,023,980
2041	0		-457,658	191,795,482	0	191,337,824
2042	0		-457,658	198,124,733	0	197,667,075
2043	0		-457,658	204,662,849	0	204,205,191
2044	0		-457,658	211,416,723	0	210,959,065
2045	0		-457,658	218,393,475	0	217,935,817
2046	0		-457,658	225,600,459	0	225,142,802
2047	0		-457,658	233,045,275	0	232,587,617
2048	0		-457,658	240,735,769	13,852,053	254,130,164

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

Los indicadores de rentabilidad utilizados para la evaluación del proyecto son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La tasa social de descuento utilizada fue del 10%; tasa establecida por la SHCP²¹.

A continuación, se presentan los indicadores de rentabilidad social:

Tabla 70. Resumen de indicadores de rentabilidad

Concepto	Unidad	Cantidad
Tasa social de descuento	Porcentaje	10.00%
Valor social del tiempo	MXN (2019)	100.51
Horizonte de evaluación	Año	30.00
Periodo de inversión	Año	2.00
Vida útil	Año	28.00
Monto de inversión	MXN (2019)	-139,020,532
Valor presente neto	MXN (2019)	545,223,314
Valor presente de todos los costos	MXN (2019)	-577,202,924
Valor presente de todos los beneficios	MXN (2019)	1,122,426,238
Tasa de rentabilidad inmediata en el primer año de operación	Porcentaje	15.8%
Tasa interna de retorno	Porcentaje	18.3%

²¹ Los indicadores de rentabilidad se encuentran sustentados en la memoria de cálculo del presente Análisis Costo-Beneficio y en los supuestos y consideraciones plasmadas en el presente documento.

Concepto	Unidad	Cantidad
Relación beneficio costo	Cociente	1.94

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

5.4 Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuó el análisis de sensibilidad respecto al incremento en el monto de la inversión, a los costos de mantenimiento y a la disminución de los beneficios. Los resultados se muestran en los siguientes incisos.

5.4.2 Sensibilidad ante inversión

Cuando el valor presente es igual a cero, el proyecto puede soportar un incremento del 408% en el monto de inversión, el cual ascendería a 706,6311,352 pesos y el proyecto seguiría siendo rentable. Por otra parte, si la TRI alcanzara el mínimo establecido por la SHCP (10%), se tendría un VPN de 216,892,472, lo cual indicaría que el proyecto seguiría con la rentabilidad inicial.

Tabla 71. Sensibilidad a la inversión

Concepto	Original	10%	15%	20%	408%	246%
Valor presente neto	545,223,314	531,869,580	525,192,714	518,515,847	0	216,892,472
Valor presente de todos los costos	-577,202,924	-590,556,658	-597,233,524	-603,910,391	-1,122,426,238	-905,533,766
Valor presente de todos los beneficios	1,122,426,238	1,122,426,238	1,122,426,238	1,122,426,238	1,122,426,238	1,122,426,238
Tasa de rentabilidad inmediata	15.82%	15.46%	15.29%	15.12%	8.10%	10.06%
Tasa interna de retorno	18.26%	17.90%	17.73%	17.56%	10.00%	12.27%
Relación beneficio costo	1.94	1.90	1.88	1.86	1.00	1.24
Costo de Inversión	-139,020,532	-152,922,585	-159,873,612	-166,824,638	-706,631,352	-480,833,022

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

5.4.3 Sensibilidad ante costos de mantenimiento

El proyecto es robusto ante un incremento en los costos de mantenimiento debido a que soporta variaciones muy elevadas.

Tabla 72. Sensibilidad al mantenimiento

Concepto	Original	10%	15%	20%	11923%	6785%
Valor presente neto	545,223,314	544,766,022	544,537,377	544,308,731	0	234,966,276
Valor presente de todos los costos	-577,202,924	-577,660,216	-577,888,861	-578,117,507	-1,122,426,238	-887,459,962
Valor presente de todos los beneficios	1,122,426,238	1,122,426,238	1,122,426,238	1,122,426,238	1,122,426,238	1,122,426,238
Tasa de rentabilidad inmediata	15.82%	15.81%	15.81%	15.80%	5.59%	10.00%
Tasa interna de retorno	18.26%	18.25%	18.25%	18.24%	10.00%	13.79%
Relación beneficio costo	1.94	1.94	1.94	1.94	1.00	1.26

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

5.4.4 Sensibilidad ante la disminución de beneficios

El proyecto soportaría una disminución del 49% en los beneficios y aun así presentaría un valor presente neto igual a cero y una tasa de rentabilidad inmediata del 15.81%, lo que significaría que el proyecto seguiría siendo rentable.

Tabla 73. Sensibilidad a la disminución de beneficios

Concepto	Original	-10%	-15%	-20%	-49%	-
Valor presente neto	545,223,314	432,980,690	376,859,378	320,738,066	0	-398,252,959,828
Valor presente de todos los costos	-577,202,924	-577,202,924	-577,202,924	-577,202,924	-577,202,924	-577,202,924
Valor presente de todos los beneficios	1,122,426,238	1,010,183,614	954,062,302	897,940,990	577,202,924	-397,675,756,903
Tasa de rentabilidad inmediata	15.82%	15.82%	15.82%	15.82%	15.81%	10.00%
Tasa interna de retorno	18.26%	16.69%	15.89%	15.08%	10.00%	-
Relación beneficio costo	1.94	1.75	1.65	1.56	1.00	-688.97

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

5.5 Análisis de riesgos

Existen riesgos potenciales de diferente índole que pueden tener un impacto en el desarrollo del proyecto. A continuación, se describen ciertos riesgos identificados, su impacto, la probabilidad de ocurrencia y una propuesta de medidas de prevención.

Tabla 74. Análisis de riesgos y medidas de prevención

Riesgo	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Medida de prevención
Variaciones positivas en precios de insumos	Alto	Alto	Detallar los precios unitarios en el proyecto ejecutivo, y prever fluctuaciones de los precios de los insumos en el mercado
Retrasos en ejecución de obra	Alto	Medio	Detallar cronograma de actividades de construcción y monitorear avances
Falta de coordinación entre niveles de gobierno	Alto	Bajo	Establecer trabajos en conjunto
Cambio de administración política	Medio	Medio	Establecer acuerdos formales de mediano y largo plazo

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

En el proyecto intervienen distintos niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) y actores formales no elegidos, como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas del Estado de Chihuahua (SCOP) y la Unidad de Inversiones (UI) de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Al respecto, el principal riesgo es la falta de coordinación entre los distintos actores involucrados en la ejecución y operación del proyecto.

Una medida para prevenir este tipo de fallas es la realización de mesas de trabajo durante la etapa de planeación del proyecto y la construcción para generar consensos en momentos oportunos y definir las estrategias necesarias que garanticen el término del proyecto en tiempo y forma. Los riesgos descritos anteriormente podrían aumentar los costos de inversión y/o postergar la operación del proyecto. Cada año de retraso en la operación implica la pérdida de beneficios netos para la sociedad.

6. Conclusiones y recomendaciones

La evaluación de la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial indica que es un proyecto de infraestructura sustentado técnicamente, el cual mejorará de manera sustancial la operación vial en la intersección debido a que disminuirá los costos por tiempos de espera y el consumo de combustible que sufren los usuarios actualmente al realizar los movimientos en el cruce. De manera general, con la modernización del entronque, se tendrán los siguientes beneficios:

- Mejora en la conectividad urbana.
- Mayor accesibilidad hacia la zona industrial y el cruce fronterizo a través del puente internacional Zaragoza – Ysleta.
- Ahorros en los tiempos de espera o demoras que sufren los usuarios en la intersección del Blvd. Juan Pablo II y la Av. Francisco Villarreal Torres.
- Incremento en la seguridad y comodidad para el usuario.

Por otra parte, en cuanto a la evaluación económica, esta indica que es un proyecto de inversión rentable debido a que los ahorros asociados a las demoras en la intersección generan un beneficio para los usuarios entre la situación sin proyecto y la situación con proyecto.

En lo que se refiere a los indicadores de rentabilidad obtenidos en el presente estudio, se recomienda la construcción del proyecto debido a que los beneficios generados presentan un valor presente neto positivo de \$545,223,314 pesos con una tasa de descuento del 10%, así como una Tasa Interna de Retorno de 18.3% indicando que es socialmente rentable. Finalmente, con base en la Tasa de Rentabilidad Inmediata del 15.8%, se considera que el año 2019 es el momento óptimo para iniciar la inversión en el proyecto.

7. Anexos

Tabla 75. Anexos

Anexo	Concepto	Descripción
A	Anteproyecto	Anteproyecto para la modernización del entronque en la intersección del Blvd. Juan Pablo II con la Av. Francisco Villarreal Torres mediante la construcción de un distribuidor vial en Cd. Juárez, Chihuahua.
B	Proyecto ejecutivo	Proyecto ejecutivo para la modernización del dren interceptor y el revestimiento del canal en el Blvd. Juan Pablo II, tramo: de la Av. Francisco Villarreal Torres al Blvd. Independencia en Cd. Juárez, Chihuahua.
C	Estudios de campo	Resultados de los trabajos de levantamiento de campo correspondientes a la instalación de dos aforos automáticos (AA1 y AA2) y dos aforos direccionales (AD1 y AD2).
D	Factibilidad Técnica	Factibilidad Técnica
E	Factibilidad Legal	Factibilidad Legal
F	Factibilidad Económica	Factibilidad Económica
G	Factibilidad Ambiental	Factibilidad Ambiental
H	Memoria de cálculo	Memoria de cálculo

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

8. Bibliografía

- Akgüngör, A. P. A New Delay Parameter Depent on Variable Analysis Periods at Signalized Intersections. Part 1: Model Development. *Transport*, 31-36. 2007.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Unites States: AASHTO. 2001.
- Aguerrebere Salido, R., Cepeda Narváez F., Publicación Técnica No. 30, “Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras”, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, 1991.
- Boumediene, A. B. Saturation Flow versus Green Time at Two-Stage Signal Controlled Intersections. *Transport*, 288-295. 2009.
- Hellinga, B. Signalized Intersection Analysis and Design: Implications of Day-to-Day Variability in Peak-Hour Volumes on Delay. *Journal of Transportation Engineering*, 307- 318. 2008.
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México. Torres Guillermo, Hernández Salvador y González Alejandro. Publicación bimestral de divulgación externa. Notas núm. 170, enero - febrero, artículo 1. 2018.
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano. Publicación Técnica No. 407. Querétaro, Santiago de Querétaro. 2010.
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT). VOCMEX, Vehicle Operating Costs Model, Versión 3.0. Querétaro, Santiago de Querétaro. 2008.
- Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP). Plan de Desarrollo Urbano Sostenible. Ciudad Juárez, 2016. Ayuntamiento de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. 2016.
- Moras, C. G. Evaluación de un sistema inteligente de semaforización mediante simulación para la ciudad de Orizaba, Veracruz. *Revista de la Ingeniería Industrial*, 1-23. 2009.
- Singh, D. Stochastic optimization method for signalized traffic signal systems. *International Journal of Knowledge Based Intelligent Engineering Systems*, 71-77. 2009.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. México, Ciudad de México. Disponible en línea: www.shcp.gob.mx/
- Transportation Research Board. Highway Capacity Manual. Washington, D.C. 2010.
- Valles Romero, José. Análisis de alternativas de mejora vial a la infraestructura física en el municipio de ciudad Nezahualcóyotl en el Estado de México. Tesis (Transporte). Edo de México, México, Universidad Autónoma del Estado de México, 2009. 5 p.