



Gobierno de Puebla



Secretaría
de Infraestructura

Un gobierno *presente*



**“CONSTRUCCIÓN DE PASO INFERIOR VEHICULAR EN
BOULEVARD ATLIXCÁYOTL - CALLE CÚMULO DE VIRGO, EN
LAS LOCALIDADES DE SAN BERNARDINO
TLAXCALANCINGO Y HEROICA PUEBLA DE ZARAGOZA, EN
LOS MUNICIPIOS DE SAN ANDRÉS CHOLULA Y PUEBLA, EN
EL ESTADO DE PUEBLA”.**



Secretaría de Infraestructura

Dirección de Planeación

Departamento de Análisis Socioeconómico

Boulevard Atlixcáyotl 1101 Reserva Territorial Atlixcáyotl
Col. Concepción Las Lajas (CIS) Edificio Sur 4to. Piso
Puebla, Pue. C.P. 72190 Tel. (222) 3 03 46 00 Ext. 291032



PUEBLA
Un gobierno *presente*

Índice General

.....	0
I. RESUMEN EJECUTIVO	4
A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL/PROBLEMÁTICA.....	8
B) ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE	17
C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL	19
D) INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA.....	22
II. SITUACIÓN SIN EL PPI	25
A) OPTIMIZACIONES	25
B) ANÁLISIS DE LA OFERTA SIN PROYECTO	26
C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA SIN PROYECTO	27
D) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	27
E) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	29
III. SITUACIÓN CON EL PPI	34
A) DESCRIPCIÓN GENERAL.....	34
B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	35
C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	36
D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES	38
E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN	38
F) FUENTES DE FINANCIAMIENTO	38
G) CAPACIDAD INSTALADA	39
H) METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN	40
I) VIDA ÚTIL	40
J) DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES	40
K) ANÁLISIS DE LA OFERTA CON PROYECTO	42
L) ANÁLISIS DE LA DEMANDA CON PROYECTO.....	43
M) INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA CON PROYECTO.....	45
IV. EVALUACIÓN DEL PPI	46
A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI	46
B) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI	50
C) CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	51
D) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	52
E) ANÁLISIS DE RIESGOS	52
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
VI. ANEXOS.....	55
VII. BIBLIOGRAFÍA	55

Índice de Tablas

Tabla 1. Principales Componentes del Proyecto.....	5
Tabla 2. Años en el Horizonte de evaluación y vida útil.	5
Tabla 3. Principales Costos del Proyecto	5
Tablas 4. Principales Costos del Proyecto (millones de pesos).....	6
Tabla 5. Principales Beneficios del Proyecto (millones de pesos).	6
Tabla 6.. Monto total de inversión.....	6
Tabla 7. Indicadores de Rentabilidad.....	7
Tabla 8. Red carretera del Estado de Puebla, 2022.	9
Tabla 9. Regionalización del Boulevard Atlixcáyotl-Calle Cúmulo de Virgo.....	11
Tabla 10 TDPA del área de influencia	12
Tabla 11. Oferta actual.....	17
Tabla 12 Datos aforados en el tramo hacia Puebla.	19
Tabla 13. TDPA relevante de los cuatro trayectos	20
Tabla 14 TDPA relevante de los cuatro trayectos	20
Tabla 15 Resumen del TDPA relevante.	21
Tabla 16 Tasa de ocupación vehicular.	22
Tabla 17 Localidades y población.	22
Tabla 18 Tiempos de recorrido.	23
Tabla 19 CGV Unitario por tipo de vehículo (por km).....	23
Tabla 20 CGV Anual por movimiento (pesos).	24
Tabla 21 Costos de las optimizaciones.....	25
Tabla 22 Oferta sin Proyecto.....	26
Tabla 23 Demanda sin Proyecto del TDPA.....	27
Tabla 24 Tiempos de recorrido con optimizaciones.	27
Tabla 25 CGV Anual por tipo de vehículo en la Situación sin Proyecto.	28
Tabla 26 Proyección de los CGV en la Situación sin Proyecto (pesos).....	28
Tabla 27 Desglose del mantenimiento para el proyecto propuesto.	30
Tabla 28 Desglose del mantenimiento para el proyecto alterno.	31
Tabla 29 Comparación económica a través del VAC y CAE.....	33
Tabla 30 Principales Componentes del Proyecto.....	35
Tabla 31 Coordenadas Geográficas.	37
Tabla 32 Volumen de tránsito con respecto a la capacidad del Distribuidor Vial.	39
Tabla 33 Metas físicas del Proyecto.....	40
Tabla 34 Oferta con Proyecto.	42
Tabla 35 Demanda con Proyecto del TDPA sin Congestión.	43
Tabla 36 Demanda con Proyecto del TDPA con Congestión.....	44
Tabla 37 Tiempos de recorrido con Proyecto.	45
Tabla 38 CGV Anual por tipo de vehículo en la Situación con Proyecto vs. Situación sin Proyecto.....	45

Tabla 39 Proyección de los CGV (pesos) en la Situación con Proyecto.....	46
Tabla 40 Costos de Mantenimiento con Proyecto.....	47
Tabla 41 Resumen de los trabajos de mantenimiento.	49
Tabla 42 Resumen de los trabajos de mantenimiento.	49
Tabla 43 Proyección de los Ahorros en los CGV (pesos).	50
Tabla 44 Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto.	52

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Mapa de ubicación del Estado de Puebla.	8
Ilustración 2. Mapa de ubicación del Estado de Puebla.	11
Ilustración 3. Rezago social a nivel municipio.....	12
Ilustración 4. Rezago social a nivel Localidad	12
Ilustración 5. Ubicación de las Localidades conforme al trazo del área de influencia.	13
Ilustración 6 Andrómeda – Boulevard Atlixcáyotl	14
Ilustración 7. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl.....	14
Ilustración 8. Cúmulo de Virgo – Ciclovía dirección Atlixco	15
Ilustración 9. : Cúmulo de Virgo – Ciclo Vía dirección Puebla Centro.....	15
Ilustración 10. Andrómeda – Boulevard Atlixcáyotl	15
Ilustración 11. : Cúmulo de Virgo – sentido Atlixco – Puebla centro.....	15
Ilustración 12. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl.....	15
Ilustración 13. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl.....	15
Ilustración 14. Cúmulo de Virgo – sentido Atlixco – Puebla centro.....	16
Ilustración 15. Cúmulo de Virgo – sentido Atlixco – Puebla centro.....	16
Ilustración 16.. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl- Puebla	16
Ilustración 17. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl- Puebla	16
Ilustración 18. Ubicación y perfil del tramo de la carretera urbana	18
Ilustración 19. Movimientos direccionales TDPA actual del Boulevard Atlixcáyotl-Cúmulo de Virgo hacia los cuatro puntos (Puebla, Andrómeda Atlixco, Cúmulo de Virgo).	21
Ilustración 20	30
Ilustración 21	30
Ilustración 22. Ejemplo de un viaducto elevado o un segundo piso	31
Ilustración 23 Sección tipo del proyecto.....	35
Ilustración 24. Mapa de ubicación del Estado de Puebla	36
Ilustración 25. Croquis de Macro localización	37
Ilustración 26. Croquis de Microlocalización.	37

I

Análisis Costo-Beneficio¹

“CONSTRUCCIÓN DE PASO INFERIOR VEHICULAR EN BOULEVARD ATLIXCÁYOTL - CALLE CÚMULO DE VIRGO, EN LAS LOCALIDADES DE SAN BERNARDINO TLAXCALANCINGO Y HEROICA PUEBLA DE ZARAGOZA, EN LOS MUNICIPIOS DE SAN ANDRÉS CHOLULA Y PUEBLA, EN EL ESTADO DE PUEBLA”.

I. Resumen Ejecutivo

Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

El proyecto tiene como objetivo reducir los Costos Generalizados de Viaje (CGV) de los vehículos que utilizan el entronque formado por el Boulevard Atlixcáyotl, la calle Cúmulo de Virgo y la calle Andrómeda, a través de la provisión de una solución de servicios de comunicación terrestre mediante infraestructura que brinde una mayor eficiencia operativa que resulte en menores tiempos de viaje para las personas.

La construcción de este Distribuidor ofrecerá mejores vialidades por las que puedan circular vehículos de todo tipo (A, B, C, etc.), lo que permitirá un flujo vehicular óptimo que agilizará la movilidad y establecerá una conexión eficiente entre calles.

Problemática Identificada

Actualmente la intersección entre el Boulevard Atlixcáyotl y las calles Andrómeda y Cúmulo de Virgo, forman un entronque direccional con 14 movimientos direccionales. Considerando que es un entronque con múltiples direcciones y que es muy transitado, es usual que se genere un congestionamiento, el cual le ocasiona a las personas retrasos para llegar a sus trabajos, escuelas, hogares, etc.

Además de los retrasos en sus tiempos de viaje, se generan mayores costos para los conductores derivado del incremento en el desgaste de sus vehículos. Es por eso que es de vital urgencia solucionar estos problemas que enfrenta la población.

¹Para facilitar la elaboración y presentación del análisis costo-beneficio y costo-beneficio simplificado, la Unidad de Inversiones (UI) de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) pone a disposición de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal el presente formato, de conformidad con los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Disponibles en: <https://www.gob.mx/shcp/documentos/formatos-para-facilitar-la-elaboracion-y-presentacion-de-los-analisis-costo-y-beneficio-de-los-ppi>.

Breve descripción del PPI

El proyecto consiste en la construcción del “Paso Inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo de Virgo, en las Localidades de San Bernardino Tlaxcalancingo y Heroica Puebla de Zaragoza, en los Municipios de San Andrés Cholula y Puebla, en el Estado de Puebla”, sus principales componentes se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Principales Componentes del Proyecto.

PASO INFERIOR VEHICULAR EN BOULEVARD ATLIXCÁYOTL - CALLE CÚMULO DE VIRGO	
Componente principal	
49,500 M2 de PASO INFERIOR VEHICULAR	
Subcomponentes	
1.	TERRACERIAS
2.	DRENAJE PLUVIAL
3.	BANQUETAS Y GUARNICIONES
4.	PAVIMENTOS
5.	SEÑALAMIENTO
6.	OBRAS INDUCIDAS
7.	ALUMBRADO Y RED ELÉCTRICA
8.	ESTRUCTURA DEL PIV
9.	CICLOVIA
10.	MURO DE TIERRA ARMADA
11.	PARADERO
12.	ARQUITECTURA DEL PAISAJE

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de Evaluación

Tabla 2. Años en el Horizonte de evaluación y vida útil.

Horizonte de evaluación	Vida útil
31 años	30 años

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Descripción de los principales costos del PPI

Los principales costos del PPI que presenta el proyecto son los siguientes:

Tabla 3. Principales Costos del Proyecto

RESUMEN DE PRESUPUESTO		
No.	Descripción	Total
1	TERRACERIAS	5,364,828.55
2	DRENAJE PLUVIAL	548,982.07
3	BANQUETAS Y GUARNICIONES	1,376,029.66
4	PAVIMENTOS	6,914,894.46

**ACB del Proyecto: Construcción De Paso Inferior Vehicular
En Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo De Virgo**

5	SEÑALAMIENTO	4,228,656.21
6	OBRAS INDUCIDAS	1,272,514.71
7	ALUMBRADO Y RED ELECTRICA	8,713,128.19
8	ESTRUCTURA DEL PIV	84,346,287.77
9	CICLOVIA	6,454,098.16
10	MURO DE TIERRA ARMADA	4,558,991.91
11	PARADERO	417,254.41
12	ARQUITECTURA DEL PAISAJE	4,043,003.97
	SUBTOTAL	\$128,238,670.07
	I.V.A.	\$20,518,187.21
	TOTAL	\$148,756,857.28

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura. Precios de mercado a 2024 sin I.V.A.

Tablas 4. Principales Costos del Proyecto (millones de pesos).

Tramo	Costo de inversión	Mtto. rutinario	Mtto. mayor
Boulevard Atlixcáyotl y Calle Cúmulo de Virgo	128.24	0.32	9.38

Costos por molestias

1,963,950

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura. Precios de mercado a 2024 sin I.V.A.

Descripción de los principales beneficios del PPI

Los **efectos directos positivos** (beneficios sociales) que generará el proyecto, son la reducción en los Costos Generalizados de Viaje (CGV), mismos que se verán reflejados en el primer año de operación del proyecto como a continuación se muestra:

Tabla 5. Principales Beneficios del Proyecto (millones de pesos).

PASO INFERIOR VEHICULAR EN BOULEVARD ATLIXCÁYOTL - CALLE CÚMULO DE VIRGO				
Año	CGV SSP	CGV SCP	CGV Ahorros	
1 2025	117.29	90.06	27.23	

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura. Precios de mercado a 2024.

La reducción en los CGV conlleva a incrementar las velocidades de operación y la reducción en los tiempos de recorrido.

Monto total de inversión (con IVA)

Tabla 6.. Monto total de inversión.

Proyecto por realizar	Inversión con I.V.A.
"CONSTRUCCIÓN DE PASO INFERIOR VEHICULAR EN BOULEVARD ATLIXCÁYOTL - CALLE CÚMULO DE VIRGO, EN LAS LOCALIDADES DE SAN BERNARDINO TLAXCALANCINGO Y HEROICA PUEBLA DE ZARAGOZA, EN LOS MUNICIPIOS DE SAN ANDRÉS CHÓLULA Y PUEBLA, EN EL ESTADO DE PUEBLA"	\$ 148,756,857.28

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura.
Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.

Precios de mercado a 2024.

Riesgos asociados al PPI

Los riesgos que podría presentar el proyecto son:

- Retraso en la contratación del proyecto.
- El incremento en el costo de los materiales y el retraso en la entrega de estos.
- Retraso en la construcción debido a problemas sociales, climáticos y/o técnicos.
- Disminución del nivel de servicio por falta de mantenimiento.

Indicadores de Rentabilidad del PPI

Indicadores de Rentabilidad

Tabla 7. Indicadores de Rentabilidad.

PASO INFERIOR VEHICULAR EN BOULEVARD ATLIXCÁYOTL - CALLE CÚMULO DE VIRGO	
Indicador	Valor
Valor Actual Neto Social (VANS)	225,495,101.29
Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)	23.90%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	20.99%

Fuente: Elaboración propia con base en el CEPEP, SHCP.

Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.

Montos sin IVA. Precios a 2024.

Conclusión

Conclusión del Análisis del PPI

La construcción del "Paso Inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo de Virgo, en las Localidades de San Bernardino Tlaxcalancingo y Heroica Puebla de Zaragoza, en los Municipios de San Andrés Cholula y Puebla, en el Estado De Puebla" es rentable y factible, ya que representa significativos ahorros en tiempos de recorrido, lo que comparativamente con la inversión requerida, acredita la rentabilidad del proyecto.

Con este proyecto se logra beneficiar a la población y a la economía del estado y, en consecuencia, la del país, debido a que el proyecto mejorará la circulación del tránsito. Con esto se beneficia a todos aquellos que circulen por el tramo en donde se encuentre el proyecto, ya que no habrá necesidad de que el tránsito se detenga para que los demás vehículos puedan cambiar de dirección, sino que habrá una mayor continuidad en la circulación.

El proyecto reduce los tiempos de viaje e incrementa la seguridad de las personas ya que contempla a las personas que se trasladan con cualquier tipo de vehículo terrestre, al haber una mejor distribución de los sentidos direccionales y la ciclopista, todos se benefician con el proyecto.

Situación Actual del PPI

a) Diagnóstico de la Situación Actual/Problemática

II.1. Antecedentes y conceptualización del Sistema Carretero en Puebla.

El Estado de Puebla es una de las 32 entidades federativas de México con una superficie de 34,251 kilómetros cuadrados y con una población de 6,583,278 habitantes de acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda 2020, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), siendo el quinto estado más poblado del país. Esta Entidad se localiza al centro-orienté del país, ubicado en un valle cerca de cuatro volcanes, sin tener salida al mar y presenta un relieve sumamente accidentado. El mapa general de la República Mexicana señala que el Estado de Puebla colinda al este con el estado de Veracruz, al poniente con los estados de Hidalgo, México, Tlaxcala y Morelos y al sur con los estados de Oaxaca y Guerrero. Está dividido en 217 municipios, siendo la Ciudad de Puebla su capital, ubicada a 2,160 metros sobre nivel del mar en el centro orienté del territorio mexicano.

Ilustración 1. Mapa de ubicación del Estado de Puebla.



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2024

Actualmente el Estado se divide en 22 regiones socioeconómicas de acuerdo a información del Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica del Estado de Puebla (CEIGEP)².

Con datos del Anuario Estadístico y Geográfico por Entidad Federativa 2020, publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y datos del Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transporte, Ediciones 2003-2012, 2019-2021 de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) del Gobierno Federal Mexicano, el Estado de Puebla cuenta con 11,239 kilómetros de la red carretera.

² Disponible en: <http://ceigep.puebla.gob.mx/>.

Tabla 8. Red carretera del Estado de Puebla, 2022.

Longitud de la red carretera de Puebla y tipo de vía		
Tipo de camino o vía		Kilómetros
Troncal federal (principal o primaria)	Pavimentada ^{1/}	1,422
	Pavimentada ^{1/}	4,929
Alimentadoras estatales (carreteras secundarias)	Revestida	39
	Pavimentada	174
Caminos rurales	Revestida	4,675
Total, estatal		11,239

Fuente: Elaboración propia con base en datos contenidos en el Anuario Estadístico y Geográfico por Entidad Federativa, Ediciones 2014-2020, INEGI; Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transporte, Ediciones 2003-2012, 2019-2021 SICT, México.

Nota: 1/ Comprende caminos de dos, cuatro o más carriles.

En este sentido, de acuerdo a datos contenidos en el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Puebla 2019 - 2024, en el apartado de Indicadores Estratégicos (pág. 63), se contempla como línea base (2017) de la red carretera pavimentada (troncal federal, alimentadoras estatales y caminos rurales) un total de 9,625.57 kilómetros, teniendo como meta de este indicador, alcanzar en el año 2024 un total de 12,589.05 kilómetros de red carretera pavimentada.

Las carreteras que conectan al Estado de Puebla, sus servicios, operación e infraestructura están básicamente comprendidas de carreteras de vocación económica, pero también carreteras de vocación turística. Ambas son de gran relevancia para los servicios de comunicación terrestre, al ser un aparato en la estructura y composición de los mercados de trabajo, comercio y turismo.

II.2. Sistema del Boulevard Atlixcáyotl.

De acuerdo con el INEGI³, el estado de Puebla es la quinta entidad federativa con mayor población en el país, con un total de 6,583,278 personas. Como consecuencia de su crecimiento demográfico, la población ha ido ocupando mayores espacios dentro del territorio del estado de Puebla, por lo que la infraestructura vial es de vital importancia para el desplazamiento de la población y para la economía a nivel estatal y nacional.

El Boulevard Vía Atlixcáyotl es un boulevard y autopista situado en el estado mexicano de Puebla. Se trata de una de las avenidas más importantes de la Ciudad de Puebla, y una de las principales vías que conecta con la zona sur-poniente del municipio de Puebla, siendo ésta una de las de mayor plusvalía del estado, ya que en ella se destacan universidades privadas, rascacielos, zonas residenciales, centros culturales, parques, centros comerciales, hospitales, centros de servicios y de atracción turística, entre otros.

Debido a las características que se presentan en la zona de estudio, se observa la circulación continua de tránsito que cruza por este eje, por lo tanto, el trazo del boulevard Vía Atlixcáyotl es la principal vía de comunicación de la Zona Metropolitana de Puebla, lo que la hace una zona densamente poblada.



³ INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

Ilustración 2. Mapa de ubicación del Estado de Puebla.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, (2020) y datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Debido a que el proyecto se encuentra en los límites del municipio de Puebla y del municipio de San Andrés Cholula, estos son los principales beneficiarios con la nueva infraestructura del proyecto. No obstante, de manera más específica, las localidades alrededor de la obra son Heroica Puebla de Zaragoza y San Bernardino Tlaxcalancingo, con un aproximado de 1.64 millones de habitantes, como se muestra a continuación:

Tabla 9. Regionalización del Boulevard Atlixcáyotl-Calle Cúmulo de Virgo

Clave INEGI	Localidades	Región	Población Total 2020
211140001	Heroica Puebla de Zaragoza	21	1,542,232
211190013	San Bernardino Tlaxcalancingo	21	99,736
Total de Población			1,641,968

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, (2020).⁴

Geográficamente el municipio de Puebla colinda al norte con el estado de Tlaxcala, al sur con los municipios de Huehuetlán El Grande y Teopantlán, al oriente por los de Amozoc, Cuautinchán y Tzicatlacoyan, finalmente al poniente se encuentran Ocoyucan, Cuautlancingo y San Andrés Cholula. El municipio de San Andrés Cholula colinda al norte con los municipios de San Pedro Cholula y Puebla; al este con el municipio de Puebla; al sur con los municipios de Puebla y Ocoyucan; al oeste con los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa, San Jerónimo Tecuanipan y San Pedro Cholula.

La carretera recorre estos municipios pertenecientes a la Región⁵ 21, teniendo registrado en esta zona un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.797, de acuerdo con datos publicados por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), como puede apreciarse en las imágenes 3 y 4.

Ilustraciones 3 y 4 Grado de rezago social en Puebla, 2020.

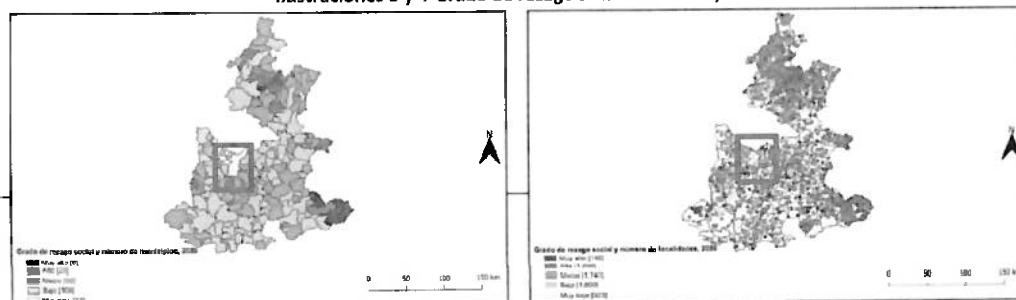


Ilustración 3. Rezago social a nivel municipio

Ilustración 4. Rezago social a nivel Localidad

Fuente: Elaboración propia con base en datos contenidos en el *calcula el Índice de Rezago Social (IRS)*, CONEVAL, 2020.
Disponible en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_de_Rezago_Social_2020_anexas.aspx

II.3. Problemática central (Área de Influencia).

Partiendo del área de estudio identificada, el diagnóstico de la problemática comenzará a partir de esta parte y será conocida como el área de influencia donde se determina que existe una saturación de flujo vehicular, siendo un tramo urbano y que sus servicios, infraestructura y componentes serán analizados a detalle más adelante.

Actualmente la intersección entre el Boulevard Atlixcáyotl y las calles Andrómeda y Cúmulo de Virgo, forman un entronque direccional, con 14 movimientos direccionales distribuidos entre 4 direcciones (Puebla, Atlixco, Andrómeda y Cúmulo de Virgo) los cuales presentan los siguientes datos de Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA):

Tabla 10 TDPA del área de influencia

TDPA Puebla		
Con congestión	Sin congestión	Total
5,477	2,168	7,645
Vehículos por hora (Veh/hr)		
456	181	637

TDPA Atlixco		
Con Cong.	Sin Cong.	Total
4,044	767	4,811
Vehículos por hora (Veh/hr)		
337	64	401

TDPA Andrómeda		
Con Cong.	Sin Cong.	Total
301	73	374
Vehículos por hora (Veh/hr)		

⁴ Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9>

⁵ La regionalización está sustentada en 32 Regiones por las condiciones de conectividad, encadenamientos productivos y de valor, establecimiento de proyectos viables para el abatimiento de la pobreza y la reducción de los índices de marginación; Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Puebla 2019-2024.

25	6	31
----	---	----

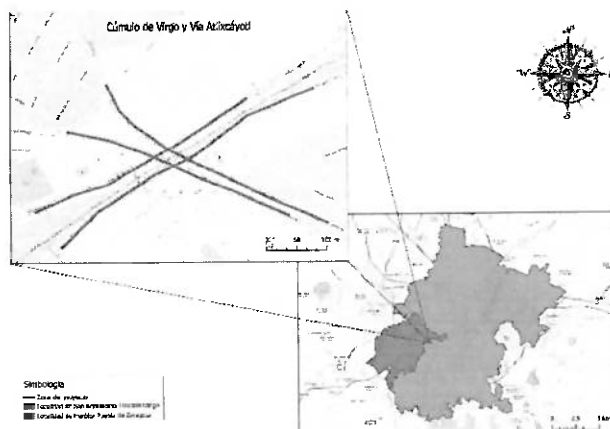
TDPA Cúmulo de Virgo		
Con Cong.	Sin Cong.	Total
1,062	243	1,305
Vehículos por hora (Veh/hr)		
89	20	109

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024

Como se observa en la tabla anterior, al encontrarse todos los vehículos que circulan por cada una de las calles o carretera, se ocasiona un gran congestionamiento, el cual provoca considerables demoras para los usuarios que provienen del Boulevard Atlixcáyotl, el Cúmulo de Virgo o la calle Andrómeda, quienes pueden dirigirse con dirección hacia Puebla, Atlixco, Cúmulo de Virgo o Andrómeda.

Actualmente se encuentra en un proceso de saturación, debido a los tiempos de espera por la intersección generada al cambiar de sentidos direccionales, así como al volumen creciente de tránsito que circula por ella, que hacen que su capacidad actual sea limitada para atender óptimamente estos volúmenes.

Ilustración 5. Ubicación de las Localidades conforme al trazo del área de influencia.



Fuente: Elaboración propia con datos de seguimiento por GPS montados en Google Earth (marca registrada de Google Inc.).

Como muchas de las carreteras libres de peajes en el Estado de Puebla, ésta opera como una carretera con una vocación totalmente económica, por donde circulan todo tipo de vehículos (carga, particular, pasajeros) sobre esta vía, pero con un mayor porcentaje registrado de automóviles ligeros en los flujos direccionales, seguido por camiones de carga que transportan diferentes mercancías, provenientes del municipio de Atlixco, San Pedro Cholula, entre otros.

Otros factores que agudizan la problemática de este cruce o intersección y que reflejan la carencia de un adecuado servicio que genera la actual infraestructura, son los cuellos de botella derivado a sobre flujo vehicular; paradas y vueltas de retorno que realizan los usuarios; fallas en el sistema eléctrico y vandalismo en luminarias que ocasiona que no opere el alumbrado público.

Otro problema que se presenta es la saturación vial por el intenso tránsito en horas pico (horas de máxima demanda), ocasionado principalmente por la constante circulación de tránsito pesado con sobrepeso de los camiones, impactando significativamente en la movilidad, presentando tiempos de demora de hasta veinte minutos para poder cruzar la intersección.

Dentro de la estructura de estos problemas y a manera de resumen, se identifican cuatro aristas que se ven mutuamente relacionados en la intersección convirtiéndolo en un punto de congestión vial, las cuales se muestran a continuación:

- Deficientes elementos de diseño de intersección;
- Conductas irresponsables de los usuarios y congestión de vehículos;
- Accesos a industrias y otras unidades económicas;
- Seguridad.

Lo anterior da como resultado que se incurran en **“altos” costos generalizados de viaje (CGV)**, derivado especialmente de los “elevados” tiempos de demora y recorrido, aunado a que se han incrementado los accidentes en los últimos años por las actuales condiciones geométricas a nivel.

A continuación, se anexan fotografías que muestran el estado actual del cruce del Boulevard Atlixcáyotl, la calle Cúmulo de Virgo y Andrómeda:

Ilustraciones 6-17. Condiciones actuales.



Ilustración 7. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl



Ilustración 6 Andrómeda – Boulevard Atlixcáyotl



Ilustración 8. Cúmulo de Virgo – Ciclovía dirección Atlixco

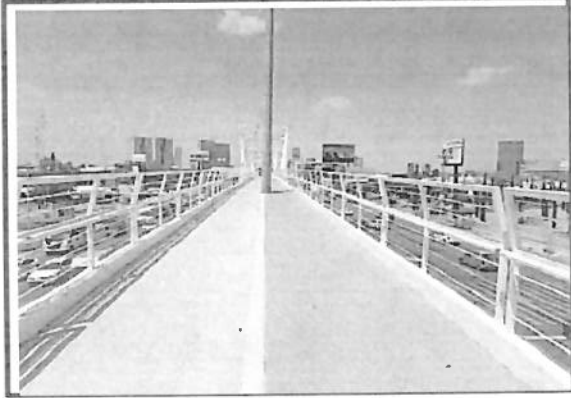


Ilustración 9. : Cúmulo de Virgo – Ciclo Vía dirección Puebla Centro



Ilustración 11. : Cúmulo de Virgo – sentido Atlixco – Puebla centro



Ilustración 10. Andrómeda – Boulevard Atlixcáyotl



Ilustración 13. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl

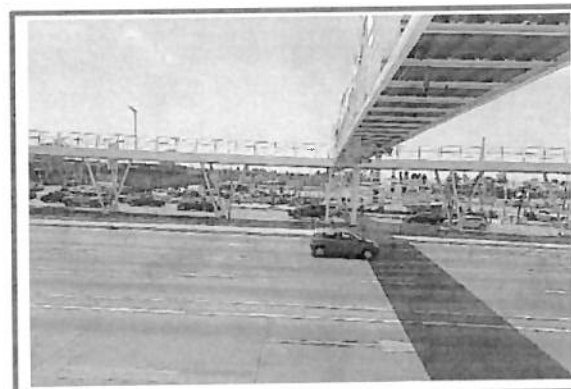


Ilustración 12. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl



Ilustración 15. Cúmulo de Virgo – sentido Atlixco – Puebla centro



Ilustración 14. Cúmulo de Virgo – sentido Atlixco – Puebla centro



Ilustración 17. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl- Puebla



Ilustración 16. Cúmulo de Virgo – Boulevard Atlixcáyotl- Puebla

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo de la Secretaría de Infraestructura (SINFRA), 2024.

De tal manera que, esta situación negativa ocasiona que al existir una saturación vial:

- La población incurra en **“altos” costos generalizados de viaje (CGV)**;
- Existan **elevados** tiempos de demora y recorrido, especialmente para los vehículos de largo itinerario;
- Se presenten **bajas** velocidades de operación;
- Existan **accidentes** de tránsito.

En conclusión, debido a la ineficiente infraestructura vial en el área de influencia, la población se ve afectada por la mala circulación en consecuencia de la congestión ocasionada por el gran número de vehículos que la transitan.

b) Análisis de la Oferta Existente

Como se describió en el sub-apartado anterior, el bien o servicio que se está analizando es el de comunicación terrestre, por lo que en este tema se abordarán la capacidad de producción, suministro y/o cantidad disponible de bienes o servicios basados en la infraestructura actual (componentes), considerando su estado físico, espacial y la calidad con la que los bienes y servicios son proporcionados por medio del entronque formado por el Boulevard Atlixcáyotl y las calles Cúmulo de Virgo y Andrómeda.

Las carreteras se clasifican en función del número de calzadas, la dimensión del carril de la calzada o la dimensión del acotamiento. Cuanto mayor sean las dimensiones de la vía, más tráfico podrá soportar y más exigentes serán los parámetros de trazado, es decir, será necesario realizar radios mayores de curva, pendientes menos pronunciadas o peraltes más inclinados, (SCT, 1984).

El Boulevard Atlixcáyotl, en general, es una carretera de sección variable, de dos a seis carriles por sentido de circulación correspondiente a una carretera tipo B. El terreno en el que se desarrolla el estudio se clasifica como plano para una velocidad de proyecto de 80 km/h en zona urbana. En la tabla siguiente se muestran las características geométricas del Boulevard Atlixcáyotl sobre el tramo de estudio que es de 01+990 km abarcando desde la calle Perseo hasta el boulevard Kepler. En cuanto a la calle Cúmulo de virgo

Tabla 11. Oferta actual.

Características físicas y operativas d		
Concepto	Parámetro	Parámetro
	Boulevard Vía Atlixcayotl	Cúmulo de virgo
Tipo de carretera/calles	B	B
Tipo de terreno ^{1/}	Plano	Plano
Cadenamiento (aproximado)	0+000 al 2+000	0+000 al 1+100
Longitud (km)	1.99	1.99
Ancho de calzada (m)	12	10.5
Ancho de corona (m)	25.16 (aproximado)	27.77 (aproximado)
Camellón	Sí	Sí
Tipo de superficie	Concreto hidráulico	Concreto hidráulico
Estado físico de la superficie	Buen estado	Buen estado
IRI (m/km)	2.5	3.5
Número de carriles	6 (4 c/u, 3 por sentido)	6 (3.5 c/u, 3 por sentido)
Acotamientos	Sí (1.16 m)	Sí (6.77 m)
Carril de aceleración (m)	4	3.5
Carril de desaceleración (m)	4	3.5
Tipo de superficie de los carriles	Concreto Hidráulico	Concreto Hidráulico
Estado físico de la superficie	Buen estado	Buen estado
IRI (m/km)	2.5	3.5
Drenaje en 2 Km	Buen estado	Buen estado
Señalización horizontal en 2 Km	Buen estado	Buen estado
Señalamiento vertical en 2 Km	Buen estado	Buen estado
Señalización horizontal en el cruce	Mal estado (nula visibilidad)	Mal estado (nula visibilidad)
Señalamiento vertical en el cruce	Mal estado	Mal estado
Velocidad de proyecto (Km/h) ^{2/}	40	40
Velocidad de operación (Km/h) ^{3/}	30	34

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo y anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Para determinar las velocidades actuales, se procedió a realizar el **método del vehículo de prueba o vehículo flotante**.

En este procedimiento, el vehículo de prueba (también conocido como vehículo flotante) recorrió varias veces el tramo de vía en estudio a una velocidad "promedio". Esta velocidad promedio se fijó para que el conductor rebasara tantos vehículos como para que lo rebasen a este considerando una velocidad media. Las mediciones de tiempo y pasadas por puntos clave se realizaron a mano. Cuando se trató de determinar las velocidades de autobuses de pasajeros, se utilizó la técnica de persecución; ésta consiste en la selección aleatoria de vehículos de observación, a los cuales se les siguió a lo largo de su recorrido por el tramo de la carretera. Para este caso, los tomadores de información cronometrarón los recorridos sin considerar los tiempos muertos por paradas (ascenso y descenso de pasajeros, tiempo para tomar algún alimento, chequeo en base, etc.) que hizo el servicio. Para los camiones de carga, al igual que los autobuses, se realizó la técnica de persecución, pues estas unidades muestran grandes variaciones dependiendo de la dirección en que transiten.

La siguiente imagen ilustra la planta y el perfil del tramo en estudio, con una pendiente promedio de 4%, lo que lo clasifica como un terreno plano.

Ilustración 18. Ubicación y perfil del tramo de la carretera urbana.





Fuente: Elaboración propia con datos de seguimiento por GPS montados en Google Earth (marca registrada de Google Inc.), 2024.

c) Análisis de la Demanda Actual

Por tratarse de un bien o servicio de comunicación terrestre, la demanda del servicio estará determinada específicamente por los vehículos que presentan diferentes movimientos direccionales que circulan por el entronque en el objeto de estudio para trasladarse entre un origen y un destino; siendo así que, la demanda la constituye el Transito Diario Promedio Anual (TDPA), ya que este aforo vehicular es importante al reflejar la demanda o importancia de dicha vialidad.

La Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla (SINFRA), realizó las estimaciones de los flujos vehiculares en el punto de control ubicado en las cuatro direcciones del tramo de estudio, este se realizó la semana que abarca la tercera semana del mes de octubre del año 2023, comenzando por el día sábado 14 y concluyendo el viernes 20.

Como resultado de los registros del aforo automático, se determinó el Transito Diario Promedio Semanal (TDPS), lo cual lo refleja la Tabla 12:

Tabla 12 Datos aforados en el tramo hacia Puebla.

Puebla						
Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
67,716	101,669	68,170	61,458	66,172	94,713	62,666

Atlixco						
Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
43,939	72,374	47,689	48,487	48,482	55,277	44,500

Andrómeda						
Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
3,461	5,546	3,659	3,698	3,674	4,440	3,415

Cúmulo de Virgo						
Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
11,335	18,605	12,308	12,578	12,538	14,070	11,480

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

El análisis de volúmenes de tránsito se estimó con base en el Transito Promedio Diario Semanal (TDPS), para posteriormente calcular el TDPA, teniendo como resultado los siguientes datos:

Tabla 13. TDPA relevante de los cuatro trayectos

TRAYECTO	TDPA
PUEBLA	82,153
ATLIXCO	64,703
ANDRÓMEDA	4,821
CÚMULO DE VIRGO	15,936

Elaboración Propia con información de SINFRA, 2024

Derivado de los resultados que se presentaron en este periodo, se apreció que en el horario de 7:00 a 20:00 horas, fue el que presentó mayor volumen de tránsito (HDM), superando el promedio de vehículos por hora de cada sentido, estos varían de acuerdo a cada una de ellas, es decir:

- Puebla >3,111
- Atlixco >2,147
- Andrómeda > 166
- Cúmulo de virgo >553

De acuerdo a lo que se observa en la intersección en estudio, los mayores volúmenes en conflicto se presentaron el día lunes con un TDPA de 5,477 de Puebla, 4,044 de Atlixco, 301 de Andrómeda y 1,062 de Cúmulo de Virgo en un horario similar (HDM), por lo que se realizó el ajuste y expansión de la muestra, para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TDPA) **relevante para los movimientos direccionales** en el periodo de máxima demanda, considerando un rango de error del 8% en el conteo de vehículos, dando como resultado un TDPA de movimientos direccionales de:

Tabla 14 TDPA relevante de los cuatro trayectos

Transito Promedio Diario Anual	
Movimiento	TDPA
Puebla	5,477
Atlixco	4,044
Andrómeda	301
Cúmulo de Virgo	1,044

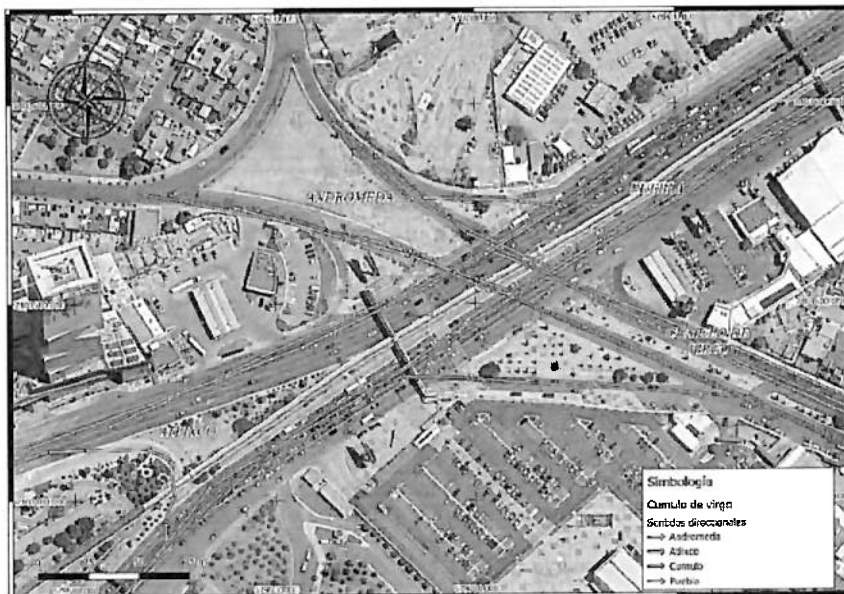
Fuente: Elaboración Propia con información de SINFRA, 2024

Esta muestra permite generalizar el comportamiento de los usuarios por esta carretera con el cruce o intersección en conflicto. A la par, se elaboraron los diagramas de los movimientos direccionales correspondiente al día con mayor volumen de tránsito (HDM).

Para complementar el estudio, se realizó el aforo con clasificación vehicular en cada uno de los movimientos direccionales que se presentan en el entronque en cuestión.

Para ilustrar lo anterior, se presenta la siguiente imagen con los movimientos correspondientes al día con mayor volumen de tránsito (ilustración 19), con el propósito de ilustrar de manera más sencilla los movimientos direccionales.

Ilustración 19. Movimientos direccionales TDPA actual del Boulevard Atlixcáyotl-Cúmulo de Virgo hacia los cuatro puntos (Puebla, Andrómeda Atlixco, Cúmulo de Virgo)



Fuente: Informe de Tránsito hecho por la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla, 2024.⁶

La información de Datos Viales del Boulevard Atlixcáyotl-Cúmulo de Virgo, sirvió únicamente como **comparativo muestral de los datos** recopilados en campo, ya que la SICT no cuenta con aforos direccionales, como el Informe de Tránsito realizado por la SINFRA; sin embargo, se hará uso de una Tasa Media de Crecimiento Anual sugerida por el Estudio de Tránsito Vía Atlixcáyotl-Cúmulo de Virgo del **2.00%**

Tabla 15 Resumen del TDPA relevante.

Transito Diario Promedio Anual (TDPA) con Congestión				
Movimiento	TDPA	A	B	C
Puebla	5,477	99.1%	0.6%	0.3%
Atlixco	4,044	95.2%	2.9%	1.8%
Andrómida	301	100.0%	0.0%	0.0%
Cúmulo de virgo	1,044	99.2%	0.2%	0.6%
Transito Diario Promedio Anual (TDPA) sin Congestión				

⁶ En movimientos direccionales TDPA actual del entronque Boulevard Atlixcáyotl-Cúmulo de Virgo se considera una variación en decimales en el porcentaje de la Clasificación vehicular.

Movimiento	TDPA	A	B	C
Puebla	2,168	90.00%	5.00%	5.00%
Atlixco	767	93.00%	5.00%	2.00%
Andrómeda	73	90.00%	5.00%	5.00%
Cúmulo de virgo	191	85.00%	10.00%	5.00%

Fuente: Elaboración propia con base en el estudio de aforo vehiculares de la SINPRA, 2024.

Nota 1/: TDPA de los movimientos relevantes que se consideran para la evaluación.

Una vez obtenido el TDPA y con el horario de volumen de máxima demanda (HDM), se garantiza que se le debe dar solución al punto más crítico del día que se presenta en el cruce de la carretera.

Para continuar con el análisis, es necesario conocer las tasas de ocupación vehicular, que es el número promedio de pasajeros u ocupantes que viajan en cada uno de los tipos de vehículos sobre los tramos antes mencionados, se obtuvieron con base en los datos que publica el Instituto Mexicano de Transporte (IMT), teniendo como referencia la Publicación Técnica del año 2024 Notas número 207. Lo anterior resulta importante para poder cuantificar el costo del tiempo de los pasajeros e incluirlo en el cálculo de los CGV (Ver Tabla 16).

Tabla 16 Tasa de ocupación vehicular.

Tasas de ocupación vehicular	
imt	Tasa (pasajeros por vehículo)
A	2.9
B	20.5
C	1.5

Fuente: Elaboración propia con base en los datos obtenidos por el IMT, 2023.

Como se mencionó, en la zona de influencia existen varias localidades las cuales se muestran en la tabla número 17, donde un sector de la población utiliza estos servicios de comunicación terrestre, demandando que los viajes se realicen en poco tiempo de recorrido, que sean seguros y al menor costo posible.

Tabla 17 Localidades y población.

Municipio	Localidades	Población 2020
Puebla	Heroica Puebla de Zaragoza	1,542,232
San Andrés Cholula	San Bernardino Tlaxcalancingo	99,736

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, (2020).

d) Interacción de la Oferta-Demanda

La interacción de la oferta y la demanda para los servicios de comunicación terrestre se refleja en el **Costo Generalizado de Viaje (CGV)**, el cual se define como el costo en el que incurren los usuarios del camino, carretera o vialidad. Éste incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo

del tiempo de recorrido (CTR), y el costo de operación de los vehículos (COV) en que se realizan dichos viajes (incluyendo combustibles, neumáticos, lubricantes, etc.).

Tomando como base la información y el análisis de oferta y demanda, por el tránsito mezclado y los movimientos principales que presentan un problema para los usuarios del recorrido de largo itinerario, el análisis de los “altos” costos que presenta los tramos hacia Puebla, Atlixco, Cúmulo de Virgo y Andrómeda.

Antes de pasar al análisis y exposición del cálculo de los CGV, es importante indicar los tiempos de recorrido (costo de oportunidad del tiempo) que se presenta en el tramo carretero urbano en los 1.99 km., que para este ejemplo se tomará el movimiento direccional Puebla:

Tabla 18 Tiempos de recorrido.

Tiempos de recorrido			
Carretera o vialidad	Velocidad (Km/h) ^{1/}	Distancia (Km)	Tiempo (minutos) ^{2/}
Cruce a nivel en HDM	36	1.99	5
Cruce a nivel en HV	40	1.99	2.5

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo y anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Nota 1/: Velocidades promedio considerando los tres tipos de vehículos.

Nota 2/: Tiempos de recorrida promedio considerando los tres tipos de vehículos.

Expuestos los tiempos de recorrido, se procede al cálculo de los CGV, para ello, utilizando la Publicación Técnica No. 756⁷ publicada por el Instituto Mexicano de Transporte (IMT), la cual toma como base los modelos computacionales VOC-MEX 3.0 y HDM-4, se calcularon los COV, para posteriormente, ingresar al modelo, los datos del valor social del tiempo o costo de oportunidad del tiempo (\$/hora), publicado por el mismo instituto en la Nota Técnica No. 207⁸, teniendo como valor regionalizado (centro para el caso del Estado de Puebla) **94.29** pesos por hora para viajes por trabajo y **56.58** pesos por hora para viajes por motivos de placer para el año 2024, con el propósito de calcular los CTR, tanto para el operario como para los pasajeros; así como los datos del camino y costos por operación vehicular.

Con estos datos y parámetros, se realizó el cálculo de los CGV, que corresponde a la suma de los COV más los CTR, ejemplificándolo de la siguiente manera:

Tabla 19 CGV Unitario por tipo de vehículo (por km).

CGV Unitario por tipo de vehículo (por km)			
Tipo de vehículo	A	B	C
CGV Unitario (HDM)	\$13.28	\$38.36	\$34.18
CGV Unitario (HV)	\$6.64	\$19.18	\$17.09

Fuente: Elaboración propia con datos y parámetros del IMT 2022-2023.

Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.

⁷ Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2023, IMT 2023. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt756.pdf>

⁸ Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México 2024, IMT 2024. Disponible en: <https://www.imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=598&IdBoletin=208>

Precios sociales a 2022-2023.

Posteriormente, se procedió a calcular los costos generalizados de viaje anuales, utilizando la siguiente formula:

$$CGV \text{ Anual} = (CGV \text{ Unitario}) * (No. \text{ De vehículos por tipo}) * (Longitud \text{ del camino}) * (365 \text{ días})$$

El CGV para los vehículos que circulan a lo largo del recorrido sobre el Boulevard Atlixcáyotl en el análisis, en las condiciones en las que se encuentra actualmente, se estima en **\$39,487,728** millones de pesos (mdp) sin I.V.A.

A continuación, se muestran los CGV anuales generados por los vehículos que transitan por cada una de las direcciones que existen en el entronque generado por el Boulevard Atlixcáyotl, la calle Andrómeda y la Calle Cúmulo de Virgo.

Tabla 20 CGV Anual por movimiento (pesos).

Boulevard Atlixcáyotl-Cúmulo de Virgo				
Puebla	Atlixco	Andrómeda	Cúmulo de Virgo	CGV Total Actual
\$67,712,909	\$39,487,728	\$2,052,244	\$9,694,391	\$118,947,272

Fuente: Elaboración propia con datos de SINPRA, 2024

Las condiciones actuales del entronque en los últimos años se han ido convirtiendo en un riesgo constante para los usuarios tanto de largo recorrido como de los locales, ya que el incremento del tránsito ha quedado rebasado para las condiciones del entronque.

II. Situación sin el PPI

Para no atribuirle beneficios que no le corresponden al proyecto de “Paso Inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl – Calle Cúmulo de Virgo, en las Localidades de San Bernardino Tlaxcalancingo y Heroica Puebla de Zaragoza, en los Municipios de San Andrés Cholula y Puebla, en el Estado de Puebla”, se requiere determinar si existen acciones de menor costo que permitan mejorar la situación actual.

Para la evaluación socioeconómica de proyectos se deben proponer medidas de tipo administrativo o inversiones “menores” que eliminen obvias ineficiencias de la situación actual analizada, con el propósito de optimizarla, es decir, el objetivo es mejorar la capacidad operativa existente. Es necesario conocer los beneficios que aporta una situación actual optimizada, para no atribuirle beneficios ilegítimos al proyecto.

La situación sin proyecto en este caso será la situación hipotética de qué es lo que pasaría en la carretera de la zona o área de influencia al realizar las medidas de optimización. Estas medidas mejorarían la operatividad de los servicios de comunicación terrestre, disminuirían los tiempos de recorrido e incrementarían las velocidades de operación; lo que conlleva también a reducir el IRI que presenta el tramo analizado, impactando en los CGV.

a) Optimizaciones

Con base en las condiciones que actualmente presentan los tramos ya mencionados, se propone llevar a cabo diferentes trabajos mediante la adecuación geométrica de las gasas con las que cuenta la intersección de ambos, como bien el continuo mantenimiento de bacheo y la colocación de una señalética horizontal y vertical. En virtud de lo antes mencionado, se plantea el mejoramiento o, valga la redundancia, la optimización del servicio ofrecido cuyo tipo es de categoría “B”.

Se han identificado los siguientes trabajos que mejoran la situación actual:

Tabla 21 Costos de las optimizaciones.

Optimizaciones				
Concepto	U.M.	Cantidad	P.U.	Importe sin IVA
Preliminares	M2	24,720	\$470.00	\$11,618,400.00
Señalamiento horizontal (raya continua y descontinua de 15 cm)	M	2,464	\$59.87	\$147,519.68
Violetas e indicadores de alineamiento	Pza.	32	\$118.39	\$3,788.48
Señalamiento vertical	Pza.	12	\$1,023.06	\$12,276.72
Señalamiento y dispositivos mediante lámparas solares	Pza.	15	\$1,154.00	\$17,310.00

Adecuación geométrica en las gasas	M2	1,850	\$553.80	\$1,024,530.00
			Subtotal	\$12,823,824.88
			IVA (16%)	\$2,051,811.98
			TOTAL	\$14,875,636.86

Fuente: Elaboración propia con proyectos similares de la Secretaría de Infraestructura, Precios de mercado a 2024.

Llevando a cabo estas medidas de optimización las cuales se proyectarían a lo largo del horizonte de evaluación y por un costo total de **\$14,875,636.86** con I.V.A. que representa menos del 10% del monto total de inversión, se lograría que suban las velocidades de operación marginalmente, se disminuiría el tiempo de recorrido, y por consiguiente los costos generalizados de viaje bajan. Así mismo, disminuirían los índices de accidentes. El punto medular de las optimizaciones y su efecto positivo es que se mejorará la seguridad del cruce, en cuanto a señalamientos y alumbrado. No obstante, lo anterior, esta mejoría es marginal teniendo el efecto negativo, dado que la congestión y la interferencia de los movimientos direccionales para un flujo libre se seguiría dando.

b) Análisis de la Oferta sin Proyecto

Una vez realizados los trabajos para optimizar la situación actual de los tramos carreteros, estos presentarían una mejor circulación con base en las siguientes características:

Tabla 22 Oferta sin Proyecto.

Características físicas y operativas d		
Concepto	Parámetro Boulevard Vía Atlixcáyotl	Parámetro Cúmulo de virgo
Tipo de carretera/calles	B	B
Tipo de terreno ^{1/}	Plano	Plano
Cadenamiento (aproximado)	0+000 al 2+000	0+000 al 1+100
Longitud (km)	2	1.1
Ancho de calzada (m)	7	10.5
Ancho de corona (m)	24 (promedio)	27.77 (aproximado)
Camellón	Sí	Sí
Tipo de superficie	Concreto hidráulico	Concreto hidráulico
Estado físico de la superficie	Buen estado	Buen estado
IRI (m/km)	2.5	3.5
Número de carriles	6 (4 c/u)	6 (3.5 c/u)
Acotamientos	Sí	Sí
Carril de aceleración (m)	4	3.5
Carril de desaceleración (m)	4	3.5
Tipo de superficie de los carriles	Concreto Hidráulico	Concreto Hidráulico
Estado físico de la superficie	Buen estado	Buen estado
IRI (m/km)	2.5	3.5
Cunetas en 2 Km (m)	500 en buen estado	500 en buen estado
Drenaje en 2 Km	Buen estado	Buen estado
Señalización horizontal en 2 Km	Buen estado	Buen estado
Señalamiento vertical en 2 Km	Buen estado	Buen estado
Señalización horizontal en el cruce	Mal estado (nula visibilidad)	Mal estado (nula visibilidad)

Señalamiento vertical en el cruce	Mal estado	Mal estado
Velocidad de proyecto (Km/h) ^{2/}	40	40
Velocidad de operación (Km/h) ^{3/}	30	34

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo y anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Nota 1/: Según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, por sus siglas en inglés) en su versión última, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: Plano ≤ 2.0 , 2.0 <, Lomerío ≤ 4.0 , Montañoso >4.0 .

Nota 2/: Velocidades para vehículos ligeros (automóviles tipo A) de acuerdo al proyecto original.

Nota 3/: Las velocidades de operación representa a los vehículos ligeros (automóviles tipo A).

Con respecto a los demás componentes que conforman los 1.99 km., la mayoría de ellos seguirán presentando los mismos servicios, características físicas y operativas como el puente peatonal; las banquetas y guarniciones en ambos lados (en algunos tramos) en regulares condiciones; el alumbrado público presentará un mejor estado y se encontrará funcionando en el cruce. No se presentarán mejoras geométricas en los retornos, pero se contará con mejores señalamientos y elementos, los cuales ayudarán a los cruces.

c) Análisis de la Demanda sin Proyecto

Se mantiene la demanda de la carretera, ya que es la única vía de acceso que comunica a Puebla, Atlixco, Andrómeda y Cúmulo de Virgo, así como a otros puntos de relevancia.

La composición vehicular en la situación sin proyecto seguiría siendo la misma que en la situación base:

Tabla 23 Demanda sin Proyecto del TDPA.

Transito Promedio Diario Anual Sin Proyecto	
Movimiento	TDPA
Puebla	5,477
Atlixco	4,044
Andrómeda	301
Cúmulo de Virgo	1,044

Fuente: Elaboración Propia con información de SINPRA, 2024

Retomando que la tasa de crecimiento es del 2.00%.

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

Considerando las medidas de optimización, harán que el estado físico de la superficie de rodamiento mejore marginalmente y se encuentre en condiciones más adecuadas para la circulación de los vehículos en todo el trayecto (1.99 km.), aumentando las velocidades de operación y disminuyendo los tiempos de recorrido.

Tabla 24 Tiempos de recorrido con optimizaciones.

Tiempos de recorrido Situación sin Proyecto			
Tramo	Velocidad (Km/h) ^{1/}	Distancia (Km)	Tiempo (minutos) ^{2/}
Cruce a nivel en HDM	39	1.99	5

Cruce a nivel en HV

41

1.99

2.5

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo y anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Nota 1/: Velocidades promedio considerando los tres tipos de vehículos.

Nota 2/: Tiempos de recorrido promedio considerando los tres tipos de vehículos.

Se procedió nuevamente a calcular los costos generalizados de viaje para los vehículos que circulan en el Boulevard Atlixcáyotl, Cúmulo de Virgo y Andrómeda con las cuatro direcciones, utilizando ahora los nuevos parámetros de velocidades e IRI, dando como resultado en el año uno lo siguiente:

Tabla 25 CGV Anual por tipo de vehículo en la Situación sin Proyecto.

Boulevard Atlixcáyotl-Cúmulo de Virgo				
Puebla	Atlixco	Andrómeda	Cúmulo de Virgo	CGV Total Actual
\$66,500,077	\$38,656,427	\$2,011,197	\$10,121,858	\$117,289,559

Fuente: Elaboración propia con datos y parámetros del IMT 2022-2024.

Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.

Precios sociales a 2022-2023.

Realizando la proyección de los CGV durante el horizonte de evaluación, se presenta su evolución con el propósito de pronosticar su comportamiento futuro:

Tabla 26 Proyección de los CGV en la Situación sin Proyecto (pesos).

Costos Generalizados de Viaje (CGV) Situación sin Proyecto			
Año	COV	CTR	CGV
0 2024	0	0	0
1 2025	60,770,205	56,519,354	117,289,559
2 2026	63,225,321	58,782,880	122,008,201
3 2027	65,779,624	61,150,476	126,930,100
4 2028	68,437,121	63,598,801	132,035,922
5 2029	71,201,980	66,148,842	137,350,823
6 2030	74,078,540	68,792,569	142,871,109
7 2031	77,071,313	71,546,840	148,618,153
8 2032	80,184,994	74,416,832	154,601,827
9 2033	83,424,468	77,405,221	160,829,689
10 2034	86,794,817	80,500,851	167,295,667
11 2035	90,301,327	83,721,619	174,022,947
12 2036	93,949,501	87,076,655	181,026,156
13 2037	97,745,061	90,569,924	188,314,985
14 2038	101,693,961	94,207,606	195,901,568
15 2039	105,802,397	97,992,253	203,794,650
16 2040	110,076,814	101,908,621	211,985,435
17 2041	114,523,917	105,984,417	220,508,334
18 2042	119,150,684	110,225,648	229,376,332
19 2043	123,964,371	114,639,073	238,603,444
20 2044	128,972,532	119,230,270	248,202,802
21 2045	134,183,022	124,003,449	258,186,472
22 2046	139,604,016	128,960,984	268,565,000
23 2047	145,244,018	134,114,622	279,358,640
24 2048	151,111,877	139,475,931	290,587,808
25 2049	157,216,797	145,051,179	302,267,975
26 2050	163,568,355	150,843,296	314,411,651
27 2051	170,176,517	156,902,808	327,079,325

28	2052	177,051,648	163,198,857	340,250,505
29	2053	184,204,535	169,746,412	353,950,946
30	2054	191,301,385	176,275,981	367,577,366

*Fuente: Elaboración propia con datos y parámetros del IMT 2022-2024.
Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.
Precios sociales a 2022-2024.*

En este apartado es importante explicar con base en los análisis y metodologías en evaluación socioeconómica de proyectos, cómo se espera que evolucione durante el horizonte de evaluación tanto las propuestas de optimización como el mismo proyecto para posteriormente compararlas entre sí, partiendo que las proyecciones deberán realizarse en función de los efectos directos en que inicien sus etapas de operación, es decir, llevando a cabo las acciones de optimización en el año cero, el tiempo y flujo empezará a contar a partir del año uno (como sucede con el proyecto), recordando que el año de evaluación de la situación actual es el año cero.

e) Alternativas de solución

Identificación de alternativas de solución.

Con el objetivo de dar solución a la problemática de interés público identificada en la intersección del Boulevard Atlixcáyotl-Calle Cúmulo de Virgo, presenta problemas de congestión, así como vueltas de retornos, se procedió a evaluar y generar alternativas, a fin de determinar la mejor de ellas.

De esta actividad se obtuvieron 2 posibles soluciones, las cuales posteriormente fueron analizadas por el equipo de la SINPRA de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Su viabilidad técnica.
2. La capacidad de solventar la problemática en el largo plazo.
3. Su viabilidad económica.

Alternativa A.

El proyecto se trata de la construcción de Paso Inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo De Virgo, el proyecto busca facilitar la distribución hacia los trayectos con dirección a Puebla, Atlixco, Andrómeda y Cúmulo de Virgo, así como realizar retornos eficientes y más rápidos, se calcula que se tiempo de vida sea de 30 años con un año de construcción.

Ilustraciones 20-21. Paso inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl- Calle Cúmulo de Virgo



Ilustración 20



Ilustración 21

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, SINFRA 2024

- El costo de inversión de la alternativa: \$ 128,238,670.07 pesos sin IVA.
- Costos de mantenimiento de manera general:

Tabla 27 Desglose del mantenimiento para el proyecto propuesto.

Tipo de Mantenimiento	Costo	Años
Conservación rutinaria.	\$318,333	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29 y 30.
Periódico.	\$638,811	4, 8, 14, 18, 24 y 26.
Reconstrucción	\$9,380,004	10, 20 y 28

Fuente: Configuración de Costos de Conservación de la Secretaría de Infraestructura con datos de la SICT.
Montos sin I.V.A. Precios de mercado a 2024.

Componentes de la Alternativa A:

ALTERNATIVA A. PASO INFERIOR VEHICULAR		
No.	Descripción	Total
1	TERRACERIAS	5,364,828.55
2	DRENAJE PLUVIAL	548,982.07
3	BANQUETAS Y GUARNICIONES	1,376,029.66
4	PAVIMENTOS	6,914,894.46
5	SEÑALAMIENTO	4,228,656.21
6	OBRAS INDUCIDAS	1,272,514.71
7	ALUMBRADO Y RED ELECTRICA	8,713,128.19
8	ESTRUCTURA DEL PIV	84,346,287.77
9	CICLOVIA	6,454,098.16
10	MURO DE TIERRA ARMADA	4,558,991.91
11	PARADERO	417,254.41
12	ARQUITECTURA DEL PAISAJE	4,043,003.97
SUBTOTAL		\$128,238,670.07
I.V.A.		\$20,518,187.21
TOTAL		\$148,756,857.28

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024
Montos sin I.V.A. Precios de mercado a 2024.

Alternativa B.

El proyecto contempla la construcción de un viaducto elevado o segundo piso en el Boulevard Atlixcáyotl y la calle Cúmulo de Virgo, cuyo objetivo es conectar las intersecciones de estos tramos y agilizar el tráfico vehicular. El proyecto contará con la elaboración de pilotes y pilas, un muro mecánicamente estabilizado, relleno y terraplén, acero para refuerzo, ITS o bien sistemas inteligentes de transporte, entre otros.

Ilustración 22. Ejemplo de un viaducto elevado o un segundo piso



Fuente: Elaboración propia con base en imágenes extraídas de Internet, 2024.

- Tiempo de vida: 30 años. Tiempo de construcción: 1 año.
- El costo de la propuesta: \$401,184,923 pesos sin IVA.
- Costos de mantenimiento:

Tabla 28 Desglose del mantenimiento para el proyecto alterno.

Tipo de Mantenimiento	Costo	Año
Conservación rutinaria.	\$ 477,499	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29 y 30.
Periódico.	\$ 958,216	4, 8, 14, 18, 24 y 26.
Sobrecarpeta.	\$ 14,070,005	10, 20 y 28

*Fuente: Configuración de Costos de Conservación de la Secretaría de Infraestructura con datos de la SICT.
Montos sin I.V.A. Precios de mercado a 2024.*

Se utiliza el supuesto de que los costos de mantenimiento y de molestias se elevan al 50% de los costos originales debido a la complejidad que tienen el proyecto en sí mismo.

Componentes de la alternativa B:

ALTERNATIVA B. VIADUCTO ELEVADO		
No.	Descripción	Total
1	Concretos	97,967,061.08
2	Obra civil general	1,773,042.60
3	Excavación	9,621,160.64
4	Perforación para pilotes	3,464,445.56

5	Perforación para pilas	885,738.88
6	Muro mecánicamente estabilizado	1,259,848.16
7	Relleno y terraplén	1,835,704.64
8	Acero de refuerzo	165,017,101.52
9	Acero de presfuerzo	5,688,366.24
10	ITS	6,558,963.64
11	Señalamiento	409,688.80
12	Instalaciones generales	157,093,388.60
13	Programa de manejo de residuos	10,800,000.20
14	Disposición final de residuos	3,000,000.12
SUBTOTAL		\$ 401,184,923.00
I.V.A.		\$ 64,189,587.68
TOTAL		\$ 465,374,510.68

*Fuente: Elaboración propia con datos de proyectos similares
Montos sin I.V.A. Precios de mercado a 2024.*

Comparación de alternativas de solución.

Para la evaluación del análisis de alternativas de solución se considerará un comparativo entre un Distribuidor vial vs. Viaducto elevado/Segundo piso, ambos con una superficie de rodadura de mezcla asfáltica:

Propuesta: Distribuidor vial, PIV

Ventajas:

- Se tiene un monto de inversión “menor”.
- Menor tiempo de duración para aplicar la carpeta de rodamiento.
- No se requiere realizar una excavación profunda, solo la necesaria para construir los apoyos de la estructura, con un “mínimo” de obra inducida.
- Se tiene más visibilidad para el conductor, más seguridad y el alineamiento vertical tiene más fluidez de circulación a los vehículos.
- Una alternativa que presentaría una buena opción de desplazamiento en toda época del año y con un costo de mantenimiento “bajo”.
- Operación más segura para los usuarios.

Desventajas:

- Al no contar con el estudio de ingeniería de detalle (proyecto ejecutivo), el alcance y diseño del proyecto pueden ser inequitativos y no corresponder a la realidad y complejidad del cruce, su demanda y su problemática.

Alternativa: Acueducto elevado/Segundo piso

Ventajas:

- Corrige el problema de capacidad de los carriles

- Se obtendrá un desplazamiento con mayor fluidez y un incremento de velocidad significativo.
- Contribuir al viaje de ciudadanos y turistas.

Desventajas:

- Mayor costo de construcción hasta por un 100% más.
- Realización de trabajos de adecuación de drenaje y otros relacionados.
- Se requiere de un derecho de vía y permisos más completo, lo que representaría un incremento en los costos, además de que existe el riesgo de que su construcción requiera llevarse más tiempo.
- Se podrían presentar mayores costos por molestias tanto para los usuarios de la vía, como para los habitantes y comercios de la zona de influencia por intervenir los servicios de agua, drenaje y luz

Las **conclusiones** expresadas en la información anterior concluyen que desde el punto de vista técnico se desecha la Alternativa B “Acueducto elevado” de la problemática actual, por lo tanto, se reconoce las virtudes técnicas de la Alternativa A “Distribuidor vial”.

Con base en una revisión técnica, aunado con la **comparación económica** a través de los indicadores Valor Actual de los Costos (VAC) y del Costo Anual Equivalente (CAE), la presente evaluación concluye que la alternativa de solución propuesta -Alternativa A- de un Distribuidor Vial es totalmente viable, así como se rechaza la Alternativa B “Acueducto elevado” debido a que resulta ser una medida muy costosa en cuanto a inversión y costos por molestias.

Tabla 29 Comparación económica a través del VAC y CAE.

Alternativa A: Paso Inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo de Virgo		Alternativa B: Acueducto elevado/segundo piso de la Vía Atlixcáyotl-Cúmulo de Virgo	
Concepto	Cantidad	Concepto	Cantidad
Inversión sin IVA (mdp)	128.24	Inversión sin IVA (mdp)	401.18
Vida útil del pavimento (años)	30	Vida útil del pavimento (años)	30
Costos de mantenimiento (Rutinaria) (mdp)	0.32	Costos de mantenimiento (Rutinaria) (mdp)	0.48
Costos de Mantenimiento (sobre carpeta) (mdp)	9.38	Costos de Mantenimiento (sobre carpeta) (mdp)	14.07
Tasa Social de Descuento	10%	Tasa Social de Descuento	10%
VAC (mdp)	139.24	VAC (mdp)	417.69
CAE (mdp)	14.77	CAE (mdp)	44.31

Fuente: Elaboración propia. Precios de mercado a 2024.

Realizando un análisis a otras variables:

- **Localización óptima:** El proyecto se ubica al suroeste del municipio de Puebla y por tratarse de una carretera ya trazada y en operación, se considera como la única localización óptima del proyecto.

- **Tamaño óptimo:** Para este caso, el tamaño del proyecto podría considerarse el correcto en cuanto a capacidad de carriles; sin embargo, al no contar con el estudio de ingeniería a detalle, no se puede tener certeza de sus alcances.

III. Situación con el PPI

a) Descripción general

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"/>

El proyecto se trata de un Paso Inferior Vehicular el cual contará con:

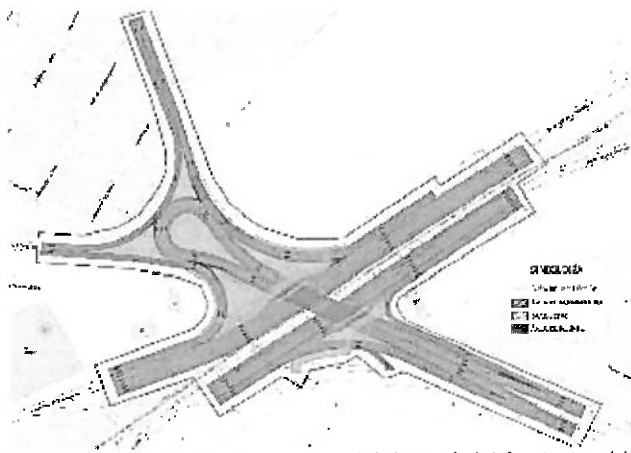
- Dos carriles de circulación con acotamiento
- La superficie de rodadura será de concreto hidráulico y concreto asfáltico.
- Carretera de sección variable
- Camellón para la división de la circulación en el boulevard vía Atlixcáyotl
- Seis carriles por sentido de circulación en el boulevard Vía Atlixcáyotl
- Base de concreto hidráulico
- Integración con la ciclovía
- Iluminación adecuada
- Drenaje eficiente
- Señalización clara

Lo que permitirá mejorar la comunicación vial y dar un mayor nivel de seguridad en el desplazamiento de las personas entre las localidades o municipios -en su caso-, tanto para usuarios vehiculares, ciclistas y peatones, generando un mayor transporte de bienes y servicios. Lo anterior, beneficiando indirectamente a 147,394⁹ usuarios que circulan por este tramo de la carretera y su entronque.

Con el propósito de realizar una descripción únicamente esquemática, en virtud de que las características detalladas se indicarán en el proyecto ejecutivo (diseño arquitectónico e ingeniería de detalle); a continuación, se presenta una ilustración general del proyecto:

⁹ Siendo la sumatoria de las horas con mayor aforo con el que contó el lunes que se realizó estudio, el cual fue el día más concurrido.

Ilustración 23 Sección tipo del proyecto.



Fuente: Elaboración propia con base en información del anteproyecto de la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla, 2024.

Tabla 30 Principales Componentes del Proyecto.

Componente	Tipo	Cantidad ^{1/}	Principales Características
Distribuidor Vial	Construcción	49,500m ²	Estructuras de concreto hidráulico reforzado; carpeta asfáltica de 6 cm de espesor; señalamientos verticales y horizontales; obras de drenaje; alumbrado público; calles laterales a nivel.

Fuente: Elaboración propia con datos del anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Nota 1/: Esta cantidad se considera como área mínima de intervención a cumplir. Para mayor referencia de la descripción de los trabajos, se recomienda consultar el presupuesto de la obra contenido en el Expediente Técnico Simplificado y en los Términos de Referencia

b) Alineación estratégica

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024:

La obra se alinea con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 a través de la Directriz 3. Desarrollo económico incluyente, y se vincula con el objetivo 3.6. Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo.

Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024:

El presente proyecto se alinea con el Objetivo Prioritario 1: Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal.

Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Puebla 2019-2024:

El Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2019-2024 del Estado de Puebla, establece como base de la planeación el Desarrollo Estratégico Regional a través de los Ejes de Gobierno y los

Enfoques Transversales, los cuales contienen objetivos, estrategias y líneas de acción orientados a alcanzar el equilibrio regional.

EJE 3

Desarrollo Económico para Todas y Todos

Objetivo

Impulsar el desarrollo económico sostenible en todas las regiones del estado, con un enfoque de género, identidad e interseccionalidad.

Estrategia Transversal Infraestructura

Mejorar los sistemas de transporte e infraestructura carretera y productiva que fomenten el desarrollo económico con un enfoque sostenible.

Líneas de Acción:

1. Ampliar la red carretera para incrementar la conectividad y el acceso a rutas comerciales y de servicios en y entre las regiones.
3. Aumentar y mejorar la infraestructura productiva y el equipamiento para el impulso de los sectores económicos.

c) Localización geográfica

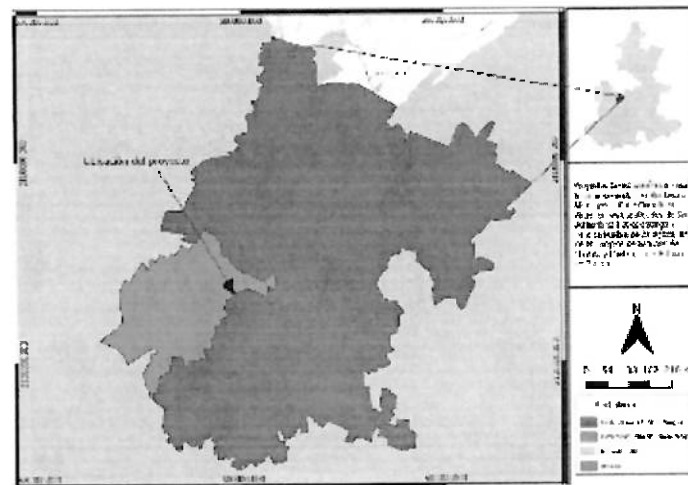
El Estado de Puebla se localiza en la parte central del país, ubicado en un valle cerca de cuatro volcanes. El mapa general de la República Mexicana señala que el estado de Puebla presenta colindancias con varios estados, al norte con el estado de Hidalgo, al este con el de Veracruz, al poniente con los de Tlaxcala, Hidalgo y México, finalmente al sur con los de Guerrero y Oaxaca. Está dividido en 217 municipios. Su capital, Puebla, está a 2,160 metros sobre nivel del mar en el centro oriente del territorio mexicano.

Ilustración 24. Mapa de ubicación del Estado de Puebla



Fuente: Elaboración propia con base en datos contenidos en INEGI, (2024).

Ilustración 25. Croquis de Macro localización



Fuente: Elaboración propia con base en datos contenidos en INEGI, (2020).

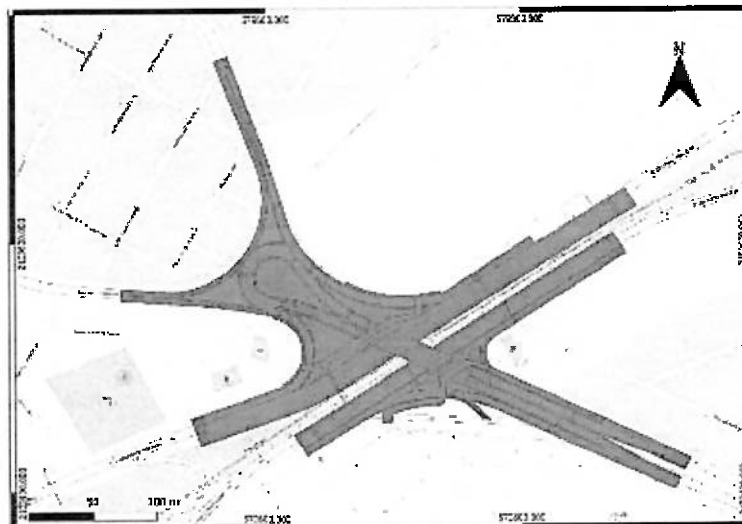
El Distribuidor Vial se ubica sobre el Boulevard Atlixcáyotl. Este tendrá las siguientes coordenadas:

Tabla 31 Coordenadas Geográficas.

Coordenadas UTM de ubicación		
Carretera	Inicio	Fin
PUE-D	579543.4034, 2103449.173	579885.5903, 2103639.89

Fuente: Elaboración propia con datos de seguimiento por GPS montados en Google Earth (marca registrada de Google Inc.) e información de Mapa INEGI, 2024.

Ilustración 26. Croquis de Microlocalización.



Fuente: Elaboración propia con base en datos contenidos en INEGI, (2020) y CEIGEP, (2024).

d) Calendario de actividades

CALENDARIO DE EJECUCIÓN			
AVANCE	MES 1	MES 2	MES 3
FINANCIERO (%)	38.43%	48.00%	13.57%
FINANCIERO (\$)	\$57,172,247.40	\$71,398,240.26	\$20,186,369.62
TOTAL			\$ 148,756,857.28

e) Monto total de inversión

MONTO TOTAL DE LA INVERSIÓN		
No.	Descripción	Total
1	TERRACERIAS	5,364,828.55
2	DRENAJE PLUVIAL	548,982.07
3	BANQUETAS Y GUARNICIONES	1,376,029.66
4	PAVIMENTOS	6,914,894.46
5	SEÑALAMIENTO	4,228,656.21
6	OBRAS INDUCIDAS	1,272,514.71
7	ALUMBRADO Y RED ELECTRICA	8,713,128.19
8	ESTRUCTURA DEL PIV	84,346,287.77
9	CICLOVIA	6,454,098.16
10	MURO DE TIERRA ARMADA	4,558,991.91
11	PARADERO	417,254.41
12	ARQUITECTURA DEL PAISAJE	4,043,003.97
SUBTOTAL		\$128,238,670.07
I.V.A.		\$20,518,187.21
TOTAL		\$148,756,857.28

*Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras. Precios de mercado a 2024.
Nota: Para mayor referencia de la descripción de los trabajos, se recomienda consultar el presupuesto de la obra contenido en el Expediente Técnico Simplificado y en los Términos de Referencia.*

f) Fuentes de financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
1. Federales	--	--	--
2. Estatales	Estatad 2024	\$ 148,756,857.28	100 %

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
3. Municipales	--	--	--
4. Otros	--	--	--
Total		\$ 148,756,857.28	100.00%

*Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.
Precios de mercado a 2024.*

g) Capacidad instalada

Con base en el análisis de la carretera y del TDPA, ésta presentaría un nivel de servicio "A" durante una gran parte del horizonte de evaluación donde se incluye la situación con congestión y sin congestión.

Tabla 32 Volumen de tránsito con respecto a la capacidad del Distribuidor Vial.

Capacidad instalada de la Construcción De Paso Inferior Vehicular En Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo De Virgo					
Horizonte de evaluación	Año	Puebla	Atlixco	Andrómeda	Cúmulo de Virgo
0	2024	7,645	4,811	374	1,305
1	2025	7,798	4,907	381	1,331
2	2026	7,954	5,005	389	1,358
3	2027	8,113	5,105	397	1,385
4	2028	8,276	5,208	405	1,413
5	2029	8,441	5,312	413	1,441
6	2030	8,610	5,418	421	1,470
7	2031	8,782	5,526	429	1,499
8	2032	8,958	5,637	438	1,529
9	2033	9,137	5,750	447	1,560
10	2034	9,320	5,865	456	1,591
11	2035	9,506	5,982	465	1,623
12	2036	9,696	6,101	474	1,655
13	2037	9,890	6,223	484	1,688
14	2038	10,088	6,348	493	1,722
15	2039	10,290	6,475	503	1,756
16	2040	10,495	6,604	513	1,792
17	2041	10,705	6,736	523	1,827
18	2042	10,919	6,871	534	1,864
19	2043	11,138	7,009	545	1,901
20	2044	11,361	7,149	555	1,939
21	2045	11,588	7,292	567	1,978
22	2046	11,819	7,438	578	2,018
23	2047	12,056	7,586	589	2,058

24	2048	12,297	7,738	601	2,099
25	2049	12,543	7,893	613	2,141
26	2050	12,794	8,051	626	2,184
27	2051	13,050	8,212	638	2,228
28	2052	13,311	8,376	651	2,272
29	2053	13,577	8,543	664	2,318
30	2054	13,848	8,714	677	2,318

Fuente: Elaboración propia con datos de la SICT y SINPRA 2012-2024.

h) Metas anuales y totales de producción

Las metas físicas esperadas con la Construcción de Paso Inferior vehicular en Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo de Virgo ubicado en el municipio de Puebla, en el estado de Puebla, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 33 Metas físicas del Proyecto.

Metas físicas totales		
Proyecto por realizar	Meta (m2)	Inversión con I.V.A.
CONSTRUCCIÓN DE PASO INFERIOR VEHICULAR EN BOULEVARD ATLIXCÁYOTL - CALLE CÚMULO DE VIRGO	49,500 M2	\$ 148,756,857.28

*Fuente. Elaboración propia con base al anteproyecto elaborado por SINPRA, 2024.
Nota: Los montos pueden presentar variaciones debida al redondeo de las cifras.
Precios de mercado a 2023.*

i) Vida útil

Vida útil del PPI	
Vida útil en años (Construcción)	30 años

j) Descripción de los aspectos más relevantes

Estudios técnicos

No se cuenta con el proyecto ejecutivo, el cual, está en proceso de elaboración de acuerdo con la normatividad estatal y de la SICT vigentes, así como con los estudios geológicos y geotécnicos.

No obstante, se cuenta con el anteproyecto elaborado por la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla, el cual se encuentra con un avance del **100%**.

El avance de la factibilidad técnica a detalle (proyecto ejecutivo) es del **50%**.



Estudios legales

En el Periódico Oficial del Estado de Puebla de fecha 10 de mayo de 2019 se publicó El Acuerdo de la Secretaría de Infraestructura, Movilidad y Transportes del Gobierno del Estado, por el que se dan a conocer las Vialidades de Jurisdicción Estatal.

En el cual se considera los caminos, carreteras y puentes cuya conservación está a cargo del Gobierno del Estado de conformidad con lo establecido por los artículos 2, 8 y 16 fracción I de la Ley General de Bienes del Estado.

El acuerdo señala que las carreteras estan numeradas con el folio D.-04 Cúmulo de Virgo con un total de 1.34 kilómetros y Vía Atlixcáyotl con el folio C.- y un total de km de 18.650

El Gobierno del Estado está facultado para realizar los trabajos que comprende el presente proyecto.

Esta factibilidad se encuentra al **100%**.

Estudios ambientales

Se cuenta con la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Particular, con número de expediente: DEPIA/MIA-P/104/24, presentada ante la Secretaría de Medio Ambiente el día 28 de junio del presente año. Con la evaluación de impacto ambiental es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto y determinar, en caso de que se requiera, las condiciones para su ejecución, así como las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales, a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio y la salud humana.

Esta factibilidad se encuentra en proceso para recibir respuesta positiva de la Secretaría correspondiente

Estudios de mercado

No se cuenta con otro estudio u otros estudios.

Estudios Específicos

Se realizó el "Estudio De Tránsito Vía Atlixcáyotl- Cúmulo de Virgo, 2023". El objetivo del presente, fue para la identificación del Transito Diario Promedio, así como las características que permitan diseñar el proyecto de mejoramiento de movilidad vial en el KM 0+000 al 06+680 de la Vía Atlixcáyotl. Además de definir las condiciones de operación en el punto de estudio y su área de influencia, así como proponer las recomendaciones para la optimización de la circulación vehicular. Este, presentó acciones inmediatas y posteriores para el mejoramiento de las vialidades, por lo que expuso como acción inmediata la cancelación de vueltas a la

izquierda, así como acción posterior la de adecuación de retorno y geométrica para lo cual se propuso el Proyecto Integral.

k) Análisis de la Oferta con Proyecto

El Paso inferior mejorará la distribución de los sentidos direccionales que se cruzan en la intersección entre el Boulevard Atlixcáyotl y la calle Cúmulo de virgo, de tal modo que no habrá necesidad de detener la circulación para que puedan seguir sus trayectos. Con el proyecto, no habrá obstáculos que impidan que los conductores puedan continuar sus trayectos en la intersección, ya que que ofrece una mejor circulación al separar la intersección y a su vez brindar los carriles para incorporarse de un sentido direccional a otro, por lo que la oferta con proyecto sería la siguiente:

Tabla 34 Oferta con Proyecto.

Características físicas y operativas d		
Concepto	Parámetro Boulevard Via Atlixcayotl	Parámetro Cúmulo de virgo
Tipo de carretera/calles	B	B
Tipo de terreno ^{1/}	Plano	Plano
Cadenamiento (aproximado)	0+000 al 2+000	0+000 al 1+100
Longitud (km)	1.99	1.99
Ancho de calzada (m)	7	10.5
Ancho de corona (m)	24 (promedio)	27.77 (aproximado)
Camellón	Sí	Sí
Tipo de superficie	Concreto hidraulico	Asfalto
Estado físico de la superficie	Buen estado	Buen estado
IRI (m/km)	2	2
Número de carriles	6 (4 c/u)	6 (3.5 c/u)
Acotamientos	Sí	Sí
Carril de aceleración (m)	4	3.5
Carril de desaceleración (m)	4	3.5
Tipo de superficie de los carriles	Concreto Hidraulico	Concreto Hidraulico
Estado físico de la superficie	Buen estado	Buen estado
IRI (m/km)	2.5	3.5
Cunetas en 2 Km (m)	500 en buen estado	500 en buen estado
Drenaje en 2 Km	Buen estado	Buen estado
Señalización horizontal en 2 Km	Buen estado	Buen estado
Señalamiento vertical en 2 Km	Buen estado	Buen estado
Señalización horizontal en el cruce	Buen estado	Buen estado
Señalamiento vertical en el cruce	Buen estado	Buen estado
Velocidad de proyecto (Km/h) ^{2/}	40	40
Velocidad de operación (Km/h) ^{3/}	30	34

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo y anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Nota 1/: Según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, por sus siglas en inglés) en su versión última, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: Plano ≤ 2.0 , 2.0 <, Lomerío ≤ 4.0 , Montañoso >4.0 .

Nota 2/: Velocidades para vehículos ligeros (automóviles tipo A) de acuerdo al proyecto propuesto.

Nota 3/: Las velocidades de operación representan a los vehículos ligeros (automóviles tipo A).

Es importante recordar, que los tramos que anteceden y siguen a la ubicación del Distribuidor y cruce, seguirán en buen estado, permitiendo un traslado eficiente a los usuarios.

I) Análisis de la Demanda con Proyecto

Se mantiene la demanda de la carretera en su cruce y tramo, ya que es una de las vías de acceso más importante que comunica con los municipios aledaños y en su caso es camino para trasladarse de estados de la república, lo que implica que no se generan efectos de tránsito desviado o tránsito generado.

La composición vehicular en la situación con proyecto a partir del año uno y a lo largo de la proyección en su aforo máximo (considerando que representa a la demanda que se quiere atender), tendrá una tasa de crecimiento del 2.00%, por lo que la siguiente proyección muestra el aforo en el tiempo:

Tabla 35 Demanda con Proyecto del TDPA sin Congestión.

BOULEVARD ATLIXCÁYOTL-CALLE CÚMULO DE VIRGO					
Horizonte de evaluación	Año	Puebla	Atlixco	Andrómeda	Cúmulo de Virgo
0	2024	2,168	767	73	243
1	2025	2,212	782	74	247
2	2026	2,256	798	75	252
3	2027	2,301	814	77	257
4	2028	2,347	830	78	263
5	2029	2,394	847	80	268
6	2030	2,442	864	82	273
7	2031	2,491	881	83	279
8	2032	2,541	899	85	284
9	2033	2,591	917	87	290
10	2034	2,643	935	88	296
11	2035	2,696	954	90	302
12	2036	2,750	973	92	308
13	2037	2,805	992	94	314
14	2038	2,861	1,012	96	320
15	2039	2,918	1,032	98	327
16	2040	2,977	1,053	100	333
17	2041	3,036	1,074	102	340
18	2042	3,097	1,096	104	347
19	2043	3,159	1,118	106	353
20	2044	3,222	1,140	108	361
21	2045	3,287	1,163	110	368
22	2046	3,352	1,186	112	375

23	2047	3,419	1,210	114	383
24	2048	3,488	1,234	117	390
25	2049	3,558	1,259	119	398
26	2050	3,629	1,284	121	406
27	2051	3,701	1,309	124	414
28	2052	3,775	1,336	126	422
29	2053	3,851	1,362	129	431
30	2054	3,928	1,389	131	431

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la SICT, SINPRA 2024.

Tabla 36 Demanda con Proyecto del TDPA con Congestión.

BOULEVARD ATLIXCÁYOTL-CALLE CÚMULO DE VIRGO					
Horizonte de evaluación	Año	Puebla	Atlixco	Andrómeda	Cúmulo de Virgo
0	2024	5,477	4,044	301	1,062
1	2025	5,586	4,125	307	1,084
2	2026	5,698	4,207	313	1,105
3	2027	5,812	4,291	320	1,127
4	2028	5,928	4,377	326	1,150
5	2029	6,047	4,465	333	1,173
6	2030	6,168	4,554	339	1,196
7	2031	6,291	4,645	346	1,220
8	2032	6,417	4,738	353	1,245
9	2033	6,545	4,833	360	1,270
10	2034	6,676	4,929	367	1,295
11	2035	6,810	5,028	375	1,321
12	2036	6,946	5,129	382	1,347
13	2037	7,085	5,231	390	1,374
14	2038	7,227	5,336	398	1,402
15	2039	7,371	5,442	406	1,430
16	2040	7,519	5,551	414	1,458
17	2041	7,669	5,662	422	1,488
18	2042	7,822	5,776	430	1,517
19	2043	7,979	5,891	439	1,548
20	2044	8,138	6,009	448	1,579
21	2045	8,301	6,129	457	1,610
22	2046	8,467	6,252	466	1,642
23	2047	8,636	6,377	475	1,675

24	2048	8,809	6,504	485	1,709
25	2049	8,985	6,634	494	1,743
26	2050	9,165	6,767	504	1,778
27	2051	9,348	6,902	514	1,813
28	2052	9,535	7,040	525	1,850
29	2053	9,726	7,181	535	1,887
30	2054	9,921	7,325	546	1,887

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la SICT, SINPRA 2024.

m) Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

Con la ejecución del proyecto: "Construcción de Paso Inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo De Virgo, En Las Localidades De San Bernardino Tlaxcalancingo Y Heroica Puebla De Zaragoza, En Los Municipios De San Andrés Cholula Y Puebla, En El Estado De Puebla" se generarán ahorros en costos de operación vehicular, se disminuirá de manera considerable el tiempo de recorrido y se incrementarán las velocidades de operación, como se muestra a continuación:

Tabla 37 Tiempos de recorrido con Proyecto.

Tiempos de recorrido Situación con Proyecto			
Tramo	Velocidad (Km/h) ^{1/}	Distancia (Km)	Tiempo (minutos) ^{2/}
Tramo urbano en HDM	60.00	1.99	1.10
Tramo urbano en HV	65.00	1.99	1.02

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo y anteproyecto, Secretaría de Infraestructura, 2024.

Nota 1/: Velocidades promedio considerando los tres tipos de vehículos.

Nota 2/: Tiempos de recorrido promedio considerando los tres tipos de vehículos.

Se procedió nuevamente a calcular los costos generalizados de viaje, utilizando ahora los nuevos parámetros de velocidades e IRI con proyecto, dando como resultado en el año uno lo siguiente:

Tabla 38 CGV Anual por tipo de vehículo en la Situación con Proyecto vs. Situación sin Proyecto.

Boulevard Atlixcáyotl- Calle Cúmulo de Virgo SSP					
Año	Puebla	Atlixco	Andrómeda	Cúmulo de Virgo	CGV Total Actual
1 2025	\$66,500,077	\$38,656,427	\$2,011,197	\$10,121,858	\$117,289,559

Boulevard Atlixcáyotl- Calle Cúmulo de Virgo SCP					
Año	Puebla	Atlixco	Andrómeda	Cúmulo de Virgo	CGV Total Actual
1 2025	\$51,341,462	\$29,380,447	\$1,552,901	\$7,784,143	\$90,058,953

Fuente: Elaboración propia con datos y parámetros del IMT 2022-2024.

Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.

Precios de mercado a 2022-2024.

Realizando la proyección de los CGV durante el horizonte de evaluación, se presenta su evolución con el propósito de pronosticar su comportamiento futuro considerando la ejecución del proyecto propuesto:

Tabla 39 Proyección de los CGV (pesos) en la Situación con Proyecto.

Costos Generalizados de Viaje (CGV) Situación con Proyecto			
Año	COV	TIEMPO	CGV
0 2024			
1 2025	54,451,170	35,607,782	90,058,953
2 2026	56,650,998	38,264,954	94,915,951
3 2027	58,939,698	39,633,051	98,572,748
4 2028	61,320,862	41,214,295	102,535,157
5 2029	63,798,224	42,691,982	106,490,207
6 2030	66,375,673	44,400,073	110,775,746
7 2031	69,057,250	45,995,601	115,052,851
8 2032	71,847,163	47,839,838	119,687,001
9 2033	74,749,788	49,562,119	124,311,907
10 2034	77,769,680	51,552,924	129,322,604
11 2035	80,911,575	53,410,879	134,322,454
12 2036	84,180,402	55,558,907	139,739,310
13 2037	87,581,291	57,562,590	145,143,881
14 2038	91,119,575	59,793,070	150,912,645
15 2039	94,800,805	62,046,379	156,847,184
16 2040	98,630,758	64,458,681	163,089,439
17 2041	102,615,441	66,886,647	169,502,087
18 2042	106,761,104	69,496,649	176,257,754
19 2043	111,074,253	72,122,554	183,196,807
20 2044	115,561,653	74,932,713	190,494,366
21 2045	120,230,344	77,769,388	197,999,731
22 2046	125,087,650	80,593,639	205,681,288
23 2047	130,141,191	83,872,313	214,013,503
24 2048	135,398,895	86,921,883	222,320,778
25 2049	140,869,010	90,331,034	231,200,044
26 2050	146,560,118	93,755,638	240,315,756
27 2051	152,481,147	97,436,450	249,917,597
28 2052	158,641,385	101,151,626	259,793,011
29 2053	165,050,497	104,842,260	269,892,757
30 2054	171,412,479	108,794,089	280,206,568

Fuente: Elaboración propia con datos y parámetros del IMT 2022-2024.

Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.

Precios de mercado a 2022-2023.

Con respecto al nivel de servicio, éste podrá alcanzar un nivel tipo "A".

IV. Evaluación del PPI

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

A continuación, se desglosan los costos de la obra de forma anual y total, diferenciando aquellos que se realizarán durante la ejecución y durante la operación. Dichos costos por su tipo son los siguientes:

a) Costos de inversión:

La Construcción de Paso Inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl- Calle Cúmulo de Virgo, ubicado en el municipio de Puebla, en el estado de Puebla, tiene un costo total por \$128,238,670.07 pesos sin IVA.

b) Costos de mantenimiento:

Los costos de mantenimiento corresponden a las erogaciones necesarias para mantener las características físicas de la infraestructura durante el periodo de análisis. Para ello, se diseñó un programa de conservación y mantenimiento a lo largo del horizonte de evaluación. Los costos para los diferentes tipos de acción se determinaron utilizando precios índices con datos de la publicación: *Tabulador de precios referenciales a costo directo para la construcción, modernización y conservación de obras para la infraestructura carretera 2023*, de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal Mexicano (SICT), en función del tipo de vialidad, tipo de terreno y tipo de acción, de acuerdo con la política de conservación, a precios de 2023.

La tabla 40 muestra el costo y el periodo de aplicación del plan de mantenimiento en a lo largo del horizonte de evaluación.

Tabla 40 Costos de Mantenimiento con Proyecto.

Año	Tipo de mantenimiento	Costo total (\$)
0	-	-
1	Rutinario	318,333
2	Rutinario	318,333
3	Rutinario	318,333
4	Periódico	638,811
5	Rutinario	318,333
6	Rutinario	318,333
7	Rutinario	318,333
8	Periódico	638,811
9	Rutinario	318,333
10	Sobrecarpeta	9,380,004
11	Rutinario	318,333
12	Rutinario	318,333
13	Rutinario	318,333
14	Periódico	638,811
15	Rutinario	318,333
16	Rutinario	318,333
17	Rutinario	318,333
18	Periódico	638,811
19	Rutinario	318,333
20	Sobrecarpeta	9,380,004
21	Rutinario	318,333

22	Rutinario	318,333
23	Rutinario	318,333
24	Periódico	638,811
25	Rutinario	318,333
26	Periódico	638,811
27	Rutinario	318,333
28	Sobrecarpeta	9,380,004
29	Rutinario	318,333
30	Rutinario	318,333

Fuente: Elaboración propia con datos de la publicación: Tabulador de precios referenciales a costo directo para la construcción, modernización y conservación de obras para la infraestructura carretera 2024, de la SICT. Montos sin IVA. Precios a 2024.

En el año cero, se considera la inversión sin IVA y los costos por molestias.

A continuación, se describe el tipo de costo de mantenimiento:

La conservación rutinaria se refiere a los trabajos que se realizan de manera continua durante todos los años para seguridad de los usuarios, y funcionalidad hidráulica de la carretera. Algunos ejemplos son el bacheo aislado, la limpieza y desazolve de cunetas, chapeo del derecho de vía, limpieza y reposición de señales, repintado de marcas de pavimento, y limpieza de alcantarillas.

La conservación periódica se entiende como las acciones planeadas y previstas en el diseño cada determinado tiempo, con el objetivo de proteger la estructura del pavimento, o rescatar la calidad de rodamiento. Las acciones típicas son los tratamientos superficiales, como es el caso del riego de sello.

Los trabajos de sobrecarpeta consiste en acciones típicas como son los tratamientos superficiales, las microcarpetas, la recuperación en caliente, el fresado superficial, la texturización, etc. Estos trabajos son necesarios cuando la estructura de pavimento requiere un refuerzo mediante la colocación de una nueva capa de carpeta asfáltica.

La reconstrucción, como su nombre lo indica, implica volver a construir parcial o totalmente la sección estructural del pavimento, a fin de que cuente con la capacidad estructural adecuada para resistir el tránsito por acumularse, sin que existan modificaciones geométricas en la sección transversal. Acciones típicas son el "white-topping" (recubrimiento de un pavimento asfáltico), la recuperación, la modificación de materiales, la estabilización, la transformación en concreto compactado, etc. Para el caso en estudio, estos trabajos no se consideran en el proyecto, en virtud de que, con estas acciones, se abriría un nuevo ciclo de vida, tratándose en evaluación socioeconómica, de un nuevo proyecto.

Tabla 41 Resumen de los trabajos de mantenimiento.

Tipo de mantenimiento	Descripción
Conservación normal (rutinaria)	Limpieza de la superficie de rodadura; eliminación de objetos sólidos y materiales pulverulentos.
Conservación periódica	Aplicación de riego de material asfáltico en forma sincronizada, compactando con rodillos metálicos.
Sobrecarpeta	Tendido y compactación de carpeta asfáltica con mezcla en caliente, incluye riegos de impregnación y riegos de liga.

Fuente: Configuración de Costos de Conservación de la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla y la SICT.

c) Costos por Molestias:

Los costos por molestias son costos sociales adicionales producidos por la ejecución del proyecto, es decir, la disminución de carriles o el cierre temporal de secciones por la realización de las obras durante su ejecución en el año cero; por el proceso constructivo de la carretera, afectando a los usuarios de la carretera, el cual es valorado:

- Tramo urbano en el cruce con entre el boulevard Vía Atlixcáyotl y Cúmulo de Virgo: \$ **1,963,950**

Con base en las metodologías que aporta el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), estos costos se ven reflejados en el incremento del CGV de los vehículos que transitan en la vialidad o en las vialidades aledañas **durante su construcción**, pues al existir mayor nivel de tránsito, se tiene mayores costos de operación vehicular y se destina más tiempo para el traslado. Para este análisis y de manera conservadora, los costos por molestias se presentan únicamente sobre la misma vialidad, cuantificándose por el número de vehículos afectados y se valoran mediante la diferencia entre los CGV asociados a la Situación Actual y Situación con Proyecto como a continuación se muestra:

Tabla 42 Resumen de los trabajos de mantenimiento.

Año	CGV Situación Actual	CGV durante la Construcción	Diferencia
0 2024	5,947,364	3,983,413	1,963,950

Fuente: Elaboración propia con base en la Metodología del CEPEP y de la SICT.
Montos sin IVA. Precios a 2024.

Otro aspecto importante para este cálculo, se considera que, al momento de ejecutar los trabajos, al levantar la sub-base y base, sus condiciones de operatividad bajan hasta un IRI de 8%, lo que conlleva a una reducción en las velocidades de operación, aunado a que se deben cerrar carriles durante el proceso constructivo.

d) Costos por externalidades e intangibles:

Se identificaron las siguientes externalidades:

- Accidentes automovilísticos a causa del exceso de velocidad por los usuarios al contar con una mejor vialidad.
- Aumento de contaminación debido a los vehículos que circularán por la carretera.

Estas externalidades son de difícil cuantificación y valoración.

b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI

Los beneficios del proyecto fueron medidos en ahorros generados en Costos Generalizados de Viaje (CGV), como resultado de la disminución del tiempo de viaje y la disminución de costos de operación, considerando que al año cero no se generarán ahorros por no estar en operación el proyecto. Se realiza la comparación de los CGV de la Situación sin Proyecto (SSP) y los de la Situación con Proyecto (SCP).

El CGV se realizó con base en la información levantada en el estudio de campo, tomando en cuenta la información de la composición vehicular. La proyección se realizó a 30 años para el con una tasa de crecimiento del 3.0% para el presente cruce en el tramo urbano de la carretera.

Para el cálculo de los CGV, se utilizaron como referencia y apoyo la **Publicación Técnica No. 756** publicada por el Instituto Mexicano de Transporte (IMT), la cual toma como base los modelos computacionales VOC-MEX 3.0 y HDM-4, se calcularon los COV; para posteriormente, ingresar al modelo, los datos del valor social del tiempo o costo de oportunidad del tiempo (\$/hora), publicado por el mismo instituto en la **Nota Técnica No. 207**, teniendo como valor regionalizado (centro para el caso del Estado de Puebla) **94.29** pesos por hora para viajes por trabajo y **56.58** pesos por hora para viajes por motivos de placer para el año 2024 que tienen como base el modelo computacional VOC-MEX 3.0.

Los beneficios se derivan directamente de los ahorros en el Costo Generalizado de Viaje por la implementación del proyecto. La tabla 43 muestra los Ahorros en los CGV por la implementación del proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.

Tabla 43 Proyección de los Ahorros en los CGV (pesos).

Total Ahorros en CGV del Paso Inferior Vehicular Boulevard Atlixcáyotl-Calle Cúmulo de Virgo		
Horizonte de evaluación	Año	CGV Ahorros totales (\$)
0	2024	0
1	2025	27,230,606
2	2026	27,092,250
3	2027	28,357,351
4	2028	29,500,765
5	2029	30,860,616
6	2030	32,095,364



7	2031	33,565,302
8	2032	34,914,826
9	2033	36,517,782
10	2034	37,973,063
11	2035	39,700,493
12	2036	41,286,846
13	2037	43,171,104
14	2038	44,988,923
15	2039	46,947,465
16	2040	48,895,996
17	2041	51,006,246
18	2042	53,118,578
19	2043	55,406,637
20	2044	57,708,436
21	2045	60,186,740
22	2046	62,883,712
23	2047	65,345,137
24	2048	68,267,031
25	2049	71,067,931
26	2050	74,095,895
27	2051	77,161,727
28	2052	80,457,494
29	2053	84,058,189
30	2054	87,370,798

Fuente: Elaboración propia con datos y parámetros del IMT 2022-2024.
Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.
Precios de mercado a 2022-2024.

Existen otras externalidades, las cuales se identificaron como beneficios sociales:

- Se reducen los accidentes vehiculares y peatonales.
- Se podrá tener una movilidad fluida y segura.

Estas externalidades son de difícil cuantificación y valoración.

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Una vez determinados los costos totales del proyecto, integrados por los costos de inversión y los costos de mantenimiento, así como de los beneficios esperados del proyecto, integrados por los ahorros en el Costo Generalizado de Viaje, se procede a calcular el costo-beneficio del proyecto. Dicho cálculo consiste básicamente en la determinación de los indicadores de rentabilidad económica, esto es el Valor Actual Neto Social (VANS), la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS) y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI), en donde se ha considerado para este proyecto una Tasa Social de Descuento (TSD) del 10%.

Se asume que este tipo de proyectos tiene una demanda y beneficios crecientes en el tiempo. Por lo que el VANS y la TIRS serán más rentables conforme se amplíe el horizonte de evaluación.

Es de destacar que, el **momento óptimo**, analizando los resultados con respecto al TRI, ésta muestra un superior valor a la TSD del 10%, por lo que el momento óptimo de que entrara en operación el proyecto ya pasó, por lo que se sugiere que su ejecución se comience a la brevedad.

La siguiente tabla muestra los indicadores de rentabilidad que presenta el proyecto de la "Construcción de Paso Inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo de Virgo, en las Localidades de San Bernardino Tlaxcalancingo y Heroica Puebla de Zaragoza, en los Municipios de San Andrés Cholula y Puebla, en el Estado de Puebla".

Tabla 44 Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto.

Indicadores de Rentabilidad del Paso Inferior Vehicular Boulevard Atlixcáyotl-Calle Cúmulo de Virgo	
Indicador	Valor
Valor Actual Neto Social (VANS)	225,495,101.29
Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)	23.90%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	20.99%

Fuente: Elaboración propia con base en el CEPEP, SHCP.

*Nota: Los montos pueden presentar variaciones debido al redondeo de las cifras.
Montos sin IVA. Precios a 2024.*

d) Análisis de sensibilidad

Variable	Variación respecto a su valor original	Impacto sobre el Indicador de Rentabilidad
VANS-Costo de Inversión	Incremento del 200%	Reducción del VANS de 225.50 mdp a -30.98 mdp (menor a 0)
TIRS-Costo de Inversión	Incremento del 200%	Reducción de la TIRS de 23.90% a 9.23% (menor a la TSD)
VANS-TIRS-Costo de mtto.	Incremento del 110%	Aunque se presentara este cambio, el proyecto seguiría siendo rentable: Reducción del VANS de 225.50 mdp a 215.55 mdp (positivo) Reducción de la TIRS de 23.90% a 23.42% (mayor a la TSD)
VANS-TIRS-Beneficios (demanda)	Reducción del 65%	Reducción del VANS de 225.50 mdp a -11.58 mdp (menor a 0) Reducción de la TIRS de 23.90% a -9.14% (menor a la TSD)

e) Análisis de riesgos

Se han identificado, de los dos tipos de riesgos fundamentales, riesgos en la etapa de construcción y riesgos en la etapa de operación, lo siguiente:

Etapa de ejecución:

Tabla 48. Análisis de Riesgos en la Etapa de Ejecución.

IDENTIFICACIÓN	CUANTIFICACIÓN	JERARQUIZACIÓN	DEFINICIÓN DE MEDIDAS
----------------	----------------	----------------	-----------------------

Riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Impacto	Nivel de riesgo	Medidas de prevención y mitigación
Incremento en los costos por aumento en el precio de los materiales debido a la inflación.	0.5	Medio	0.5	<ul style="list-style-type: none"> Realización de un estudio de mercado en los bancos de materiales cercanos a la zona, a fin de asegurar la adquisición y entrega de los insumos en las mejores condiciones.
Impedimento en la construcción debido a presiones sociales y/o daños ocasionados por interferencias de terceros	0.75	Alto	0.8	<ul style="list-style-type: none"> Realizar mesas de trabajo y establecer diálogos, detallando con claridad y total transparencia, los beneficios y costos relevantes que tendrá el proyecto.
Retrasos en la ejecución de las actividades programadas para la construcción debido a la falta de disponibilidad de la totalidad de los insumos en tiempo y forma.	0.4	Medio	0.5	<ul style="list-style-type: none"> Realización de un estudio de mercado en los bancos de materiales cercanos a la zona, a fin de asegurar la adquisición y entrega de los insumos en las mejores condiciones.
Retrasos en la ejecución de las actividades programadas para la construcción debido a la falta de disponibilidad de los recursos financieros en tiempo y forma.	0.5	Alto	0.8	<ul style="list-style-type: none"> Conformar un equipo de enlace de la Secretaría de Infraestructura y los ayuntamientos, para la programación periódica de reuniones con personal de la Secretaría de Finanzas para conciliar y verificar el avance en el ejercicio de los recursos. Reprogramación de la entrega de anticipos y estimaciones a la Secretaría de Finanzas para su respectivo pago y ministración.

Fuente: Elaboración propia, SINFRA 2024

Etapa de operación:

Tabla 49. Análisis de Riesgos en la Etapa de Operación.

IDENTIFICACIÓN	CUANTIFICACIÓN		JERARQUIZACIÓN	DEFINICIÓN DE MEDIDAS
Riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Impacto	Nivel de riesgo	Medidas de prevención y mitigación
Disminución del nivel de servicio.	0.4	Media	0.5	<ul style="list-style-type: none"> Que la Secretaría de Infraestructura y los ayuntamientos lleven a cabo un programa de supervisión periódico para constatar el estado de la carretera. Que la Secretaría de Infraestructura y los ayuntamientos contemplen un programa anual de mantenimiento, aunado a la gestión paralela de recursos federales y/o estatales para su implementación.
Obstrucciones climáticas.	0.3	Bajo	0.1	<ul style="list-style-type: none"> Realizar el programa de mantenimiento antes y

				después del periodo de lluvias.
Catástrofes Naturales.	0.2	Bajo	0.1	<ul style="list-style-type: none"> Solicitud de recursos al Fondo de Desastres Naturales en su caso. Llevar periódicamente inspecciones y supervisiones constantes de elementos estructurales e instalaciones.
Impedimento en la construcción debido a presiones sociales y/o daños ocasionados por interferencias de terceros	0.75	Alto	0.8	<ul style="list-style-type: none"> Solicitar el apoyo de las instituciones de seguridad pública para garantizar la seguridad de los usuarios en sitio y en las zonas aledañas.

Fuente: Elaboración propia, SINPRA 2024.

V. Conclusiones y Recomendaciones

La “Construcción de Paso Inferior Vehicular en Boulevard Atlixcáyotl - Calle Cúmulo de Virgo, en las Localidades de San Bernardino Tlaxcalancingo y Heroica Puebla de Zaragoza, en los Municipios de San Andrés Cholula y Puebla, en el Estado de Puebla”, es factible desde el punto de vista social, bajo los supuestos expuestos en el estudio, ya que representa significativos ahorros en tiempos de recorrido, lo que comparativamente con la inversión requerida, acredita la rentabilidad del proyecto.

Con la construcción del proyecto se permitirá mejorar las condiciones de circulación del tránsito de largo itinerario y local, se ordena el tránsito de la zona urbana.

Con la implementación del proyecto, se traerá beneficios para más de 50,000 vehículos que en resumen se traducen en:

- Reducción en el costo generalizado de viaje (CGV) de los diferentes tipos de vehículos.
- Reducción en el tiempo de recorrido.
- Contribuye al desarrollo regional y atención del sector productivo.
- Disminución de accidentes vehiculares y peatonales.

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos del Análisis Costo - Beneficio (ACB), puede decirse que los indicadores de rentabilidad económica estimados son favorables para el proyecto. Es decir, los beneficios que resultan por la realización de la construcción del Distribuidor Vial, en el municipio de Puebla, son suficientes para compensar las erogaciones

requeridas para su ejecución y mantenimiento; ya que se obtiene un **VANS positivo** para el proyecto de \$ 225,495,101.29 una **TIRS** de 23.90% y una **TRI** de 20.99% aunado a que, en la evaluación de alternativas, el Distribuidor presentó un **VAC menor** de \$ 139,242,363 versus el Viaducto elevado/segundo piso con un VAC de \$ 417,690,462

Es de destacar nuevamente que, analizando los resultados con respecto a la TRI, ésta muestra un superior valor a la TSD del 10%, por lo que el **momento óptimo** de que entrará en operación el proyecto ya pasó, por lo que se sugiere que su ejecución se comience a la brevedad.

No obstante, debe reforzarse el análisis, investigando más información con respecto a los aspectos técnicos del proyecto, con un programa completo de construcción, acorde al tamaño de lo que se desea resolver, elaborar todos los planes y programas de obras totalmente listos y terminados, de modo que el programa de trabajo se vaya cumpliendo punto a punto, con el propósito de que los beneficios netos del proyecto sean los mayores posibles.

VI. Anexos

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Análisis de la Oferta y la Demanda	Se cuenta con el Informe de Tránsito y anteproyecto elaborados por la Secretaría de Infraestructura (SINFRA) del Gobierno del Estado de Puebla, y con el estudio de aforos vehiculares incluido en los Datos Viales de la SICT.
Anexo B	Estudios Técnicos	Únicamente se cuenta con el anteproyecto.
Anexo C	Estudios Legales	Se cuenta con la solicitud del derecho de vía tramitada ante la SICT; la cual, se encuentra en espera de su respuesta y resolutive.
Anexo D	Estudios Ambientales	Se cuenta con la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Particular, con número de expediente: DEPIA/MIA-P/104/24, presentada ante la Secretaría de Medio Ambiente el día 28 de junio del presente año.
Anexo E	Estudios de Mercado	Se cuenta con el Informe de Tránsito y anteproyecto elaborados por la Secretaría de Infraestructura (SINFRA) del Gobierno del Estado de Puebla, y con el estudio de aforos vehiculares incluido en los Datos Viales de la SICT.
Anexo F	Estudios Específicos	No se cuenta con ningún otro estudio.
Anexo G	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI	Se anexa la evaluación económica (hojas de cálculo).
Anexo H	Análisis de Sensibilidad	Se anexa la evaluación económica (hojas de cálculo).

VII. Bibliografía

1. 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, 30 de diciembre 2013. Disponible en: www.shcp.gob.mx/; <https://www.gob.mx/shcp/documentos/lineamientos-para-elaboracion-y-presentacion-de-los-analisis-costo-y-beneficio-de-los-programas-y-proyectos-de-inversion>.
2. Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica del Estado de Puebla (CEIGEP). Disponible en: <http://ceigep.puebla.gob.mx/>.
3. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (<https://presidente.gob.mx/plan-nacional-de-desarrollo-2019-2024/>); Plan de Desarrollo del Estado de Puebla 2019-2024 (<http://giep.puebla.gob.mx/Documentos/2018/trtrrt/PlanEstataldeDesarrollo2019-2024.pdf>)
4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020. Censo de población y vivienda 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020. Principales resultados por localidad (ITER) 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9>
6. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, (2020). Índice de Rezago Social (IRS) 2020. Disponible en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_de_Rezago_Social_2020_anexos.aspx
7. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/Paginas/principal.aspx>.
8. Sistema de información geográfica Google Earth (marca registrada). Disponible en: <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>.
9. Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2022, Instituto Mexicano del Transporte (IMT), 2022. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt699.pdf>.
10. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México 2024, IMT 2024. Disponible en: <https://www.imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=598&IdBoletin=208>
11. Libro de Datos Viales de la de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) del Gobierno Federal Mexicano. Disponible en: <https://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/>.
12. Guía General para la presentación de Evaluaciones Costo y Beneficio de Programas y Proyectos de Inversión, 2018, Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP). Disponible en: <https://www.cepep.gob.mx/es/CEPEP>; [https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/Guia_General_Analisis_Costo_Beneficio_\(CEPEP\).pdf](https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/Guia_General_Analisis_Costo_Beneficio_(CEPEP).pdf).
13. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP). Información, metodologías y guías para la evaluación socioeconómica. Disponible en: <https://www.cepep.gob.mx/en/CEPEP/Materiales>.

Responsables de la Información


Ramo: Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

Entidad: Puebla.


Área Responsable: Dirección de Caminos, Carreteras, Puentes y Vialidades Urbanas de la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla; Dirección de Planeación de la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla.

Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:

Responsable de la Información:

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Gerardo Luna Gordillo	Director de Caminos, Carreteras, Puentes y Vialidades Urbanas de la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla		

Responsable de la Evaluación Socioeconómica:

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Norman Adrián Torres Alcaraz	Director de Planeación de la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla		

Versión

6.0

Fecha

4 de julio de 2024

*El administrador del programa y/o proyecto de inversión, deberá tener como mínimo el nivel de Director de Área o su equivalente en la dependencia o entidad correspondiente, apegándose a lo establecido en el artículo 43 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.