"REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200, EN LAS LOCALIDADES DE EQUIMITA, TENEXTEPEC, JONOTLA, TUZAMAPAN DE GALEANA, TETELILLA DE ISLAS, HUEHUETLA, LIPUNTAHUACAN, PUTAXCAT, CAXHUACAN, CUCUCHUCHUT, ZOQUIAPAN, XALACAPAN Y SAN RAFAEL AXOLOTA, EN LOS MUNICIPIOS DE ZACAPOAXTLA, NAUZONTLA, JONOTLA, CUETZALAN DEL PROGRESO, TUZAMAPAN DE GALEANA, HUEHUETLA, CAXHUACAN Y ZOQUIAPAN EN EL ESTADO DE PUEBLA".

# *ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO SIMPLIFICADO*

**3 de agosto de 2020**

**INDICE**

**I. RESUMEN EJECUTIVO ..... 3**
A. Problemática, objetivo y descripción del PPI ..... 3
B. Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI ..... 5
C. Indicadores de Rentabilidad del PPI ..... 10
**II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN ..... 12**
**A.** Diagnóstico de la Situación Actual ..... 12
**B.** Análisis de la oferta o infraestructura existente ..... 21
**C.** Análisis de la demanda actual ..... 22
**D.** Interacción de la oferta – demanda. ..... 25
**III. SITUACIÓN SIN EL PPI ..... 29**
**a) Optimizaciones** ..... 29
b) **Análisis de la Oferta o infraestructura existente** ..... 30
**c) Análisis de la demanda sin proyecto** ..... 31
**d) Interacción de la Oferta - Demanda** ..... 32
**e) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN** ..... 37
*Alternativa 1:* ..... 37
*Alternativa 2:* ..... 41
*Alternativa seleccionada* ..... 44
**IV. SITUACIÓN CON EL PROYECTO DE INVERSIÓN ..... 46**
**A.** Descripción General ..... 46
**B.** Alineación Estratégica ..... 55
**C.** Localización Geográfica ..... 56
a. Calendario de Actividades ..... 61
**D.** Monto Total de la Inversión ..... 62
**E.** Financiamiento ..... 62
**F.** Metas del Proyecto ..... 63
**G.** Capacidad instalada y su evolución en el horizonte de la evaluación ..... 63
**H.** Vida útil ..... 64
**I.** Descripción de los aspectos más relevantes para determinar la viabilidad del proyecto ..... 64
Estudios Técnicos ..... 64
Factibilidad Legal. ..... 64
Factibilidad Ambiental ..... 65
**J.** Análisis de la oferta considerando la implementación del proyecto de inversión ..... 66
**K.** Análisis de la demanda con proyecto ..... 67

**L.** Interacción de la oferta – demanda a lo largo del horizonte de evaluación ..... 68
**V. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN ..... 76**
**A.** Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto de inversión ..... 76
**B.** Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto de inversión ..... 78
**C.** Cálculo de los indicadores de rentabilidad. ..... 86
**D.** Análisis de sensibilidad ..... 89
**E.** Análisis de riesgos ..... 91
**VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 92**
**VII. ANEXOS ..... 93**
**VIII. BIBLIOGRAFÍA ..... 98**
**IX. Responsables de la Información ..... 99**

# I. RESUMEN EJECUTIVO

## Problemática, objetivo y descripción del PPI

| | |
|---|---|
| Objetivo del PPI | El proyecto tiene como principal objetivo de comunicar a las localidades rurales y brindar mayor capacidad al camino, para ofrecer un nivel de servicio óptimo a los usuarios, mediante la REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, como una vía que permita una mayor conectividad entre las localidades de Equimita, Tenextepec, Jonotla, Tuzamapan De Galeana, Tetelilla de Islas, Huehuetla, Lipuntahuacan, Putaxcat, Caxhuacan, Cucuchuchut, Zoquiapan, Xalacapan y San Rafael Axolota, en los Municipios de Zacapoaxtla, Nauzontla, Jonotla, Cuetzalan del Progreso, Tuzamapan de Galeana, Huehuetla, Caxhuacan y Zoquiapan, en el Estado de Puebla para generar competitividad en la región, con respecto al traslado de personas, bienes y mercancías, para lo cual se pretende ofrecer una vía de comunicación óptima para los usuarios. además, se contribuye al cumplimiento de la estrategia definida en el **Plan Nacional de Desarrollo**: Eje 3: Economía Programa: Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo. El sector público fomentara la creación de empleos mediante programas sectoriales, proyectos regionales y obras de infraestructura, pero también facilitando el acceso al crédito a las pequeñas y medianas empresas (que constituyen el 93 por ciento y que general la mayor parte de los empleos) y reduciendo y simplificando los requisitos para la creación de empresas nuevas. |
| Problemática Identificada | Actualmente la carretera: Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco – Huehuetla), se cataloga como un Camino alimentador, con un carril de circulación, por cada sentido, existiendo un alto porcentaje de daño en la superficie de rodamiento dada por la presencia de fallas en la estabilidad de los cortes del camino, lluvias atípicas intensas las cuales han provocado: baches, encharcamientos, agrietamientos y desprendimiento del mismo.<br><br>El sistema de drenaje se encuentra en mal estado y en algunos tramos no se cuenta, siendo que el agua se mantiene sobre la superficie, lo cual provoca afectaciones en la carpeta asfáltica e incrementa el riesgo de accidentes, ya que los automovilistas no pueden ver los baches llenos de agua, estas condiciones climatológicas van deformando gravemente la estructura del pavimento, originando problemas de ondulaciones y debilitación de secciones estructurales de la calzada, acelerando el daño, lo cual se traduce en afectaciones en el alineamiento horizontal y vertical, así mismo, los usuarios que transitan por este camino incurran en altos costos generalizados de viaje y se aumente la probabilidad de ocurrencia de accidentes al realizar maniobras de rebase o esquiva miento de baches. |

Aunado a las condiciones de transitabilidad antes descritas se suma la problemática de dificultad de transporte de víveres y personas de las poblaciones aledañas, así como el acceso a bienes y servicios básicos (salud, educación, ingresos, etc.), lo cual afecta de manera importante la calidad de vida de los pobladores.

Los caminos alimentadores se caracterizan por ser de dos carriles de circulación, un por sentido, en su gran mayoría pavimentados, así mismo son los que enlazan a las comunidades y son ocupadas para el trasladan mercancías como son: forestal y la producción de la agricultura siendo, parte necesaria de las zonas rurales, contribuyendo a mejorar el flujo de bienes y servicios, incrementado el desarrollo de la zona, salud pública y la educación.

Con respecto a la carpeta asfáltica, esta no cuenta con las características físicas y geométricas para que los usuarios transiten de manera segura y eficiente debido a las zonas de agrietamientos, desprendimiento de carpeta asfáltica en los costados de la calzada, falta de un buen señalamiento y en algunos tramos no se tiene la visibilidad adecuada por la falta de líneas para delimitar carriles.

Por lo anterior, se dificulta la circulación por las condiciones físicas y geométricas del tramo, haciendo lento el paso de los vehículos, sobre todo el trasporte de personal y de carga, dadas sus dimensiones, por lo que se presentan altos Costos Generalizados de Viaje (CGV), es decir, altos Costos de Operación Vehicular por lo tanto las velocidades de operación son bajas, incrementando así, los tiempos de recorrido.

| | |
|---|---|
| Breve descripción del PPI | El proyecto consiste en la REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200, EN LAS LOCALIDADES DE EQUIMITA, TENEXTEPEC, JONOTLA, TUZAMAPAN DE GALEANA, TETELILLA DE ISLAS, HUEHUETLA, LIPUNTAHUACAN, PUTAXCAT, CAXHUACAN, CUCUCHUCHUT, ZOQUIAPAN, XALACAPAN Y SAN RAFAEL AXOLOTA, EN LOS MUNICIPIOS DE ZACAPOAXTLA, NAUZONTLA, JONOTLA, CUETZALAN DEL PROGRESO, TUZAMAPAN DE GALEANA, HUEHUETLA, CAXHUACAN Y ZOQUIAPAN EN EL ESTADO DE PUEBLA. Con un total de 34.50 km con calzada de 7.10 metros para alojar 2 carriles de circulación uno por sentido, de 3.55 metros de ancho cada uno, en los km 40+500 al km 69+000 y del km 74+00 al km 80+000.<br><br>Considerando los trabajos de Infraestructura funcional total en los 34.50 km (km 40+500 al km 69+000 y del km 74+00 al km 80+000); construcción de losa de concreto de f´c=250 kg/cm2 en 263.60 m2, construcción de muro de contención en el kilómetro 20+000 de concreto hidráulico de f'c 250 kg/cm2 en 539.70 m3, |

construcción de muro de contención en el kilómetro 34+200 de concreto hidráulico de f'c 250 kg/cm2 en 522.60 m3, reconstrucción de pavimento con carpeta asfáltico de 5 cm de espesor en 144,866.00 m2, construcción de guarnición de concreto simple f´c = 150 kg/cm² de 15 x 20 x 40 cm. en 70.00 m, construcción de banqueta de 10 cm. de espesor con concreto f´c = 150 kg/cm² en 105.00 m, pintado de señalamiento horizontal (pintura de raya continua y discontinua de 12 cm) en 103.570 m, colocación de vialeta reflejante amarilla de 10 x 10 cm en 200 pzas, colocación de señalamiento vertical (restrictiva, preventiva e informativa) en 57 pzas y colocación de defensa metálica de lámina galvanizada tipo aasthom-180 en 309.00 pzas.

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las siguientes:

**Tabla.** METAS

| Componente | Unidad de medida | Cantidad |
|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE CONCRETO DE 7X2.4 y DESAZOLVE DE ALCANTARILLA Y CUNETAS | M2 | 263.60 |
| CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 20+000 DE CONCRETO HIDRÁULICO | M2 | 539.70 |
| CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 34+200 DE CONCRETO HIDRÁULICO | M2 | 522.60 |
| RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO CON CARPETA ASFÁLTICO DE 5 CM DE ESPESOR | M2 | 144,866.00 |
| CONSTRUCCIÓN DE GUARNICIÓN DE CONCRETO SIMPLE F´c = 150 kg/cm² DE 15 X 20 X 40 CM. | M | 70.00 |
| CONSTRUCCIÓN DE BANQUETA DE 10 CM. DE ESPESOR CON CONCRETO F´c = 150 kg/cm² | M | 105.00 |
| PINTADO DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM) | M | 103,570.00 |
| COLOCACIÓN DE VIALETA REFLEJANTE AMARILLA DE 10 X 10 CM | PZA | 200 |
| COLOCACIÓN DE SEÑALAMIENTO VERTICAL (RESTRICTIVA, PREVENTIVA E INFORMATIVA) | PZA | 57 |
| COLOCACIÓN DE DEFENSA METÁLICA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 | M | 309.00 |

*FUENTE: Secretaria de Infraestructura*

## Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

| | |
|---|---|
| Horizonte de Evaluación | Horizonte de evaluación es de 21 años (1 de ejecución y 20 años de vida útil). |

Descripción de los principales costos del PPI

Los costos identificados corresponden a los de inversión, y mantenimiento.

*Costos de inversión*

Los costos de inversión corresponden a los recursos necesarios para la ejecución de la obra. En este sentido, el monto de inversión es de 78.12 millones de pesos incluyendo el IVA, según se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla.** Costo de inversión (pesos 2020)

| Nombre | Monto (Sin IVA) |
|---|---|
| "REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200, EN LAS LOCALIDADES DE EQUIMITA, TENEXTEPEC, JONOTLA, TUZAMAPAN DE GALEANA, TETELILLA DE ISLAS, HUEHUETLA, LIPUNTAHUACAN, PUTAXCAT, CAXHUACAN, CUCUCHUCHUT, ZOQUIAPAN, XALACAPAN Y SAN RAFAEL AXOLOTA, EN LOS MUNICIPIOS DE ZACAPOAXTLA, NAUZONTLA, JONOTLA, CUETZALAN DEL PROGRESO, TUZAMAPAN DE GALEANA, HUEHUETLA, CAXHUACAN Y ZOQUIAPAN EN EL ESTADO DE PUEBLA". | **67,345,799.87** |
| Subtotal | **67,345,799.87** |
| Iva 16% | **10,775,327.98** |
| Subtotal con IVA | **78,121,127.85** |
| TOTAL | **78,121,127.85** |

*FUENTE: Secretaría de Infraestructura*

*Costos de mantenimiento*

Los costos de mantenimiento corresponden a las erogaciones que deben realizarse para lograr que el sistema seleccionado se mantenga en los niveles establecidos para satisfacer la demanda definida del proyecto. Estos costos tienen considerados los estándares de calidad y servicio eficiente que requiere la demanda de acuerdo con las características del tránsito como densidad y composición. Para el proyecto, se consideran los siguientes costos de mantenimiento:

**Tabla.** Costos de mantenimiento (pesos)

| Concepto[1] | Sin IVA | Periodicidad | $/km/carril | Mant. Total |
|---|---|---|---|---|
| Mantenimiento Rutinario | 34,282 | Anual | $/km/carril | 2,365,478.01 |
| Mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello) | 119,988 | c / 4 años | $/km/carril | 8,279,172.00 |

[1] El costo de mantenimiento es lo que se destina a la conservación de la vía con el fin de mantenerla en niveles óptimos de operación, así como su periodicidad indicada en la "Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores". https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met_Caminos_Rurales_Parte1.pdf

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta) | 589,655 | c / 8 años | $/km/carril | 40,686,216.39 |

*Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla*

*Costos de Molestias*

Para este proyecto se considera costos por molestias los cuales se ven reflejados en la memoria de cálculo. Estos costos se generan a los usuarios de la vialidad al tener que compartir un carril de circulación conforme va avanzando la obra.

Es decir, a lo largo de 400 metros se tendrán señalamiento que permita coordinar el flujo del TDPA. De esta forma se avanzaran los trabajos de la obra. Esta situación hace que el TDPA experimente velocidades de recorrido menores y tiempo de recorrido mayores.

Para este proyecto se considera costos por molestias los cuales se ven reflejados en la memoria de cálculo.

| Tabla. Costos de Molestias (mdp) | |
|---|---|
| Costos de Molestias | 111.42 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

Descripción de los principales beneficios del PPI

El proyecto proporcionará los siguientes beneficios:

Optimizará la movilidad en el flujo de tránsito de personas de las localidades de: Equimita, Tenextepec, Jonotla, Tuzamapan de Galeana, Tetelilla de Islas, Huehuetla, Lipuntahuacan, Putaxcat, Caxhuacan, Cucuchuchut, Zoquiapan, Xalacapan y San Rafael Axolota, así como los desarrollos sociales y económicos en la zona.

Mejorará la oferta vial y propiciará el desarrollo económico de los municipios de Zacapoaxtla, Nauzontla, Jonotla, Cuetzalan del Progreso, Tuzamapan de Galeana, Huehuetla, Caxhuacan y Zoquiapan, al proporcionar una vía con características operativas adecuadas, incrementando las actividades económicas las cuales son:

- **Sector Primario**: Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza

- **Sector Secundario**: Minería, Electricidad y agua, Construcción, Industrias manufactureras,
- **Sector Terciario**: Comercio, Transportes, correos y almacenamiento, Información en medios masivos, entre otros

Adicionalmente se tendrá el beneficio de proveer a la población de los elementos que permitan transitar con seguridad la carretera, sin embargo estos beneficios no se cuantifican en el presente estudio.

En términos económicos, el proyecto generará los siguientes beneficios cuantificados a partir del año 1, es decir el inicio de operación.

TABLA. Costos Generalizados de Viaje en el horizonte de evaluación.

| Horizonte | Sit. Optimizada | Sit. Con PPI | Ahorros |
|---|---|---|---|
| 1 | 297,393,034 | 269,040,404 | 28,352,629 |
| 2 | 309,359,055 | 276,078,412 | 33,280,643 |
| 3 | 321,823,348 | 287,190,319 | 34,633,029 |
| 4 | 334,782,862 | 298,757,201 | 36,025,662 |
| 5 | 348,269,646 | 310,784,555 | 37,485,090 |
| 6 | 362,288,282 | 323,290,726 | 38,997,556 |
| 7 | 376,873,036 | 336,318,061 | 40,554,975 |
| 8 | 392,048,147 | 349,862,967 | 42,185,180 |
| 9 | 407,819,137 | 363,944,306 | 43,874,831 |
| 10 | 424,241,790 | 378,595,455 | 45,646,335 |
| 11 | 441,326,392 | 393,838,359 | 47,488,033 |
| 12 | 459,095,753 | 409,698,480 | 49,397,272 |
| 13 | 477,578,707 | 426,181,220 | 51,397,487 |
| 14 | 496,799,352 | 443,345,474 | 53,453,878 |
| 15 | 516,810,289 | 461,180,593 | 55,629,696 |
| 16 | 537,621,194 | 479,751,340 | 57,869,854 |
| 17 | 559,286,540 | 499,068,028 | 60,218,512 |
| 18 | 581,785,612 | 519,155,637 | 62,629,975 |
| 19 | 605,204,248 | 540,069,637 | 65,134,611 |
| 20 | 629,579,904 | 561,819,841 | 67,760,063 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

Monto total de inversión (con IVA)

El monto de inversión requerido para poder llevar a cabo el proyecto de inversión es de $78,121,127.85 pesos.

**Tabla**. Monto de inversión total del Proyecto[2]

| Componentes | Unidad de medida | Cantidad | Precio Unitario | Monto sin IVA | Monto con IVA |
|---|---|---|---|---|---|
| TERRACERÍAS | M2 | 144,866.00 | 11.62 | 1,683,342.92 | 1,952,677.79 |
| OBRAS DE DRENAJE (CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE CONCRETO DE 7X2.4 y DESAZOLVE DE ALCANTARILLA Y CUNETAS) | M2 | 263.60 | 5,162.12 | 1,360,734.83 | 1,578,452.41 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 20+000 AL 20+030 | M2 | 539.70 | 7,084.71 | 3,823,617.99 | 4,435,396.86 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 34+200 AL 34+230 | M2 | 522.60 | 7,086.08 | 3,703,185.41 | 4,295,695.07 |
| PAVIMENTO (CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE 5 CM DE ESPESOR) | M2 | 144,866.00 | 378.01 | 54,760,796.66 | 63,522,524.13 |
| GUARNICIÓN DE CONCRETO SIMPLE F´c = 150 kg/cm² DE 15 X 20 X 40 CM. | M | 70.00 | 285.8226 | 20,007.58 | 23,208.80 |
| BANQUETA DE 10 CM. DE ESPESOR CON CONCRETO F´c = 150 kg/cm² | M | 105.00 | 370.48 | 38,900.40 | 45,124.46 |
| SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM Y MARCAS EN EL PAVIMENTO) | M | 103,570.00 | 12.39 | 1,283,232.30 | 1,488,549.47 |
| VIALETA REFLEJANTE AMARILLA DE 10 X 10 CM | PZA | 200.00 | 51.16 | 10,232.00 | 11,869.12 |
| SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO RESTRICTIVA, PREVENTIVA E INFORMATIVA) | PZA | 57.00 | 2,411.42 | 137,450.94 | 159,443.09 |
| DEFENSA METALICA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 | M | 309.00 | 1,696.76 | 524,298.84 | 608,186.65 |
| **TOTAL** | | | | 67,345,799.87 | 78,121,127.85 |

*FUENTE: Memoria de Calculo apartado de ahorros, Secretaria de Infraestructura*

Riesgos asociados al PPI

Los principales riesgos asociados al proyecto son: la disponibilidad de la totalidad de los recursos para la conclusión de la obra en el tiempo y forma previsto; la demanda social de obras adicionales al momento de la construcción, así como el retraso en la construcción debido a problemas técnicos, aumento en los costos de construcción y fenómenos inflacionarios.

Tabla. Descripción de riesgos y su mitigación

| Descripción | Impacto | Probabilidad de ocurrencia | Mitigación |
|---|---|---|---|
| Riesgo de obtención de la liberación del derecho de vía. | Bajo | Nula, ya se cuenta con la liberación del derecho de vía | • Pago de indemnizaciones<br>• Construcción de infraestructura básica. |
| Riesgo en cambios en el | Alto | Baja | • En un proyecto de |

| | | | |
|---|---|---|---|
| diseño del proyecto durante el proceso de construcción. | | | Rehabilitación<br>• Validación técnica.<br>• Validación del contratista |
| Riesgos de sobre costo en la construcción. | Alto | Medio | • Evaluar e integrar los costos por obra adicional (reservas, cambio de uso de suelo, bancos de materiales, programas de protección de flor y fauna) |
| Riesgos de atrasos en la construcción. | Medio | Media | • Desarrollar programas de obra con frentes y partidas alternas. |
| Riesgos legales (contractuales, normativa aplicable, cambios en la legislación). | Bajo | Baja | • Diseñar esquemas para obtención de fondos adicionales. |
| Riesgos por incrementos en costos de operación y mantenimiento. | Medio | Baja | • Diseñar esquemas para obtención de fondos adicionales. |
| Riesgo de conflicto social. | Alto | Alto | • Instalar u operar una red de gestión y promoción social que trabajará en contacto directo con la población.<br>• Gestión y promoción permanente de la demanda social. |

*FUENTE: Elaboración propia*

## Indicadores de Rentabilidad del PPI

| | |
|---|---|
| Valor Presente Neto (VPN) | 195.19 mdp |
| Tasa Interna de Retorno (TIR) | 28.67 % |
| Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) | 23.91 % |

## Conclusión

Conclusión del Análisis del PPI

Se recomienda la realización del estudio, ya que los indicadores de rentabilidad nos reflejan lo siguiente:

- El VPN es positivo, lo que indica que los beneficios derivados del proyecto serán mayores a los costos en que se incurren.
- La TIR resultante de **28.67 %** es favorable para el proyecto al ser mayor que la tasa social de descuento empleada, representando el costo de oportunidad.
- La TRI al ser de **23.91 %** desde el año uno se considera un momento óptimo para la ejecución del proyecto

Adicionalmente se recomienda el proyecto ya que permitirá proveer los

siguientes beneficios sociales:

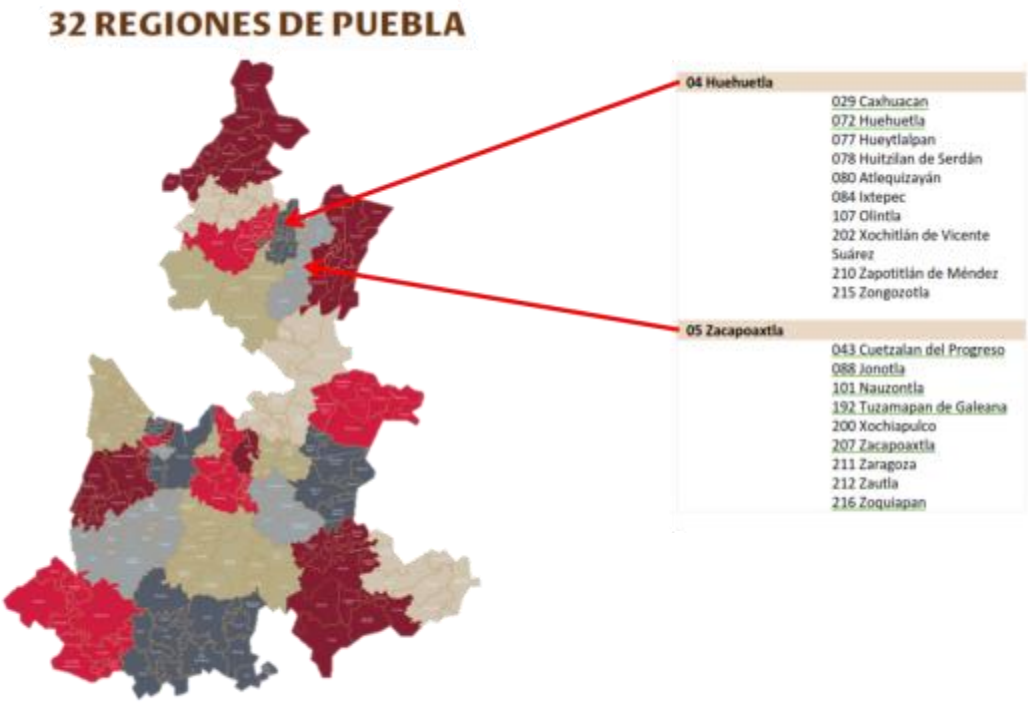
- Mejorar la oferta vial de los municipios conurbados de Zacapoaxtla, Nauzontla, Jonotla, Cuetzalan del Progreso, Tuzamapan de Galeana, Huehuetla, Caxhuacan y Zoquiapan, al proporcionar una vía con características operativas adecuadas
- Optimizar el nivel de servicio de la vía, a partir de la mejora en las características físicas y operativas de la Carretera Estatal y homologar la oferta existente.
- Permitirá eficientar la red carretera estatal, mejorando la movilidad en el flujo de tránsito de personas y mercancías.
- Propiciará el desarrollo económico de los municipios conurbados de Zacapoaxtla, Nauzontla, Jonotla, Cuetzalan del Progreso, Tuzamapan de Galeana, Huehuetla, Caxhuacan y Zoquiapan.

# II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

## A. Diagnóstico de la Situación Actual

La carretera Estatal 201 Acuado – Huehuetla fue puesta en servicio en el 2000 con una pavimentación de 80.5 kilómetros de longitud, que permite la comunicación norte-oriente del Estado de Puebla.

Esta distribución territorial está compuesta por 32 regiones, que de manera transversal privilegia la eficiencia económica con justicia social, igualdad de condiciones y oportunidades, así como una distribución equitativa de la riqueza, del conocimiento y del poder de decisión.




Fuente: https://stp.puebla.gob.mx/32-regiones-en-puebla

En estos municipios se emplean en alguna actividad económica lo que permite clasificarlos; de acuerdo a la capacidad de producción y eficiencia de dicha actividad se genera su economía.

Algunas actividades económicas de la zona en estudio son:

- **Sector Primario**: Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza
- **Sector Secundario**: Minería, Electricidad y agua, Construcción, Industrias manufactureras,

- **Sector Terciario**: Comercio, Transportes, correos y almacenamiento, Información en medios masivos, entre otros

Esta Carretera Alimentadora, representa una vía de comunicación estratégica ya que además de comunicar a la población de la zona, permite la comunicación de los usuarios de largo itinerario al representar una vía de enlace, beneficiando la conectividad de la región.

Es una zona montañosa en la que llueve todo el año, con distintas combinaciones de climas, que van desde el cálido húmedo hasta el frío; Atractivos naturales. Tiene varios afluentes como el río Apulco, afluente del Necaxa y el Martínez de la Torre o Nautla en Veracruz; Cuenta con paisajes boscosos con distintas especies de árboles y vastos pastizales; Los cerros que se pueden mencionar son el Colorado, Las Ventanillas, el Ozuma, el Toxcaitac, la Bandera y el Pinal; Su flora se compone de distintas especies arbóreas como pino, oyamel, laquidámbar, entre otros; Su fauna es silvestre, entre la que destacan armadillos, tuzas, liebres, mapaches, tlacuaches, ardillas y otras en peligro de extinción como el zorro.

En esta región se encuentran pueblos enclavados en las alturas de la sierra con sinuosas callejuelas empedradas y techumbres de dos aguas, siempre húmedos siempre verdes.

El desarrollo urbano sustentable tiene por objeto ordenar y regular los usos y destinos del suelo, establecer las bases para el mejoramiento, conservación y sustentabilidad de los centros de población; así como mejorar la calidad de vida de los habitantes. Para el logro de estos propósitos se requiere la elaboración de programas de desarrollo urbano que consideren integralmente diversos aspectos, tanto de planeación como de normatividad y gestión urbana que sirvan para definir el desarrollo urbano a nivel estatal, regional y municipal.

El trazo del camino se desarrolla en toda su extensión por una zona totalmente rural, por tal motivo al interior de la zona de estudio las actividades que se desarrollan, son principalmente agrícolas y de recolección, así como forestales y de comercio. Dichas zonas no son aprovechadas en su totalidad debido a la falta de una vía de comunicación que permita la incursión de vehículos que realicen la distribución de los productos que se generan, por lo que se ve afectada la economía de la población de la región, en ambos lados se encuentran campos de cultivos donde se obtiene: maíz de grano, cebada, durazno, entre otros que se siembran principalmente en modalidad de temporal.

## PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

El problemática que presenta la carretera: Rehabilitación de carretera Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco - Huehuetla), es la presencia de fallas en la estabilidad de los cortes del camino, en épocas de lluvias intensas se generan afectaciones en superficie de rodamiento al provocar baches, encharcamientos, agrietamientos y desprendimiento del mismo.

El sistema de drenaje se encuentra en mal estado y en algunos tramos no se cuenta, siendo que el agua se mantiene sobre la superficie, lo cual provoca afectaciones en la carpeta asfáltica e incrementa

el riesgo de accidentes, ya que los automovilistas no pueden ver los baches llenos de agua, estas condiciones climatológicas van deformando gravemente la estructura del pavimento, originando problemas de ondulaciones y debilitación de secciones estructurales de la calzada, acelerando el daño, lo cual se traduce en afectaciones en el alineamiento horizontal y vertical, así mismo, los usuarios que transitan por este camino incurran en altos costos generalizados de viaje y se aumente la probabilidad de ocurrencia de accidentes al realizar maniobras de rebase o esquiva miento de baches.

Al existir señalamiento en malas condiciones (deteriorado por el tiempo, despintado), el cual no es visible a larga distancia para los automovilistas, provoca los accidentes por alcances al no disminuir la velocidad al llegar al cambio de sección de dicha carretera alimentadora.

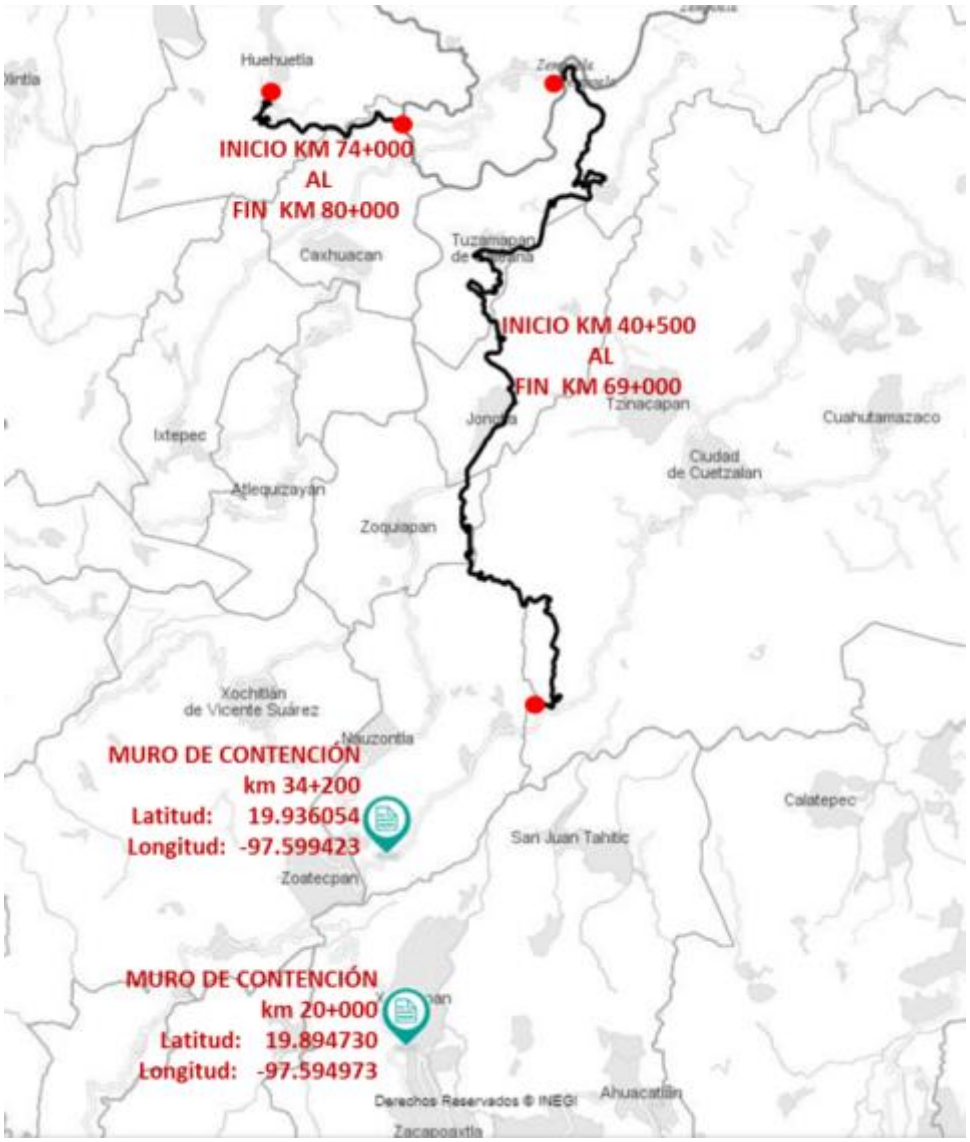
**PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA EN LOS MUROS DE CONTENCIÓN**; se consideran que a lo largo de 80.50 km que cubre la carretera Acuaco Huehuetla se localizaron en los cadenamiento 20+000 y 340+200; estos elementos constructivos cumplirán con la función de cerramiento, soportando por lo general los esfuerzos horizontales producidos por el empuje de tierras, las cuales son originadas por el reblandecimiento por caída de aguas, así como el arrastre de los materiales ocasionados por las mismas, produciendo hundimientos o desprendimientos de los hombros de los caminos.

Aunado a las condiciones de transitabilidad antes descritas se suma la problemática de la dificultad de transporte de víveres y personas de las poblaciones aledañas, así como el acceso a bienes y servicios básicos (salud, educación, etc.), lo cual afecta de manera importante la calidad de vida de los pobladores.

Por lo anterior, se identificó la siguiente problemática y necesidades a cubrir:

- Optimizar el nivel de servicio de la vía, a partir de la mejora en las características físicas y operativas de la Carretera.
- Contribuir en mejorar la oferta vial de los municipios conurbados.
- Como consecuencia de los puntos anteriores, se busca reducir los costos generalizados de viaje (CGV) actuales generados por los altos tiempos de recorrido (TR) y los costos de operación vehicular (COV) para la población que utiliza esta vía.
- Proveer de mayor seguridad a los usuarios que transitan la vialidad al proporcionar una vía con características operativas adecuadas

**Imagen.** Localización del proyecto




*FUENTE. Elaboración propia con información del Proyecto Ejecutivo e INEGI. LINK:*
*http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?s=ODcwMDIyMg==*

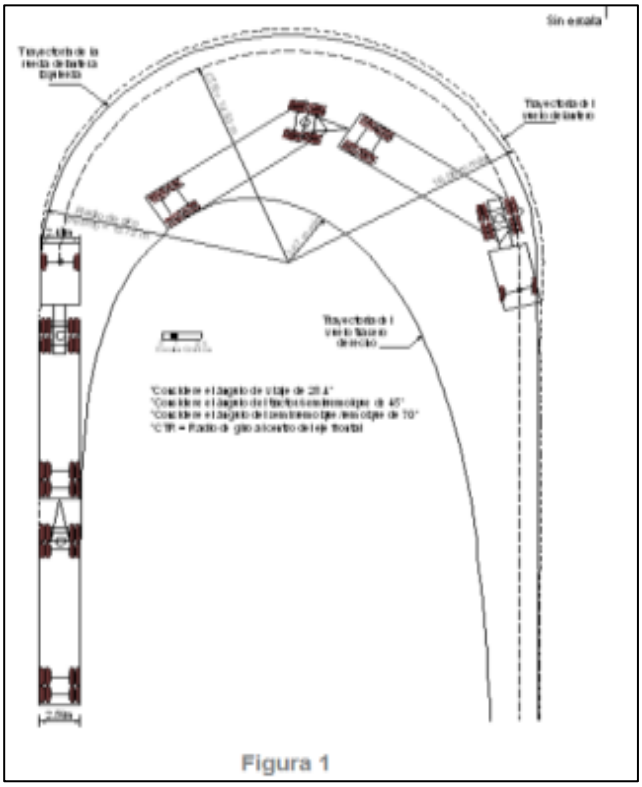
En el 2017 el Periódico Oficial da a conocer las carreteras de jurisdicción estatal, en el cual con clave 201 se ubica la carretera **ACUACO – HUEHETLA** un ancho de corona 6.6, y en 2018 el MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS[3] Publicado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) nos indica que la estimación y determinación del ancho de sección se considerando promedio considerando que en algunos tramos de la carretera incrementara derivado a las curvas con una holgura y/o pendiente variable a un tramo recto, el sobreancho en una curva es la diferencia entre el ancho del carril en dicha curva y en una recta, debido al mayor espacio que, si el radio es reducido, requiere un vehículo que circule por ella, derivado a los trabajos de conservación del 2017 a la actualidad el ancho ha ido incrementándose.

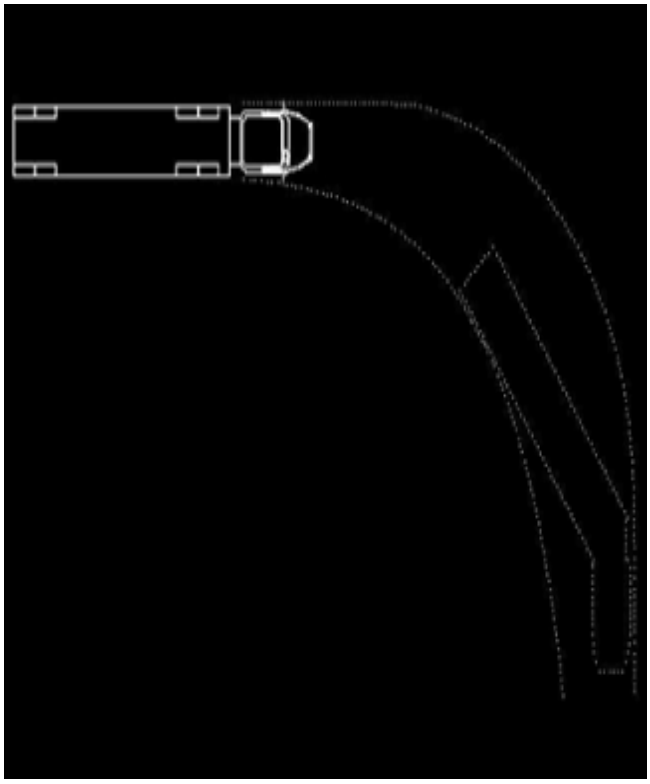
[3] MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018

Los vehículos al circular por las curvas del alineamiento horizontal requieren de un ancho mayor que cuando circulan sobre las tangentes; la ampliación necesaria en curva, varía conforme al tipo de vehículo de proyecto y sus dimensiones, así como, de la longitud del radio de la curva.[4]

Por lo anterior considerando que para este proyecto se considera un ancho de **7.1** promedio

**Imagen.** Localización del proyecto



*FUENTE. MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018*

Para la estimación y determinación del IRI considerando de **IRI (m/km), de 10** considerando que en la temporada de lluvias del 2020 se incrementó el deterioro de la superficie de rodamiento e erosión del muro de contención, a lo largo de los 34.5 km. se estimó para el cálculo de COV basado en el levantamiento realizado por inspección visual (**VER REPORTE FOTOGRÁFICO**), ya que no se realizó un estudio específico.

[4] http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC_2018_310718.pdf

## Reporte Fotográfico y Valoración del Índice Internacional Rugosidad (IRI)

| | |
|---|---|
| | |
| Imagen donde se muestra problemas de desgaste de la superficie de rodamiento, y en temporadas de lluvias originan desprendimiento de la misma km 40+800 | Imagen donde se muestra problemas de desgaste de la superficie de rodamiento, y en temporadas de lluvias originan desprendimiento de la misma. km 48+850 |
| | |
| Imagen donde se muestra problemas de desgaste de la superficie de rodamiento, y en temporadas de lluvias originan desprendimiento de la misma km 53+100 | Imagen donde se muestra el agrietamiento piel de cocodrilo de forma longitudinal así como el desprendimiento de la carpetas asfáltica km 65+450 |

| | |
|---|---|
| | |
| Imagen donde se muestra problemas de desgaste de la superficie de rodamiento, y en temporadas de lluvias originan desprendimiento de la misma. km 69+000 | Imagen donde se muestra problemas de desgaste de la superficie de rodamiento, y en temporadas de lluvias originan desprendimiento de la misma km 74+000 |
| | |
| Imagen donde se muestra problemas de desgaste de la superficie de rodamiento, y en temporadas de lluvias originan desprendimiento de la misma. km 75+350 | Imagen donde se muestra problemas de desgaste de la superficie de rodamiento, y en temporadas de lluvias originan desprendimiento de la misma km 76+200 |

| | |
|---|---|
| | |
| Imagen donde se muestra problemas de desgaste de la superficie de rodamiento, y en temporadas de lluvias originan desprendimiento de la misma. km 80+000 | |

## Reporte Fotográfico de muros de contención

| | |
|---|---|
| | |
| Imagen donde se muestra el desprendimiento del muro de del km 20+000 | Imagen donde se muestra el desprendimiento del muro de contención, provocando que un carril quede inhabilitado en el tramo del km 34+200 |
| | |
| Imagen donde se muestra el desprendimiento del muro de contención, provocando que un carril quede inhabilitado en el tramo del km 34+200 | |

*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura*

## B. Análisis de la oferta o infraestructura existente

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

En general la carpeta asfáltica se encuentra en malas condiciones encontrándose baches, desprendimiento de agregados, desprendimiento de sello, ondulaciones trasversales, protuberancias, asentamiento transversales y longitudinales, agrietamiento tipo piel de cocodrilo, agrietamiento parabólico, problemas de nivelación, obstrucción de alcantarillas, azolve de drenaje superficial, crecimiento de maleza a través de la carpeta asfáltica, el señalamiento horizontal y vertical en malas condiciones (señalamiento vertical se encuentra grafiteado, vencido y en algunos tramos no se cuenta con él, y el señalamiento horizontal ya no se distinguen las línea continua y descontinua, aunado a los problemas en los muros de contención los cuales presentas fallas criticas causando la inhabilitación de un carril de circulación.

En la siguiente tabla se puede observar las características de la carretera de la oferta.

Tabla. Características de la situación actual

| **Características** | Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 |
|---|---|---|
| Terreno | Montañoso | Montañoso |
| Cadenamiento | 40+500 al 69+000 | 74+000 al 80+000 |
| Longitud (m) | 28,500 | 6,000 |
| Ancho de carril (m) | 3.55 | 3.55 |
| Numero de sentidos | 2 | 2 |
| Carriles por sentido | 1 | 1 |
| Ancho de Sección (promedio) | 7.1 | 7.1 |
| Numero de acotamientos | n/a | n/a |
| Tipo pavimento | Asfaltico | Asfaltico |
| Índice Rugosidad Internacional (IRI) m/km | 10 | 10 |
| Nivel de Servicio | C | C |
| Guarniciones | Mal estado | Mal estado |
| Banquetas | Mal estado | Mal estado |
| Cunetas | Mal estado | Mal estado |
| Señalización Vertical | Mal estado | Mal estado |
| Señalización horizontal | Mal estado | Mal estado |
| Vialeta Reflejante | No | No |
| Defensa Metálica | Mal estado | Mal estado |

*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura*

## C. Análisis de la demanda actual

Para poder realizar el análisis de la demanda se consideraron los siguientes aspectos:

El Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) considera que uno de los factores para el estudio de la demanda, es el incremento en el consumo, para ello señala que la estimación puede hacerse por el incremento de la población o la estimación del Producto Interno Bruto (PIB). En este sentido, el presente proyecto se consideró una tasa de crecimiento del PIB para el Estado de Puebla, de acuerdo Ley de ingresos del estado de Puebla, la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, pronostica un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), con un rango entre 1.5 y 2.5, la cual se considera para este proyecto de 2.0%[5]

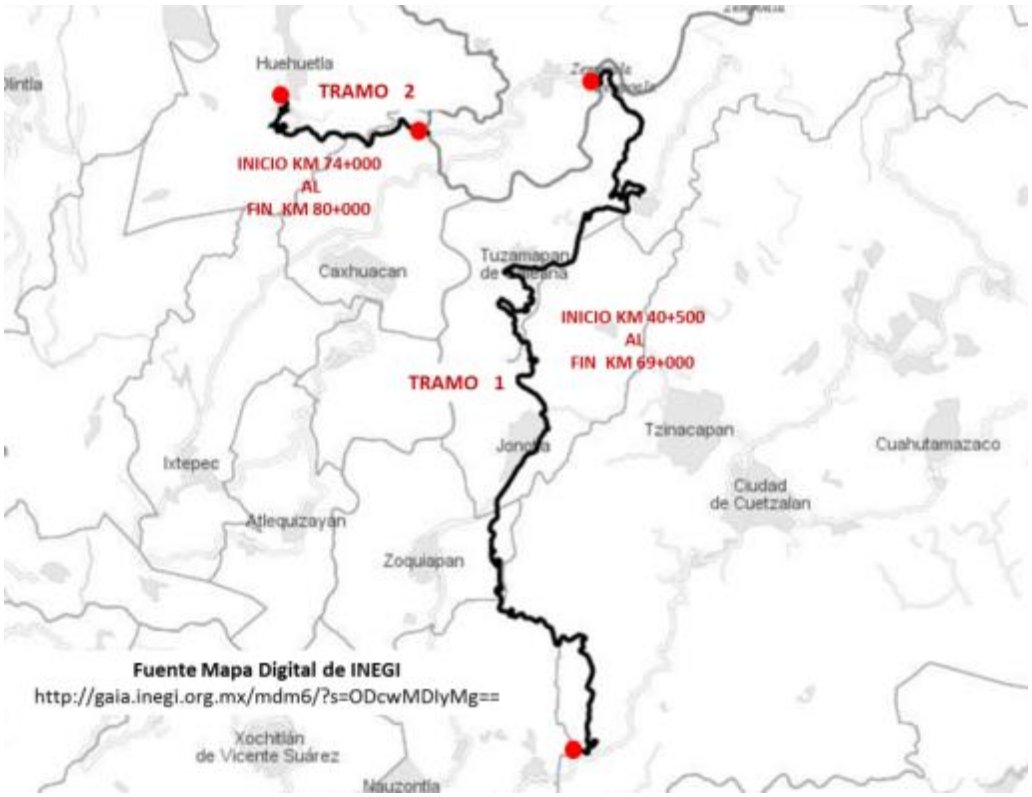
La demanda la constituye los vehículos que utilizan esta carretera para trasladarse desde un origen a un destino como enlace entre las localidades Equimita, Tenextepec, Jonotla, Tuzamapan de Galeana, Tetelilla de Islas, Huehuetla, Lipuntahuacan, Putaxcat, Caxhuacan, Cucuchuchut, Zoquiapan, Xalacapan y San Rafael Axolota, la cual esta constituye los vehículos que transitan por la carretera Acuaco - Huehuetla en su totalidad cuenta con una longitud de 80.50 kilómetros que les permite trasladarse de un origen a un destino comunicando a diversos municipios de la región, el cual en dos tramos presentan las siguientes características:

- Tramo 1: que inicia en el kilómetro 40+500 al kilómetro final de 69+000, con una longitud de 28.50 kilómetros, cuenta con 2 carriles, uno por sentido de 3.55 m de ancho, ubicándose en un terreno que se clasifica como montañoso, con un nivel de servicio “C” y con un IRI de 10.

- Tramos 2: que inicia en el kilómetro 74+000 al kilómetro 80+000, con una longitud de 6.00 kilómetros, cuenta con 2 carriles, uno por sentido de 3.55 m de ancho, ubicándose en un terreno que se clasifica como montañoso, con un nivel de servicio “C” y con un IRI de 10.
- .

Imagen. Red de influencia

[5] Ley de Ingresos del Estado de Puebla 2020




*Fuente: Elaboración propia con información del mapa digital de INEGI.*

Composición vehicular

Para la estimación de la demanda y a fin de conocer el volumen de tránsito que circula por la Carretera **Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco - Huehuetla)**, se consultó la publicación de la red estatal 2017 y se proyectó a 2020 utilizando el pronostica de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), la cual se considera para este proyecto de 2.0%[6], como se muestra a continuación:

| Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco - Huehuetla) | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1,482 | 1,512 | 1,542 | 1,573 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 688 | 702 | 716 | 730 |
| | **2,170** | **2,213** | **2,258** | **2,303** |

*FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo,* ***VER ANEXO A***

[6] Ley de Ingresos del Estado de Puebla 2020

Se llevó a cabo el aforo del tránsito vehicular de la carretera: Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco - Huehuetla), acción realizada con personal estratégicamente ubicado en cada punto considerado durante un lapso de tres días seguidos.

En la tabla siguiente se puede observar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) a lo largo de la carretera Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco - Huehuetla).

**Tabla.** Demanda del proyecto por estación, 2020

| | TRAMOS | LONGITUD (Km) | TPDA | TERRENO (p,l,m) | ESTADO FÍSICO (IRI) | COMPOSICIÓN (A,B,C) % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.- | Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 28.50 | 1,573 | M | 10 | 85.60% | 11.80% | 2.60% |
| | Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 6.00 | 730 | M | 10 | 85.60% | 11.80% | 2.60% |
| | **TOTAL** | **34.50** | **2,303** | | | | | |

*FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo.*

La composición del flujo vehicular es de importancia para el diseño de las obras físicas, con el objeto de determinar la composición vehicular y para estimar los costos generalizados de viaje pues estos varían según el tipo de vehículo, también es importante el conocimiento de la clasificación y la nomenclatura vehicular de los mismos utilizada en este estudio, que se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla.** Clasificación y nomenclatura vehicular

| Nomenclatura | Tipo de vehículo |
|---|---|
| A | Autos |
| B | Autobuses (B2 a B4) |
| C | Camiones tipo C2, C3, T2-S1, T2-S2, T3S2 Y T3S3 |

*FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes*

## TASA DE CRECIMIENTO

Para el cálculo de la tasa de crecimiento se considera lo establecido en la GUÍA GENERAL PARA LA PREPARACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS, publicados por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), indicado el apartado 2.3 inciso f) Proyección del aforo vehicularen el indica: *Debido a que los proyectos carreteros presentan beneficios crecientes en el tiempo, se deberá realizar una proyección a lo largo del tiempo del aforo vehicular o TDPA. La SCT generalmente dispone de tasas de crecimiento vehicular o bien, se puede hacer una estimación haciendo crecer el TDPA base, tomando como base las estimaciones del Producto Interno Bruto (PIB) nacional o estatales.* [7]

[7] https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/guia_proyectos_carreteros.pdf

Considerando lo indicado en párrafo anterior la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, pronostica un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), con un rango entre 1.5 y 2.5, la cual se considera para este proyecto de 2.0%[8]

| | |
|---|---|
| Tasas de interés | Aumento prolongado de la aversión al riesgo que deje al descubierto una continua acumulación de vulnerabilidades financieras tras varios años de tasas de interés bajas. |
| Inflación | Intensificación de presiones desinflacionarias que agraven las dificultades para el servicio de la deuda, restrinjan el margen de la política monetaria para contrarrestar las desaceleraciones y prolonguen más de lo normal los choques adversos. |

Fuente: Fondo Monetario Internacional, Perspectivas de la Economía Mundial.

Bajo este escenario global y al disiparse los diversos choques externos e internos que se han presentado en 2019, así como sus efectos negativos en la economía mexicana, de conformidad con los Criterios Generales de Política Económica para 2020 (CGPE 2020), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público pronostica un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) anual situado en un rango entre 1.5 y 2.5%.

Esa proyección está sustentada en el crecimiento anticipado para la producción industrial en los Estados Unidos y la expansión de la demanda externa de nuestro país, en particular lo que se refiere a la producción manufacturera, agropecuaria y a los servicios relacionados con el comercio exterior.

Asimismo, se estima que la demanda y el consumo interno apoyarán al repunte económico a través de la generación de empleos, de mayor inversión privada, la disponibilidad de crédito y una mayor inversión pública en infraestructura, así como el apoyo al capital productivo y consumo privado con la puesta en marcha del Programa "Acciones para Apoyar a la Economía", que contará con recursos por 485 mil millones de pesos.

El mejoramiento de las condiciones externas y la menor incertidumbre ante las políticas implementadas por el Gobierno Federal disiparán las presiones inflacionarias, de tal manera que se prevé que al cierre de 2020 la inflación anual se ubique 3.0%, cifra consistente con la anunciada por el Banco de México.

**Marco Macroeconómico 2020**

| Principales Variables | Estimado 2020 |
|---|---|
| Producto Interno Bruto (crecimiento % real, rango) | 1.5-2.5 |
| Inflación (Variación % INPC dic. /dic.) | 3.0 |
| Cuenta Corriente (% del PIB) | -1.8 |

*FUENTE: Elaboración propia con base en información de la Ley de Ingresos del Estado de Puebla.*

## D. Interacción de la oferta – demanda.

Para poder realizar el análisis de la interacción de la oferta y la demanda se consideraron los siguientes supuestos:

- Tasa social de descuento del 10%,[9]
- Horizonte de evaluación de 21 años (1 ejecución y 20 de vida útil).
- La tasa de crecimiento del TDPA de 2.00% anual.

Dependiendo de las características de oferta de la carretera, así como el flujo vehicular que por ella circula, la interacción entre la oferta y la demanda se ve representada a través de la velocidad de circulación, los tiempos de recorrido, reflejados en los costos generalizados de viaje en que incurren dichos vehículos.

[8] Ley de Ingresos del Estado de Puebla 2020
[9] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio_tasa_social_de_descuento.pdf

A continuación, se muestra el comportamiento de las variables de velocidad (km/hr), costos de operación vehicular (COV), costos de tiempo de recorrido (CTR) y los costos generalizados de viaje (CGV) diferenciados para cada uno de los tramos aforados, y proyectado en su conjunto a lo largo del horizonte de evaluación.

Velocidades de circulación

La velocidad de la Carretera Alimentadora Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco - Huehuetla) que considera dos tramos el primero del km 40+500 al 69+000 y el segundo tramo del km 74+000 al 80+000, está determinada por el mal estado físico actual de la superficie de rodamiento, a continuación, se muestran las velocidades promedio actuales para los tramos en estudio:

**Tabla.** Velocidades de Operación vehicular por Flujos de circulación, situación actual

| Velocidades | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 0 | 47.58 | 44.07 | 32.80 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 0 | 47.58 | 44.07 | 32.80 |
| PROMEDIO | | 47.58 | 44.07 | 32.80 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

Costos de Operación Vehicular

Los costos de operación vehicular (COV) consideran los costos de consumo de combustibles, de consumo de lubricantes, de consumo de llantas, de salario de tripulantes, de mantenimiento vehicular, de depreciación del vehículo, entre otros factores importantes. Los COV son medidos en pesos por kilómetro recorrido en un día en que incurren los usuarios en cada uno de los flujos de origen destino.

Los COV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

**Tabla.** Costos de Operación Vehicular (COV) por Flujos de circulación, situación actual

| | AÑO | A | B | C | TOTAL COV |
|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 0 | 118,077,673 | 54,681,662 | 11,703,894 | 184,463,229 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 0 | 11,538,563 | 5,333,789 | 1,144,691 | 18,017,042 |
| **TOTAL** | | **129,616,236** | **60,015,450** | **12,848,585** | **202,480,271** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

Costos Tiempo de Recorrido

Los costos por tiempo de recorrido (CTR) consideran los costos del TDPA de acuerdo a la velocidad de recorrido, considerando los parámetros del valor del tiempo del chofer y de los pasajeros, en cada uno de los flujos de origen destino.

Para determinar los CTR se consideraron los parámetros establecidos en la ingeniería de transito de las velocidades registradas en los días más representativos. Asimismo, se consideró el valor social del tiempo del año 2020 para viajes de trabajo y de placer establecido para el estado de Puebla publicado por el Instituto Mexicano del Transporte.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los parámetros considerados en el modelo relacionados con el tiempo.

Parámetros Considerados para el estado de Puebla.

| CONFIGURACIÓN VALOR DEL TIEMPO | | |
|---|---|---|
| Valor del tiempo viaje de trabajo | 60.00 | $/hr |
| Valor del tiempo viaje de placer | 36.00 | $/hr |
| % de viajeros por motivo de trabajo | 60% | |
| Número de pasajeros auto | 2.86 | pas/veh |
| Número de pasajeros autobús | 20.49 | pas/veh |
| Valor tiempo de la carga | 15.00 | $/hr/ton |
| Toneladas promedio | 19.37 | ton/veh |
| Tasa de Descuento | 10% | |

*Fuente: Boletín técnico 182 Instituto Mexicano del Transporte. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, para el estado de Puebla 2020 (https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=498&IdBoletin=182)*

Los CTR se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

**Tabla.** Costos Tiempo de Recorrido, situación actual

| CTR | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tramos | AÑO | A | B | C | Total CTR |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 0 | 42,448,678 | 45,245,761 | 3,768,659 | 91,463,098 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 0 | 4,148,089 | 4,413,387 | 368,591 | 8,930,067 |
| **TOTAL** | | **46,596,767** | **49,659,148** | **4,137,250** | **100,393,165** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

Costos Generalizados de Viaje

Los costos generalizados de viaje (CGV) se definen como el costo en el que incurren los usuarios del camino. Este incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo del tiempo de recorrido (CTR), u el COV en que se realizan dichos viajes (incluyendo: combustible, neumáticos, lubricantes, entre otros)

$$CGV_{i,j} = COV_{i,j} + CTR_{i,j}$$

Dónde:

- $i$ puede ser vehículo ligero (A), autobús (B) o camión unitario (CU)
- $j$ se refiere a cada tramo del camino rural o alimentador
- $CGV_{i,j}$ es el Costo Generalizado de Viaje calculado para el tipo de vehículo $i$ en el tramo $j$
- $COV_{i,j}$ es el Costo de Operación Vehicular o costo variable medio de utilizar un tipo de vehículo $i$ en el tramo $j$
- $CTR_{i,j}$ es el Costo por Tiempo de Recorrido de los pasajeros que viajan en el tipo de vehículo $i$ en el tramo $j$

*FUENTE: "Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores"*[10].

Los CGV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

**Tabla.** Costos Generalizados de Viaje, situación actual.

| CGV | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tramos | AÑO | A | B | C | TOTAL |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 0 | 160,526,351 | 99,927,423 | 15,472,553 | 275,926,327 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 0 | 15,686,652 | 9,747,176 | 1,513,282 | 26,947,110 |
| **TOTAL** | | **176,213,003** | **109,674,599** | **16,985,835** | **302,873,437** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

[10] ://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met_Caminos_Rurales_Parte1.pdf

# III. SITUACIÓN SIN EL PPI

Sin la ejecución del proyecto, tomando en cuenta el crecimiento del TPDA, para efectos de este análisis se considera la disminución de la Velocidad Promedio de Circulación directamente proporcional al aumento del Tránsito Diario Promedio Anual, la vialidad se volvería una vialidad insuficiente para el flujo vehicular, ocasionando a lo largo del periodo del horizonte de evaluación, los usuarios realicen su recorrido en un mayor tiempo.

Asimismo, no se podrá rescatar la red vial de la condición en que se encuentra, por lo que, de acuerdo al nivel de servicio, la carretera continuará sin ofrecer comodidad, seguridad y sobre todo eficaz para la demanda actual y futura del flujo vehicular, limitando el incremento de la competitividad de los sectores productivos, por lo que continuará:

- Elevados costos generalizados de viaje
- Prolongados tiempos de traslado
- Diminución en la velocidad de circulación.

## a) Optimizaciones

Para no atribuirle beneficios que no le corresponden al proyecto, se requiere determinar si existen alternativas de menor costo que permitan mejorar la situación actual de acuerdo a lo señalado en los lineamientos establecidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Las acciones de optimización son acciones administrativas, técnicas u operativas en caso de que no se lleve a cabo el proyecto de inversión. Los trabajos de la medida de optimización consideran trabajos de hasta el 10% del monto total de la inversión.[11]

En este sentido, las medidas que se proponen para la optimización de la situación actual, son: “rehabilitación de pavimento en tramos aislados a lo largo de los 34.50 km de la carretera, el mejoramiento de la señalización horizontal y de la señalización vertical”.

La inversión para la ejecución de las medidas de optimización, se muestra en la siguiente tabla.

[11] Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. DOF 30 de diciembre de 2013.

**Tabla**. Inversión en la medida de optimización (Cifras en pesos)

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Precio unitario | Monto (cifras en pesos) |
|---|---|---|---|---|
| BACHEO EMERGENTE CON CARPETA ASFÁLTICA CON ESPESOR DE 5 CM DE ESPESOR | M2 | 10,082.96 | 214.18 | 2,159,568.37 |
| REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO (CARPETA DE 5 CM, EN TRAMOS AISLADOS) | M2 | 9,613.83 | 399.33 | 3,839,090.73 |
| SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CENTRAL DE 10 CM DE ANCHO) | ML | 8,600.00 | 12.32 | 105,952.00 |
| DEFENSA METÁLICA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 | ML | 100.00 | 1,695.31 | 169,531.00 |
| | | | SUBTOTAL | 6,274,142.10 |
| | | | IVA | 1,003,862.74 |
| | | | TOTAL | 7,278,004.84 |

*FUENTE: Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla.*

b) **Análisis de la Oferta o infraestructura existente**

La oferta en la situación sin proyecto al igual que en la situación actual presenta las siguientes características físicas de las vialidades.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La oferta de la infraestructura vial actual, mejorará de forma marginal. Los trabajos considerados permitirán mejoras en la superficie de pavimento en las zonas donde se encuentre un daño mayor, es decir, agrietamiento tipo piel de cocodrilo y parabólico, así como los que presenten problemas de nivelación. Al ser zonas aisladas, la vida útil del pavimento se mejora marginalmente ya que los factores climatológicos y la acumulación de solidos a lo largo de la carretera influyen directamente en el deterioro del pavimento.

Por otra parte, las características de las carreteras continuaran con una calzada de 7.10 metros para alojar 2 carriles de circulación, un carril por sentido de 3.55 metros de ancho, del kilómetro 40+500 al km 69+000 del tramo 1 y del km 74+000 al 80+000 del tramo 2, manteniendo un nivel de servicio “C”. Contando con señalización vertical y horizontal en estado regular, defensa metálica y cunetas en mal estado.

En la siguiente tabla se puede observar las características de la carretera de la oferta.

**Tabla.** Características de la situación optimizada

| Características | Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 |
|---|---|---|
| Terreno | Montañoso | Montañoso |
| Cadenamiento | 40+500 al 69+000 | 74+000 al 80+000 |
| Longitud (m) | 28,500 | 6,000 |
| Ancho de carril (m) | 3.55 | 3.55 |
| Numero de sentidos | 2 | 2 |
| Carriles por sentido | 1 | 1 |
| Ancho de Sección (promedio) | 7.1 | 7.1 |

| | | |
|---|---|---|
| Numero de acotamientos | n/a | n/a |
| Tipo pavimento | Asfaltico | Asfaltico |
| Índice Rugosidad Internacional (IRI) m/km | 8 | 8 |
| Nivel de Servicio | C | C |
| Guarniciones | Mal estado | Mal estado |
| Banquetas | Mal estado | Mal estado |
| Cunetas | Mal estado | Mal estado |
| Señalización Vertical | Mal estado | Mal estado |
| Señalización horizontal | Regular Estado | Regular Estado |
| Vialeta Reflejante | No | No |
| Defensa Metálica | Regular Estado | Regular Estado |

*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura*

### c) Análisis de la demanda sin proyecto

Para el análisis de la demanda en la situación optimizada, se considera los aforos realizados en el periodo señalado. Asimismo, la tasa de crecimiento utilizada será la señalada de acuerdo a la tasa de crecimiento de la situación actual de 2.00%.

<u>Composición vehicular por flujo direccional</u>

En la tabla siguiente se puede observar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) que realizar el recorrido en los dos tramos de circulación identificados.

**Tabla.** Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) del año 0 (2020), situación sin proyecto.

| | TRAMOS | LONGITUD (Km) | TPDA | TERRENO (p,l,m) | ESTADO FÍSICO (IRI) | COMPOSICIÓN (A,B,C) % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.- | Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 28.50 | 1,573 | M | 8 | 85.60% | 11.80% | 2.60% |
| | Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 6.00 | 730 | M | 8 | 85.60% | 11.80% | 2.60% |
| | **TOTAL** | **34.50** | **2,303** | | | | | |

*FUENTE. Elaboración propia con base en el Proyecto Ejecutivo (Cifras redondeados sin decimales)*

En la situación optimizada, se estima que el comportamiento del TPDA a lo largo del horizonte de evaluación pasa de 2,303 vehículos promedio al año 20 de 3,422, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla.** TPDA a lo largo del horizonte de evaluación en la situación sin el proyecto

| Horizonte de Evaluación | A | B | C | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,971 | 272 | 60 | 2,303 |
| 1 | 2,011 | 277 | 61 | 2,349 |
| 2 | 2,051 | 283 | 62 | 2,396 |
| 3 | 2,092 | 288 | 64 | 2,444 |
| 4 | 2,134 | 294 | 65 | 2,493 |
| 5 | 2,176 | 300 | 66 | 2,542 |

| Horizonte de Evaluación | A | B | C | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 2,220 | 306 | 67 | 2,593 |
| 7 | 2,264 | 312 | 69 | 2,645 |
| 8 | 2,310 | 318 | 70 | 2,698 |
| 9 | 2,356 | 325 | 72 | 2,752 |
| 10 | 2,403 | 331 | 73 | 2,807 |
| 11 | 2,451 | 338 | 74 | 2,863 |
| 12 | 2,500 | 344 | 76 | 2,920 |
| 13 | 2,550 | 351 | 77 | 2,979 |
| 14 | 2,601 | 358 | 79 | 3,038 |
| 15 | 2,653 | 366 | 81 | 3,099 |
| 16 | 2,706 | 373 | 82 | 3,161 |
| 17 | 2,760 | 380 | 84 | 3,224 |
| 18 | 2,815 | 388 | 86 | 3,289 |
| 19 | 2,872 | 396 | 87 | 3,355 |
| 20 | 2,929 | 404 | 89 | 3,422 |

*FUENTE. Elaboración propia con base en el Proyecto Ejecutivo (Cifras redondeados sin decimales)*

### d) Interacción de la Oferta - Demanda

Para poder realizar el análisis de la interacción de la oferta y la demanda se consideraron los siguientes supuestos:

- Tasa social de descuento del 10%,[12]
- Horizonte de evaluación de 21 años (1 ejecución y 20 de vida útil).
- La tasa de crecimiento del TDPA de 2.00% anual.

A continuación, se muestra el comportamiento de las variables de velocidad (km/hr), costos de operación vehicular (COV), costos de tiempo de recorrido (CTR) y los costos generalizados de viaje (CGV) diferenciados para cada uno de los tramos aforados, y proyectado en su conjunto a lo largo del horizonte de evaluación.

<u>Velocidades de circulación</u>

En la siguiente tabla se observa el comportamiento de las velocidades, resultado de la puesta en marcha de la medida de optimización. Con ella se tendrán incrementos marginales de las velocidades, sin embargo, dado el deterioro de la carpeta asfáltico, los incrementos son en el corto plazo.

**Tabla.** Velocidades de Operación vehicular por Flujos de circulación, situación sin proyecto

| Sit. Optimizada | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 0 | 49.48 | 45.82 | 34.01 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 0 | 49.48 | 45.82 | 34.01 |
| PROMEDIO | | **49.48** | **45.82** | **34.01** |

*FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo las cuales se presentan en función del año 0 (cifras año 0).*

[12] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio_tasa_social_de_descuento.pdf

**Tabla.** Velocidades de Operación vehicular promedio a lo largo del horizonte de evaluación

| AÑO | A | B | C |
|---|---|---|---|
| 0 | 49.48 | 45.82 | 34.01 |
| 1 | 48.51 | 44.92 | 33.34 |
| 2 | 47.56 | 44.04 | 32.69 |
| 3 | 46.63 | 43.18 | 32.05 |
| 4 | 45.72 | 42.33 | 31.42 |
| 5 | 44.82 | 41.50 | 30.80 |
| 6 | 43.94 | 40.69 | 30.20 |
| 7 | 43.08 | 39.89 | 29.61 |
| 8 | 42.24 | 39.11 | 29.03 |
| 9 | 41.41 | 38.34 | 28.46 |
| 10 | 40.60 | 37.59 | 27.90 |
| 11 | 39.80 | 36.85 | 27.35 |
| 12 | 39.02 | 36.13 | 26.81 |
| 13 | 38.25 | 35.42 | 26.28 |
| 14 | 37.50 | 34.73 | 25.76 |
| 15 | 36.76 | 34.05 | 25.25 |
| 16 | 36.04 | 33.38 | 24.75 |
| 17 | 35.33 | 32.73 | 24.26 |
| 18 | 34.64 | 32.09 | 23.78 |
| 19 | 33.96 | 31.46 | 23.31 |
| 20 | 33.29 | 30.84 | 22.85 |

*FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo*

Costos de Operación Vehicular

Con la medida de optimización los costos de operación vehicular (COV) disminuirán, lo anterior derivado a la disminución del desgaste del vehículo, del consumo de combustibles, de consumo de lubricantes, de menor desgaste de llantas, de mantenimiento vehicular, y de depreciación del vehicular, entre otros factores importantes.

En la siguiente tabla se muestran los COV, medidos en pesos por kilómetro recorrido en un día en que incurren los usuarios en cada uno de los flujos de origen destino, resultado de la puesta en marcha de la medida de optimización.

**Tabla.** Costos de Operación Vehicular por Flujos de circulación, situación sin proyecto

| Sit. Optimizada | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C | Total |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 0 | 108,412,953 | 52,808,738 | 11,257,181 | 172,478,871 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 0 | 10,594,125 | 5,151,099 | 1,101,001 | 16,846,225 |
| TOTAL | | **119,007,078** | **57,959,837** | **12,358,181** | **189,325,095** |

*FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo las cuales se presentan en función del año 0 (cifras año 0).*

**Tabla.** Costos de Operación Vehicular a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

| AÑOS | Sit. Optimizada | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL |
| 0 | 119,007,078 | 57,959,837 | 12,358,181 | 189,325,095 |

| AÑOS | Sit. Optimizada | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL |
| 1 | 123,814,964 | 60,301,414 | 12,857,452 | 196,973,829 |
| 2 | 128,817,088 | 62,737,591 | 13,376,893 | 204,931,572 |
| 3 | 134,021,298 | 65,272,190 | 13,917,319 | 213,210,807 |
| 4 | 139,435,759 | 67,909,186 | 14,479,579 | 221,824,524 |
| 5 | 145,068,964 | 70,652,717 | 15,064,554 | 230,786,235 |
| 6 | 150,929,750 | 73,507,087 | 15,673,162 | 240,109,999 |
| 7 | 157,027,312 | 76,476,773 | 16,306,358 | 249,810,443 |
| 8 | 163,371,215 | 79,566,435 | 16,965,135 | 259,902,785 |
| 9 | 169,971,412 | 82,780,919 | 17,650,526 | 270,402,857 |
| 10 | 176,838,257 | 86,125,268 | 18,363,607 | 281,327,132 |
| 11 | 183,982,523 | 89,604,729 | 19,105,497 | 292,692,749 |
| 12 | 191,415,417 | 93,224,760 | 19,877,359 | 304,517,536 |
| 13 | 199,148,599 | 96,991,040 | 20,680,404 | 316,820,044 |
| 14 | 207,194,203 | 100,909,478 | 21,515,893 | 329,619,574 |
| 15 | 215,564,849 | 104,986,221 | 22,385,135 | 342,936,205 |
| 16 | 224,273,668 | 109,227,665 | 23,289,494 | 356,790,827 |
| 17 | 233,334,325 | 113,640,462 | 24,230,390 | 371,205,177 |
| 18 | 242,761,031 | 118,231,537 | 25,209,297 | 386,201,866 |
| 19 | 252,568,577 | 123,008,091 | 26,227,753 | 401,804,421 |
| 20 | 262,772,348 | 127,977,618 | 27,287,354 | 418,037,320 |

*FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

Costos Tiempo de Recorrido

Los usuarios experimentarán en el corto plazo un aumento marginal en los tiempos de recorrido con la medida de optimización. Los ahorros (CTR) consideran los costos del TPDA de acuerdo a la velocidad de recorrido, considerando los parámetros del valor del tiempo del chofer y de los pasajeros, en cada uno de los flujos de origen destino.

En la siguiente tabla se muestran los CTR, resultado de la puesta en marcha de la medida de optimización.

**Tabla**. Costos por Tiempo de Recorrido por Flujos de circulación, situación sin proyecto

| Sit. Optimizada | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C | Total |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 0 | 40,818,676 | 43,517,693 | 3,634,578 | 87,970,948 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 0 | 3,988,805 | 4,244,827 | 355,477 | 8,589,109 |
| **TOTAL** | | **44,807,481** | **47,762,520** | **3,990,056** | **96,560,057** |

*FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo las cuales se presentan en función del año 0 (cifras año 0)*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales).*

**Tabla.** Costos por Tiempo de Recorrido a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

| | Sit. Optimizada | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL |
| 0 | 44,807,481 | 47,762,520 | 3,990,056 | 96,560,057 |
| 1 | 46,598,303 | 49,671,745 | 4,149,156 | 100,419,204 |
| 2 | 48,458,907 | 51,653,657 | 4,314,919 | 104,427,483 |
| 3 | 50,402,246 | 53,722,671 | 4,487,623 | 108,612,540 |
| 4 | 52,420,978 | 55,869,804 | 4,667,556 | 112,958,338 |
| 5 | 54,517,351 | 58,111,046 | 4,855,015 | 117,483,411 |
| 6 | 56,693,588 | 60,436,057 | 5,048,638 | 122,178,283 |
| 7 | 58,965,532 | 62,846,852 | 5,250,209 | 127,062,593 |
| 8 | 61,323,318 | 65,362,007 | 5,460,037 | 132,145,363 |
| 9 | 63,769,167 | 67,968,674 | 5,678,439 | 137,416,280 |
| 10 | 66,321,498 | 70,687,421 | 5,905,738 | 142,914,658 |
| 11 | 68,968,053 | 73,523,322 | 6,142,269 | 148,633,644 |
| 12 | 71,729,238 | 76,460,609 | 6,388,370 | 154,578,217 |
| 13 | 74,590,946 | 79,523,329 | 6,644,389 | 160,758,663 |
| 14 | 77,575,770 | 82,693,331 | 6,910,677 | 167,179,778 |
| 15 | 80,689,290 | 85,997,201 | 7,187,594 | 173,874,085 |
| 16 | 83,914,192 | 89,440,673 | 7,475,501 | 180,830,366 |
| 17 | 87,276,893 | 93,029,704 | 7,774,766 | 188,081,364 |
| 18 | 90,757,463 | 96,740,527 | 8,085,756 | 195,583,746 |
| 19 | 94,385,109 | 100,605,874 | 8,408,843 | 203,399,826 |
| 20 | 98,166,138 | 104,632,052 | 8,744,394 | 211,542,584 |

*FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

Costos Generalizados de Viaje

En la siguiente tabla se muestran los ahorros que experimentaran los usuarios medidos por los costos generalizados de viaje. Se observan los totales de ahorros para los diferentes flujos.

**Tabla**. Costos Generalizados de Viaje por Flujos de circulación, situación sin proyecto

| | | Sit. Optimizada | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C | Total |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 0 | 149,231,629 | 96,326,431 | 14,891,759 | 260,449,818 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 0 | 14,582,930 | 9,395,926 | 1,456,478 | 25,435,334 |
| **TOTAL** | | **163,814,559** | **105,722,356** | **16,348,237** | **285,885,152** |

*FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo las cuales se presentan en función del año 0 (cifras año 0)*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales).*

En la siguiente tabla se muestra la interacción de la Oferta-Demanda, estimando el TPDA, los Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación:

**Tabla.** Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

| | Sit. Optimizada | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL |
| 0 | 163,814,559 | 105,722,356 | 16,348,237 | 285,885,152 |
| 1 | 170,413,267 | 109,973,159 | 17,006,607 | 297,393,034 |
| 2 | 177,275,995 | 114,391,248 | 17,691,812 | 309,359,055 |

| | Sit. Optimizada | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL |
| 3 | 184,423,545 | 118,994,861 | 18,404,943 | 321,823,348 |
| 4 | 191,856,737 | 123,778,990 | 19,147,135 | 334,782,862 |
| 5 | 199,586,314 | 128,763,763 | 19,919,569 | 348,269,646 |
| 6 | 207,623,338 | 133,943,144 | 20,721,800 | 362,288,282 |
| 7 | 215,992,844 | 139,323,625 | 21,556,567 | 376,873,036 |
| 8 | 224,694,533 | 144,928,442 | 22,425,172 | 392,048,147 |
| 9 | 233,740,579 | 150,749,593 | 23,328,965 | 407,819,137 |
| 10 | 243,159,755 | 156,812,689 | 24,269,346 | 424,241,790 |
| 11 | 252,950,576 | 163,128,051 | 25,247,766 | 441,326,392 |
| 12 | 263,144,655 | 169,685,369 | 26,265,729 | 459,095,753 |
| 13 | 273,739,545 | 176,514,369 | 27,324,793 | 477,578,707 |
| 14 | 284,769,973 | 183,602,809 | 28,426,570 | 496,799,352 |
| 15 | 296,254,139 | 190,983,422 | 29,572,728 | 516,810,289 |
| 16 | 308,187,860 | 198,668,338 | 30,764,995 | 537,621,194 |
| 17 | 320,611,218 | 206,670,167 | 32,005,156 | 559,286,540 |
| 18 | 333,518,494 | 214,972,064 | 33,295,054 | 581,785,612 |
| 19 | 346,953,686 | 223,613,966 | 34,636,596 | 605,204,248 |
| 20 | 360,938,486 | 232,609,670 | 36,031,749 | 629,579,904 |

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

## e) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para la "REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200", las autoridades del Gobierno Estatal han analizado diversas alternativas de solución para su implementación. Dichas alternativas consideran aspectos económicos, técnicos y operativos fundamentalmente.

En este sentido, con el fin de contribuir a solucionar la problemática señalada y disminuir los costos de operación, la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla, identificó dos **ALTERNATIVAS TÉCNICAS** para la rehabilitación; la primera alternativa con superficie de pavimento asfáltico y la segunda alternativa con pavimento hidráulico.

Cabe señalar que ambas alternativas de solución son viables técnica y económicamente, y se describen a continuación.

***Alternativa 1:***
REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200, con concreto asfaltico en caliente.

*-Descripción de la alternativa-*

Considerando los trabajos de Infraestructura funcional total en los 34.50 km (km 40+500 al km 69+000 y del km 74+00 al km 80+000); construcción de losa de concreto de 7x2.4 y desazolve de alcantarilla y cunetas en 263.60 m2, construcción de muro de contención en el kilómetro 20+000 de concreto hidráulico de f'c 250 kg/cm2 en 539.70 m3, construcción de muro de contención en el kilómetro 34+200 de concreto hidráulico de f'c 250 kg/cm2 en 522.60 m3, reconstrucción de pavimento con carpeta asfáltico de 5 cm de espesor en 144,866.00 m2, construcción de guarnición de concreto simple f´c = 150 kg/cm² de 15 x 20 x 40 cm. en 70.00 m, construcción de banqueta de 10 cm. de espesor con concreto f´c = 150 kg/cm² en 105.00 m, pintado de señalamiento horizontal (pintura de raya continua y discontinua de 12 cm) en 103,570.00 m, colocación de vialeta reflejante amarilla de 10 x 10 cm en 200 pzas, colocación de señalamiento vertical (restrictiva, preventiva e informativa) en 57 pzas y colocación de defensa metálica de lámina galvanizada tipo aasthom-180 en 309.00 pzas.

*-Monto de inversión-*
El monto de inversión considerado para la alternativa es de $78,121,127.85 (setenta y ocho millones ciento veintiuno mil ciento veintisiete pesos 00/100 M.N.) pesos IVA incluido.

En la siguiente tabla se señalan los costos de inversión, de la alternativa 1.

TABLA. Monto de Inversión, Alternativa 1 (Pesos 2020).

| Componentes | Unidad de medida | Cantidad | Precio Unitario | Monto sin IVA | Monto con IVA |
|---|---|---|---|---|---|
| TERRACERÍAS | M2 | 144,866.00 | 11.62 | 1,683,342.92 | 1,952,677.79 |
| OBRAS DE DRENAJE (CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE CONCRETO DE 7X2.4 y DESAZOLVE DE ALCANTARILLA Y CUNETAS) | M2 | 263.60 | 5,162.12 | 1,360,734.83 | 1,578,452.41 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 20+000 AL 20+030 | M2 | 539.70 | 7,084.71 | 3,823,617.99 | 4,435,396.86 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 34+200 AL 34+230 | M2 | 522.60 | 7,086.08 | 3,703,185.41 | 4,295,695.07 |
| PAVIMENTO (CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE 5 CM DE ESPESOR) | M2 | 144,866.00 | 378.01 | 54,760,796.66 | 63,522,524.13 |
| GUARNICIÓN DE CONCRETO SIMPLE F´c = 150 kg/cm² DE 15 X 20 X 40 CM. | M | 70.00 | 285.8226 | 20,007.58 | 23,208.80 |
| BANQUETA DE 10 CM. DE ESPESOR CON CONCRETO F´c = 150 kg/cm² | M | 105.00 | 370.48 | 38,900.40 | 45,124.46 |
| SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM Y MARCAS EN EL PAVIMENTO) | M | 103,570.00 | 12.39 | 1,283,232.30 | 1,488,549.47 |
| VIALETA REFLEJANTE AMARILLA DE 10 X 10 CM | PZA | 200.00 | 51.16 | 10,232.00 | 11,869.12 |
| SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO RESTRICTIVA, PREVENTIVA E INFORMATIVA) | PZA | 57.00 | 2,411.42 | 137,450.94 | 159,443.09 |
| DEFENSA METALICA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 | M | 309.00 | 1,696.76 | 524,298.84 | 608,186.65 |
| **TOTAL** | | | | 67,345,799.87 | 78,121,127.85 |

*FUENTE: Componentes proporcionados del Proyecto ejecutivo otorgado por la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla.*[13]

*-Costos por molestias-*

Los cálculos de los costos por molestia son aquellos que se generan durante la ejecución de la obra, siendo el resultando de la diferencia del costo generalizado de viaje durante la ejecución incluyendo los efectos de la congestión, menos el costo generalizado de viaje de la situación con proyecto para el mismo periodo de construcción, multiplicado por el número de vehículos que transitan en el tramo.

En este contexto, el proyecto considera costos por molestias, es decir, costos generalizados de viaje (CGV's) adicionales que experimenta el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión.[14] Los costos son percibidos por los usuarios, en el TDPA, por disminución de velocidades de recorrido, aumento en los tiempos de traslado, lo cual se refleja en mayores costos de operación y de tiempo de recorrido.

Finalmente, los costos en que incurre el TDPA en el momento de la inversión se registra como la diferencia de los CGV's entre la situación actual y situación optimizada, es decir, los costos adicionales

[13] Costos integrados al Catálogo de Conceptos del Estado de Puebla, así como cada uno de los componentes está soportado por el Proyecto Ejecutivo El Gobierno del Estado tiene conocimiento de sujetarse a paramétricos de la SHCP

[14] CEPE Apuntes sobre Evaluación social de proyectos. (2008) Costos por Molestias, pag 13) .https://www.cepep.gob.mx/.

en que incurre el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión, como se muestra a continuación.

TABLA. COSTOS POR MOLESTIAS DE LA ALTERNATIVA 1:

| Costos | Monto (mdp) |
|---|---|
| Costos por molestias | 41.36 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

*-Costos de Mantenimiento-*

Los costos consideraros para el proyecto de inversión contemplan los trabajos de: mantenimiento Rutinario; mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello); y mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta). En la siguiente tabla se muestra los costos unitarios por kilómetro para un carril, así como el monto anual estimado en función de la periodicidad del mantenimiento.

Los costos de mantenimientos considerados para esta alternativa son los siguientes:

TABLA. Monto de Mantenimiento, Alternativa 1 (Pesos 2020).

| Concepto[15] | Sin IVA | Periodicidad | $/km/carril | Mant. Total |
|---|---|---|---|---|
| Mantenimiento Rutinario | 34,282 | Anual | $/km/carril | 2,365,478.01 |
| Mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello) | 119,988 | c / 4 años | $/km/carril | 8,279,172.00 |
| Mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta) | 589,655 | c / 8 años | $/km/carril | 40,686,216.39 |

*Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla*[16]

*-Flujo de costos-*

Para estimar los indicadores de eficiencia de la alternativa de construcción con pavimento asfáltico, se consideró una vida útil de 20 años, así como los montos de inversión y mantenimiento señalados anteriormente.

Para expresar los costos futuros en valor presente, se aplicó una tasa social de descuento del 10%.

En la siguiente tabla se muestra los flujos del proyecto de la alternativa 1.

[15] El costo de mantenimiento es lo que se destina a la conservación de la vía con el fin de mantenerla en niveles óptimos de operación, así como su periodicidad indicada en la "Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores". https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met_Caminos_Rurales_Parte1.pdf

TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 1. (Pesos 2020).

| Alternativa 1 (PROYECTO) ASFALTICO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Horizonte | Inversión (sin iva) | costo por molestia | Costos de Mantenimiento | Flujo | VAN |
| 0 | **67.35** | **41.36** | | 108.71 | |
| 1 | | | 2.37 | 2.37 | 110.86 |
| 2 | | | 2.37 | 2.37 | 112.81 |
| 3 | | | 2.37 | 2.37 | 114.59 |
| 4 | | | 8.28 | 8.28 | 120.24 |
| 5 | | | 2.37 | 2.37 | 121.71 |
| 6 | | | 2.37 | 2.37 | 123.05 |
| 7 | | | 2.37 | 2.37 | 124.26 |
| 8 | | | 40.69 | 40.69 | 143.24 |
| 9 | | | 2.37 | 2.37 | 144.24 |
| 10 | | | 2.37 | 2.37 | 145.16 |
| 11 | | | 2.37 | 2.37 | 145.99 |
| 12 | | | 8.28 | 8.28 | 148.62 |
| 13 | | | 2.37 | 2.37 | 149.31 |
| 14 | | | 2.37 | 2.37 | 149.93 |
| 15 | | | 2.37 | 2.37 | 150.50 |
| 16 | | | 40.69 | 40.69 | 159.35 |
| 17 | | | 2.37 | 2.37 | 159.82 |
| 18 | | | 2.37 | 2.37 | 160.25 |
| 19 | | | 2.37 | 2.37 | 160.63 |
| 20 | | | 8.28 | 8.28 | 161.86 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

*-Indicador del CAE-*

A partir del flujo que se presenta en la tabla anterior, se estimaron los indicadores de eficiencia del proyecto, consistentes en el Valor Actual de los Costos (VAC) y en el Costo Anual Equivalente (CAE), aplicando la tasa de descuento del 10%. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente.

TABLA. Indicadores de eficiencia correspondientes a la Alternativa 1.

| Indicador | Valor (mdp 2020) |
|---|---|
| Valor Actual de los Costos (VAC) | 161.86 |
| Costo Anual Equivalente (CAE) | 19.01 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

***Alternativa 2:***

REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200, con concreto Hidráulico

*-Descripción de la alternativa-*

Los trabajos contemplan Infraestructura funcional total en los 34.50 km (km 40+500 al km 69+000 y del km 74+00 al km 80+000); construcción de losa de concreto de 7x2.4 y desazolve de alcantarilla y cunetas en 263.60 m2,, Muro de contención en el kilómetro 20+000 al 20+030 (concreto hidráulico de f'c 250 kg/cm2) en 539.70 m3, Muro de contención en el kilómetro 34+200 al 34+230(concreto hidráulico de f'c 250 kg/cm2) en 522.60 m3, Pavimento (concreto hidráulico de 20 cm de espesor) en 144,866.00 m2, Guarnición de concreto simple f´c = 150 kg/cm² de 15 x 20 x 40 cm, en 70.00 m, Banqueta de 10 cm. De espesor con concreto f´c = 150 kg/cm², en 105.00 m, Señalamiento horizontal (pintura de raya continua y discontinua de 12 cm y marcas en el pavimento) en 103,570.00 m, Vialeta reflejante amarilla de 10 x 10 cm, en 200 pzas, Señalamiento vertical (señalamiento restrictiva, preventiva e informativa) en 57 pzas y Defensa metálica de lámina galvanizada tipo aasthom-180, en 309 pzas.

*-Monto de inversión-*

El monto de inversión considerado para la alternativa es de $ 106,681,912.08 pesos (cientos seis millones seiscientos ochenta y un mil novecientos doce pesos 08/100 M.N.) pesos IVA incluido.

En la siguiente tabla se señalan los costos de inversión, de mantenimiento a la vialidad.

TABLA. Monto de Inversión, Alternativa 2 (Pesos 2020).

| Conceptos | Unidad | Cantidad | PU | Monto Sin IVA | Monto con IVA |
|---|---|---|---|---|---|
| TERRACERÍAS | M2 | 144,866.00 | 11.62 | 1,683,342.92 | 1,952,677.79 |
| OBRAS DE DRENAJE (CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE CONCRETO DE 7X2.4 y DESAZOLVE DE ALCANTARILLA Y CUNETAS) | M2 | 263.60 | 5,162.12 | 1,360,734.83 | 1,578,452.41 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 20+000 AL 20+030 (CONCRETO HIDRÁULICO DE F'c 250 KG/CM2) | M3 | 539.70 | 7,084.71 | 3,823,617.99 | 4,435,396.86 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 34+200 AL 34+230(CONCRETO HIDRÁULICO DE F'c 250 KG/CM2) | M3 | 522.60 | 7,086.08 | 3,703,185.41 | 4,295,695.07 |
| PAVIMENTO (CARPETA DE CONCRETO HIDRÁULICO DE 20 CM DE ESPESOR) | M2 | 144,866.00 | 378.01 | 54,760,796.66 | 63,522,524.13 |
| GUARNICIÓN DE CONCRETO SIMPLE F´c = 150 kg/cm² DE 15 X 20 X 40 CM. | M | 70.00 | 285.8226 | 20,007.58 | 23,208.80 |
| BANQUETA DE 10 CM. DE ESPESOR CON CONCRETO F´c = | M | 105.00 | 370.48 | 38,900.40 | 45,124.46 |

| Conceptos | Unidad | Cantidad | PU | Monto Sin IVA | Monto con IVA |
|---|---|---|---|---|---|
| 150 kg/cm² | | | | | |
| SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM Y MARCAS EN EL PAVIMENTO) | M | 103,570.00 | 12.39 | 1,283,232.30 | 1,488,549.47 |
| VIALETA REFLEJANTE AMARILLA DE 10 X 10 CM | PZA | 200.00 | 51.16 | 10,232.00 | 11,869.12 |
| SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO RESTRICTIVA, PREVENTIVA E INFORMATIVA) | PZA | 57.00 | 2,411.42 | 137,450.94 | 159,443.09 |
| DEFENSA METÁLICA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 | M | 309.00 | 1,696.76 | 524,298.84 | 608,186.65 |
| | | | **TOTAL** | **91,967,165.59** | **106,681,912.08** |

*FUENTE: Componentes paramétricos proporcionados por la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla.*[17]

*-Costos por molestias-*

Los cálculos de los costos por molestia son aquellos que se generan durante la ejecución de la obra, siendo el resultando de la diferencia del costo generalizado de viaje durante la ejecución incluyendo los efectos de la congestión, menos el costo generalizado de viaje de la situación con proyecto para el mismo periodo de construcción, multiplicado por el número de vehículos que transitan en el tramo.

En este contexto, el proyecto considera costos por molestias, es decir, costos generalizados de viaje (CGV's) adicionales que experimenta el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión.[18] Los costos son percibidos por los usuarios, en el TDPA, por disminución de velocidades de recorrido, aumento en los tiempos de traslado, lo cual se refleja en mayores costos de operación y de tiempo de recorrido.

Finalmente, los costos en que incurre el TDPA en el momento de la inversión se registra como la diferencia de los CGV's entre la situación actual y situación optimizada, es decir, los costos adicionales en que incurre el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión, como se muestra a continuación.

TABLA. COSTOS POR MOLESTIAS DE LA ALTERNATIVA 2:

| Costos | Monto (mdp) |
|---|---|
| Costos por molestias | 41.36 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

*-Costos de Mantenimiento-*

[17] Costos integrados al Catálogo de Conceptos del Estado de Puebla, así como cada uno de los componentes está soportado por el Proyecto Ejecutivo El Gobierno del Estado tiene conocimiento de sujetarse a paramétricos a dicho catálogo.

- [18] CEPE Apuntes sobre Evaluación social de proyectos. (2008) Costos por Molestias, pag 13) .https://www.cepep.gob.mx/.

Los costos consideraros para el proyecto de inversión contemplan los trabajos de: conservación normal; reparación mayor; y reconstrucción parcial. En la siguiente tabla se muestra los costos unitarios por kilómetro para un carril, así como el monto anual estimado en función de la periodicidad del mantenimiento.

Los costos de mantenimientos considerados para esta alternativa son los siguientes:

TABLA. Monto de Mantenimiento, Alternativa 2 (Pesos 2020).

| | | | |
|---|---|---|---|
| Distancia (km) | 34.50 km | | |
| Tipo de pavimento | HIDRÁULICO | | |
| | **Monto** | | **periodicidad** |
| Conservación normal | 98,694 $/km/carril | 6,809,868.06 | anual |
| Reconstrucción Parcial | 401,928 $/km/carril | 27,733,032.00 | c 10 /años |

*Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla*

*-Flujo de costos-*

Para estimar los indicadores de eficiencia de la alternativa de construcción con pavimento hidráulico, se consideró una vida útil de 30 años, así como los montos de inversión y mantenimiento señalados anteriormente.

Para expresar los costos futuros en valor presente, se aplicó una tasa social de descuento del 10%.

En la siguiente tabla se muestra los flujos del proyecto de la alternativa 2.

TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 2. (Pesos 2020).

| Horizonte | inversión | costo por molestia | Costos de Mantenimiento | Flujo | VAN |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | **91.97** | **41.36** | | 133.33 | |
| 1 | | | 6.81 | 6.81 | 139.52 |
| 2 | | | 6.81 | 6.81 | 145.15 |
| 3 | | | 6.81 | 6.81 | 150.26 |
| 4 | | | 6.81 | 6.81 | 154.91 |
| 5 | | | 6.81 | 6.81 | 159.14 |
| 6 | | | 6.81 | 6.81 | 162.99 |
| 7 | | | 6.81 | 6.81 | 166.48 |
| 8 | | | 6.81 | 6.81 | 169.66 |
| 9 | | | 6.81 | 6.81 | 172.54 |
| 10 | | | 27.73 | 27.73 | 183.24 |
| 11 | | | 6.81 | 6.81 | 185.62 |
| 12 | | | 6.81 | 6.81 | 187.79 |
| 13 | | | 6.81 | 6.81 | 189.77 |
| 14 | | | 6.81 | 6.81 | 191.56 |
| 15 | | | 6.81 | 6.81 | 193.19 |
| 16 | | | 6.81 | 6.81 | 194.67 |

| Horizonte | inversión | costo por molestia | Costos de Mantenimiento | Flujo | VAN |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | | | 6.81 | 6.81 | 196.02 |
| 18 | | | 6.81 | 6.81 | 197.24 |
| 19 | | | 6.81 | 6.81 | 198.36 |
| 20 | | | 27.73 | 27.73 | 202.48 |
| 21 | | | 6.81 | 6.81 | 203.40 |
| 22 | | | 6.81 | 6.81 | 204.24 |
| 23 | | | 6.81 | 6.81 | 205.00 |
| 24 | | | 6.81 | 6.81 | 205.69 |
| 25 | | | 6.81 | 6.81 | 206.32 |
| 26 | | | 6.81 | 6.81 | 206.89 |
| 27 | | | 6.81 | 6.81 | 207.41 |
| 28 | | | 6.81 | 6.81 | 207.88 |
| 29 | | | 6.81 | 6.81 | 208.31 |
| 30 | | | 27.73 | 27.73 | 209.90 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

*-Indicador del CAE-*

A partir del flujo que se presenta en la tabla anterior, se estimaron los indicadores de eficiencia del proyecto, consistentes en el Valor Actual de los Costos (VAC) y en el Costo Anual Equivalente (CAE), aplicando la tasa de descuento del 10%. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente.

TABLA. Indicadores de eficiencia correspondientes a la Alternativa 2.

| Indicador | Valor (mdp 2020) |
|---|---|
| Valor Actual de los Costos (VAC) | 209.90 |
| Costo Anual Equivalente (CAE) | 22.27 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

***Alternativa seleccionada***

A partir del cálculo de indicadores de eficiencia que se presenta en el apartado anterior, se puede concluir que resulta más conveniente Reconstrucción de la Carretera: “Rehabilitación de Carretera Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco - Huehuetla, con una longitud de 34.50 Kilómetros, con concreto asfáltico” considerando que se lleva a cabo la construcción de la alternativa 1, según se muestra en la tabla siguiente.

TABLA. Ahorros estimados al implementarse la alternativa de obra más eficiente.

| Indicador | Alternativa | | Ahorro al seleccionar la Alternativa 1 |
|---|---|---|---|
| | Alternativa 1 (PROYECTO) ASFALTICO | Alternativa 2 (ALTERNATIVA) HIDRÁULICO | |
| Valor Actual de los Costos (VAC) | 161.86 | 209.90 | 48.04 |
| Costo Anual Equivalente (CAE) | 19.01 | 22.27 | 3.25 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

Con base en las anteriores consideraciones, se elige la alternativa 1 en virtud de que se obtiene el mismo resultado (beneficios) a un menor costo, menor tiempo de realización y mayores ventajas| operativas como las que se señalan a continuación.

TABLA. Comparativa entre las alternativas.

| ALTERNATIVA 1 (PAVIMENTOS ASFÁLTICOS) | ALTERNATIVA 2 (CONCRETO HIDRÁULICO) |
|---|---|
| Menor Costo de inversión: 78.12 mdp | Mayor Costo de inversión: 106.68 mdp |
| Menor gasto de conservación en superficie de rodamiento (carpeta asfáltica). | Mayor gasto conservación en superficie de rodamiento (concreto hidráulico). |
| Soluciona la problemática, a un bajo costo. | Soluciona la problemática con un costo mayor |
| Es factible financiera y socialmente. | No es factible financieramente y presenta un alto costo de inversión |
| Soluciona la problemática, a un bajo costo. | Soluciona la problemática con un costo mayor |
| Corte de la superficie de rodamiento (0.15 m) escarificado | Corte de la superficie de rodamiento a nivel de subrasante (0.25 m) |
| Calendario de ejecución: 4 meses | Calendario de ejecución: 4 meses |
| Estos pavimentos no tienen una durabilidad como los de concreto | Costo inicial (construcción), para uso en carreteras de tráfico medio y pesado, es normalmente igual o menor al de los flexibles |
| Requieren plantas de asfalto y equipo especializado | Facilidad de construcción. Pueden ser ejecutados con equipos convencionales |

*FUENTE: Elaboración propia*

# IV. SITUACIÓN CON EL PROYECTO DE INVERSIÓN

De acuerdo a los Lineamientos[19] el presente proyecto de inversión e encuentra catalogado en el tipos de programas y proyectos de inversión de "Proyectos de infraestructura económica", al tratar inversión física de construcción de activos en los sectores de comunicaciones.

Tabla. Tipo de Proyecto

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

## A. Descripción General

El proyecto de "REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200, EN LAS LOCALIDADES DE EQUIMITA, TENEXTEPEC, JONOTLA, TUZAMAPAN DE GALEANA, TETELILLA DE ISLAS, HUEHUETLA, LIPUNTAHUACAN, PUTAXCAT, CAXHUACAN, CUCUCHUCHUT, ZOQUIAPAN, XALACAPAN Y SAN RAFAEL AXOLOTA, EN LOS MUNICIPIOS DE ZACAPOAXTLA, NAUZONTLA, JONOTLA, CUETZALAN DEL PROGRESO, TUZAMAPAN DE GALEANA, HUEHUETLA, CAXHUACAN Y ZOQUIAPAN EN EL ESTADO DE PUEBLA)" consiste en la implementación del proyecto, se contará con una reconstrucción de 34.50 km con calzada de 7.10 metros para alojar 2 carriles de circulación, un carril por sentido de 3.55 metros de ancho cada uno.

A continuación, se describen los trabajos que se realizaran para contar con los componentes del presente proyecto de inversión.

**TERRACERÍAS:**

Se considera la cantidad de **144,866.00** m2, para los trabajos de terracería en la que se contempla una sección de 7.10 mts; del 20+000-20+030 y del km 34+200-34+230 se consideró para la zona de los muros de contención y del km 51+000 al 63+000, del 74+000 al 74+100, del 74+100 al 80+000 con una cantidad de 142,426.00 m2 y se consideran 2,440.00 m2 con un ancho variado para bacheo en tramos

[19] Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Diario Oficial de la Federación 30 de diciembre de 2013.

aislados del km 40+500 al 51+000 y del km 65+000 al 69+000, una vez llevado a cabo el escarificado se procederá a acamellonar el material, posteriormente se realizara el corte, el material de proyecto de la nueva estructura se recomienda efectuar con el empleo del equipo de construcción o similar siempre y cuando cumpla con el rendimiento necesario para la obra, se deberá cajear el material de la capa existente en un espesor de 90 cm. a partir del nivel de la superficie de rodamiento actual, el material de corte se retirara en un banco de tiro .

**OBRAS DE DRENAJE**

Se considera la cantidad de **263.60 m2**; en desazolve de alcantarilla y cunetas en tramos aislados, donde se presente azolve, vegetación, basura o fragmentos de roca **245.12 m2**, y en el kilometraje 53+500 se reconstruirá una losa de concreto de f´c=250kg/cm$^2$ de **18.48 m$^2$** con las dimensiones de 7.00 m de largo por 2.40 m y su guarnición de 2.40 m de largo por 0.35 m considerando 2 lados, la cual tiene como propósito conducir y desalojar agua de los caminos producto del escurrimiento de la lluvia lo más rápido posible, esta losa estará alojada a nivel de base, sin que afecte la estructura del pavimento debido al arrastre del material solido de las laderas producto de las lluvias sobre la superficie de rodamiento.

**Imagen.** Desazolve de Cunetas

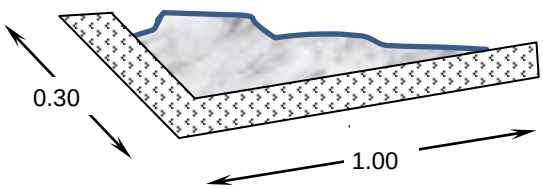
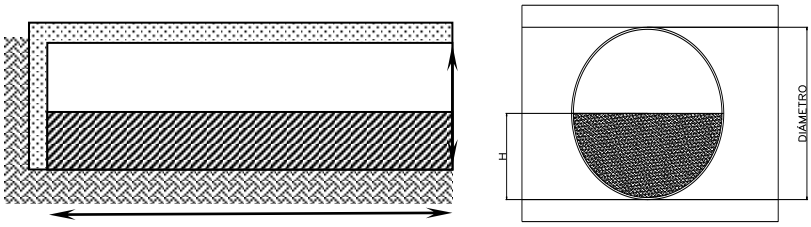
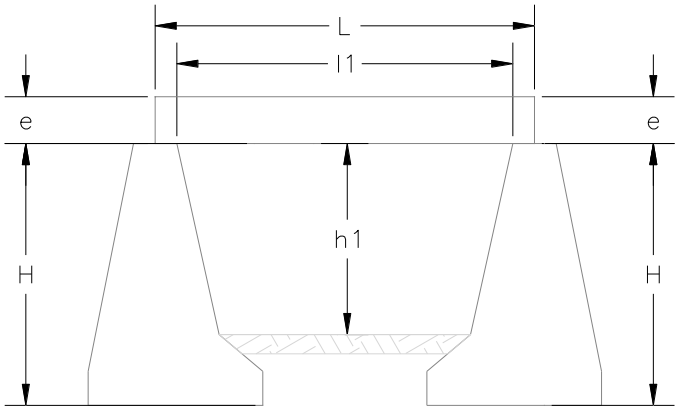



**Imagen.** Desazolve de Alcantarilla




*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.*

**Imagen.** Detalle de la alcantarilla.




*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.*

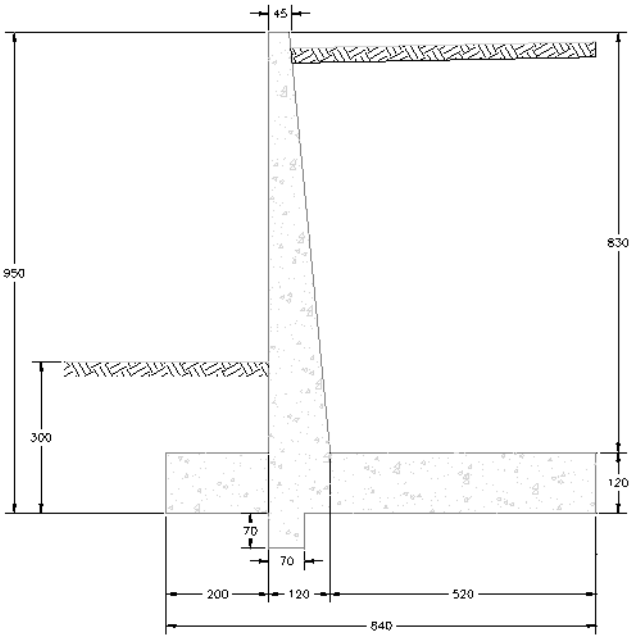
**Beneficios infraestructura. -** Evita la permeabilidad hacia la estructura del pavimento es decir que el agua no dañe el interior y no se hagan baches en el camino. La cuneta conduce a todas las aguas pluviales sin que afecte la estructura del pavimento evitando así que se acumule el agua en el camino.

**Beneficios de naturales**. - Las cunetas son los elementos de drenaje que se ubican en los costados de la carretera y tienen por objeto facilitar la salida del agua que pueda estar presente en la plataforma y taludes. La cuneta debe conducir el agua hacia puntos de desfogue o alcantarillas. Las aguas evacuadas transversalmente deben ser conducidas hacia las cunetas laterales, las mismas que, dependiendo de la pendiente, pueden ser revestidas. El agua que circula a través de las cunetas es, finalmente, llevada a cauces existentes, los que atraviesan la carretera mediante alcantarillas.

**MUROS DE CONTENCIÓN (concreto hidráulico d f´c 250 kg/cm$^2$)**

Se construirán **539.70 m2** de Muro de contención (concreto) ubicado en el kilómetro 20+000, para su consideración estima lo siguiente muro sección rectangular de 3.52 x 3.0 mts; muro sección triangular 3.30 x 30 mts; zapata de 10.68 x 30 y dentellón de 0.49 x 30, así como para poder drenar los escurrimientos propios del lugar.

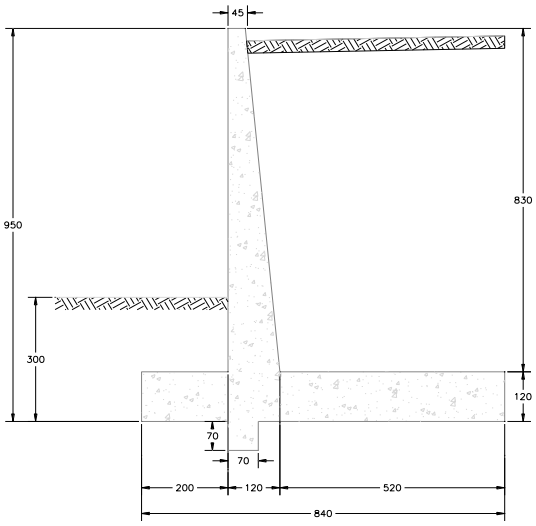
**Imagen.** Muros de Contención en el kilómetro 20+000.




*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.*

Se construirán **522.60 m$^3$** de Muro de contención (concreto) ubicado en el kilómetro 34+200, para su consideración estima lo siguiente muro sección rectangular de 3.74 x 3.0 mts; muro sección triangular 3.11 x 30 mts; zapata de 10.08 x 30 y dentellón de 0.49 x 30, así como para poder drenar los escurrimientos propios del lugar.

**Imagen.** Muros de Contención en el kilómetro 34+200.




*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.*

**Beneficios infraestructura. -** La importancia de la construcción de esta obra hidráulica es la de recolectar las obras de descargas pluvial y sanitaria con la finalidad que permita el vertido de las aguas recolectadas.

**RECONSTRUCCIÓN DE CARPETA CON CONCRETO ASFÁLTICO (PAVIMENTOS)**

A lo largo de la carretera se realizaran **144,866.00 m2** de pavimento con carpeta asfáltico de 5 cm de espesor, en tramos aislados los cuales son los siguientes; del km 20+000 al 20+030 y del 34+200-34+230 se consideró para la zona de los muros de contención considerando un ancho de 7.1 metros (**426 m2**) y del km 51+000 al 63+000, del 74+000 al 74+100, del 74+100 al 80+000, con un ancho de 7.1 metros con una cantidad de **142,000** m2 y se consideran **2,440.00** m2 para bacheo en tramos aislados con un ancho variado en los kms 40+500 al 51+000 y del km 65+000 al 69+000

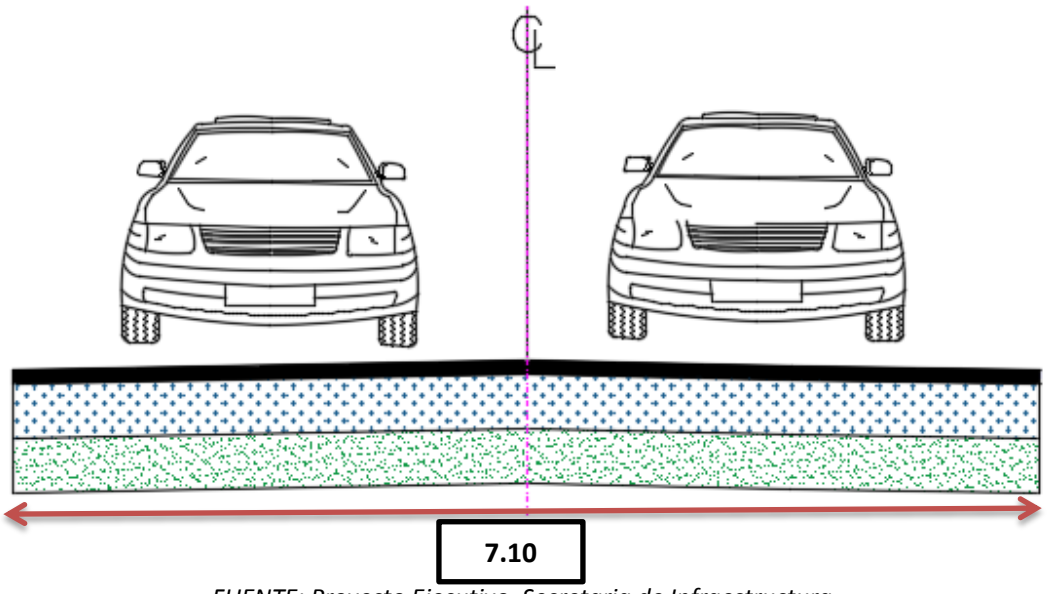
Se construirá la capa de Base Hidráulica, con material producto de banco, con un espesor compacto de 20.0 cm. uniforme y compactación como mínimo del 100% de su P.V.S. Max., posteriormente estando exenta de partículas extrañas (barrida), se aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica para impregnar de tipo ECI–60 a razón de 1.4 a 1.7 lt/m², en función de la textura del pavimento. Para proteger el riego de impregnación se recomienda, una vez fraguado el riego de emulsión asfáltica aplicar un poreo con arena cribada por la malla No. 8 a razón de 4 a 6 lt/m2.

Sobre la base, impregnada y libre de material suelto (barrida), se procederá a aplicar el riego de liga para la carpeta, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido del tipo ECR-65 a razón de 0.5 a 0.7

lt/m². Una vez alcanzado el rompimiento de la emulsión asfáltica del riego de liga, se procederá al tendido de la carpeta de concreto asfáltico, con mezcla elaborada en planta estacionaria en caliente, utilizando agregado pétreo a tamaño máximo de ¾", debiendo tener un espesor compacto de 5.0 cm. al 95% como mínimo de su Peso Volumétrico Máximo Marshall.

Cabe resaltar que para alcanzar los parámetros de calidad de la carpeta asfáltica, se debe cuidar que el equipo que se utilice en todo el proceso, se encuentre en buenas condiciones de operación, además de que sea el adecuado para cada etapa, principalmente en lo que respecta a la compactación de la mezcla, donde será necesario contar con un rodillo metálico liso tipo tándem con peso de 4.0 a 6.0 ton, para estar en condiciones de iniciar la compactación entre los 100° y 110°c.

**Imagen.** Pavimentos, Corte Transversal.




*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.*

**Beneficios infraestructura**. - Subsanar las deficiencias de la carpeta asfáltica, así como baches y piel de cocodrilo.

**Beneficio para el TDPA.-** Se tendrán ahorros en los costos de operación vehicular, además de ahorros en los tiempos de traslado y con una superficie de rodamiento que tenga un IRI de 4.

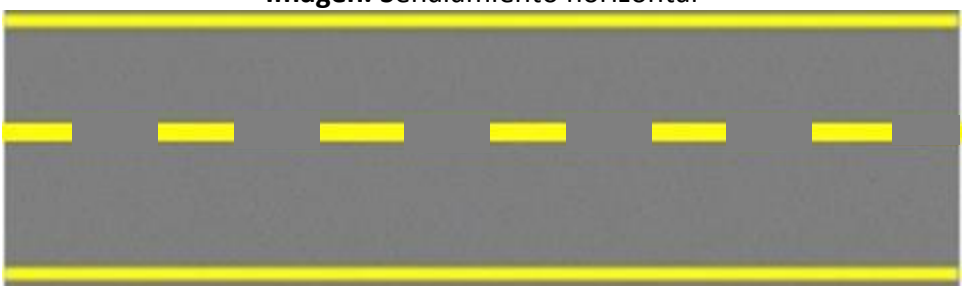
**Beneficios de Sociales. -** Se contará de una vía de comunicación en buen estado que permita el acceso a servicios básicos, dando seguridad de traslado a los usuarios.

**SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)**

A lo largo de la superficie de pavimento se tendrá **103,570** m de pintura de raya continua y discontinua con un acho de la línea de 12 centímetros, comprenden del km 40+500 al 69+000 y del 74+000 al 80+000 considerando las tres líneas dos laterales y central y 70 mts de pintura en zona de muros de contención.

Es importante resaltar que los trabajos de reconstrucción deberán realizarse por alas, para no interrumpir totalmente la operación del camino, exigiendo a la ejecutora la instalación de un adecuado y suficiente señalamiento diurno y nocturno, para evitar percances de tránsito durante todo el tiempo que dure la reconstrucción.

**Imagen.** Señalamiento horizontal



*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.*

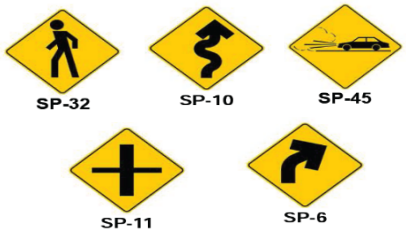
**Beneficios infraestructura. -** delimitar los carriles, delimitar el hombro del camino, contar con señalamiento direccional de circulación en los EC con la Autopista y el EC carretera.

**SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑAL PREVENTIVA, RESTRICTIVA, E INFORMATIVA)**

Colocación de 57 piezas de Señalamiento vertical entre los km 40+500 al 69+000 y del 74+000 al 80+000:

- 10 piezas de Señal preventiva de la SP-6 a SP-23 de 0.71 x 0.71 m.
- 5 piezas de Señal preventiva de la SP-26 a SP-40 de 0.71 x 0.71 m.
- 20 piezas de Señal restrictiva SR-8 a SR 33 de 0.71 x 0.71 m.
- 5 piezas de señal informativa de identificación SII-14 de 0.30 x 1.20 m.
- 5 piezas de señal informativa de identificación SII-15 de 0.30 x 0.76 m.
- 12 piezas de señal informativa de destino SID-8 de 0.40 x 1.47 m.

**Imagen.** Señalamiento Vertical

| Preventivo | Restrictivo | Informativo |
|---|---|---|
|   | | |

*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.*

**Beneficios infraestructura. -** Se usarán para informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido; podrán ser señales bajas, diagramáticas y elevadas. Su aplicación es primordial en las intersecciones en donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado.

Se emplearán en forma secuencial de manera que permitan a los conductores preparar con la debida anticipación su maniobra en la intersección, ejecutarla en el lugar debido y confirmar la correcta selección del destino.

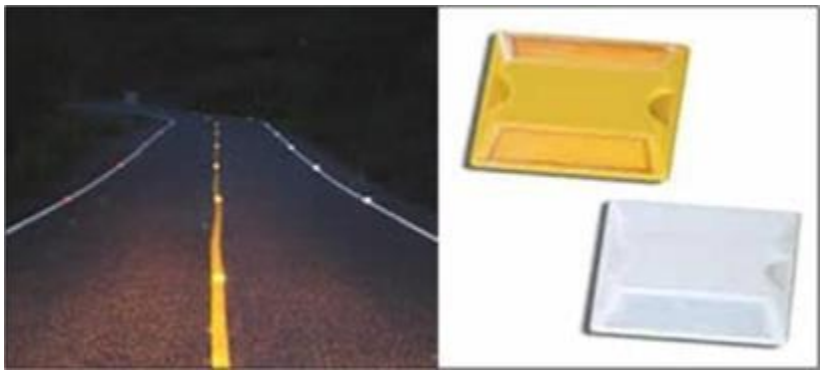
**VIALETA REFLEJANTE AMARILLA Y/O BLANCA DOS CARAS, CUERPO AMARILLO DE 10X10CM INCLUYE PEGAMENTO EPÓXICO)**

Las vialetas son dispositivos que tienen elemento retro reflejantes, dispuestos de tal forma que al incidir en ellos la luz proveniente de los faros de los vehículos se refleje a los ojos del conductor en forma de un haz luminoso, se colocan sobre la superficie de rodamiento o sobre estructuras, con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas.

Estas se colocarán en toda la vialidad en las zonas laterales y central, debido a que esta vialidad se encuentra en camino muy sinuoso y con frecuentes bancos de niebla, así como en zonas estratégicas para orientar a los usuarios de esta vialidad.

Colocación en tramos aislados entre los km 40+500 al 69+000 y del 74+000 al 80+000 de **200 piezas** de vialeta reflejante amarilla y/o blanca en dos caras, cuerpo amarillo de 10 x 10 cm, incluye pegamento epóxico: reflector de plástico acrílico rellenado con un compuesto altamente adherente. Tiene dos caras en forma de prisma reflectivas, cuerpo amarillo de 10x10cm incluye pegamento epóxico.

**Imagen.** Señalamiento horizontal



*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.*

**Beneficios infraestructura**. - Funciona como delimitadora de carriles y como limitante de la cinta asfáltica.

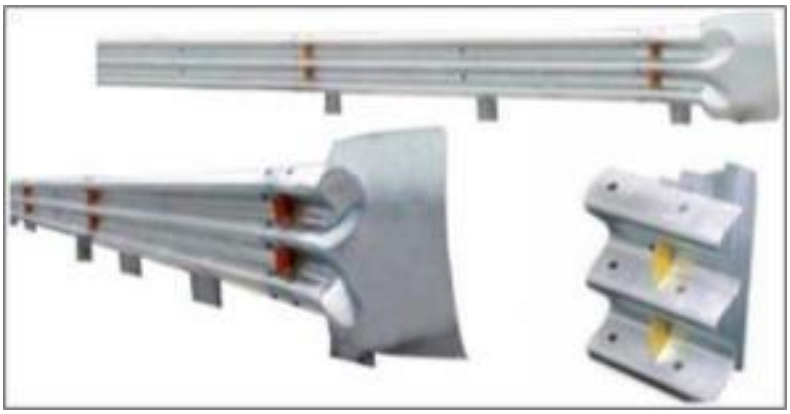
**DEFENSA METÁLICA DE LÁMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 INCLUYENDO ACCESORIOS DE 3 CRESTAS**

Las defensas son dispositivos de seguridad que se instalan en uno o ambos lados de una carretera, en los lugares donde exista peligro, ya sea por el alineamiento del camino, altura de los terraplenes, alcantarillas, otras estructuras o por accidentes topográficos, entre otros, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios, evitando en lo posible que los vehículos salgan del camino y encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto. Normalmente son metálicas.

Una vez ubicados los sitios donde se colocarán los postes de soporte y donde se aterrizarán las defensas, se realizará una excavación para su colocación y anclaje, conforme a las dimensiones establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

Se colocarán **309 ml** de defensa metálica de lámina galvanizada tipo AASTHOM-180 incluyendo accesorios de 3 crestas, las cuales se ubicarán en los tramos comprendidos, en los kilómetros del 20+000 al 20+030, 34+200 al 34+230, del 47+000 al 47+131, del 46+000 al 46+062 y del km 55+400 al 55+456.

**Imagen.** Defensa Metálica



*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.*

**Beneficios infraestructura**. - Su funcionalidad es de incrementar la seguridad de los usuarios, evitando en lo posible que los vehículos salgan del camino y encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto

## B. Alineación Estratégica

### PLAN NACIONAL DE DESARROLLO

Eje 3: Economía Programa: Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo. El sector público fomentara la creación de empleos mediante programas sectoriales, proyectos regionales y obras de infraestructura, pero también facilitando el acceso al crédito a las pequeñas y medianas empresas (que constituyen el 93 por ciento y que general la mayor parte de los empleos) y reduciendo y simplificando los requisitos para la creación de empresas nuevas.

### PLAN ESTATAL DE DESARROLLO

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 1. Fomentar encadenamientos productivos y la atracción de inversiones para la generación de empleos, el desarrollo integral y regional.

LÍNEAS DE ACCIÓN. 6. Generar esquemas de desarrollo y promoción turística basados en innovación y vocación turística. 7. Diversificar y fortalecer los sectores estratégicos y emergentes en las regiones del estado a través ecosistemas de innovación.

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.

## C. Localización Geográfica

Este proyecto se ubica Región II se ubica al norte y noreste del Estado, está constituido por 28 Municipios. Se encuentra en la transición de los climas templados de la Sierra Norte a los cálidos del declive del Golfo. Está localizado dentro de la vertiente hidrológica septentrional del Estado, por lo que atraviesan diversos ríos, manantiales, cascadas y existen presas, manantiales y un extenso número de arroyos.

El Municipio de **ZACAPOAXTLA** se localiza en la parte norte del estado de Puebla sus coordenadas geográficas son los paralelos 19º 44'18" y 19º 59'18", de latitud Norte y los meridianos 97º 31'42" y 97º 37'54" de longitud Occidental.

Colindancias:

Al Norte: con Cuetzalán del Progreso y Nauzontla.
Al Este: con Tlatlauquitepec y Zaragoza.
Al Sur: con Zautla.
Al Oeste: con Xochiapulco y Nauzontla.

El Municipio se localiza en la zona de transición entre los templados de la Sierra Norte y los cálidos del declive del golfo; presenta una gran variedad de climas dispuestos en franjas latitudinales y van de sur a norte; son los siguientes: clima templado subhúmedo, con lluvias en verano. Se localiza en una área reducida al extremo sur del municipio.

El municipio de **NAUZONTLA** se localiza en la parte norte del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19º 56' 00" y 19º 58' 42" de latitud Norte y los meridianos 97º 33' 00" y 97º 36' 42" de longitud occidental.

Colindancias:

Al Norte: con Zoquiapan,
Al Este: con Cuetzalan del Progreso y Zacapoaxtla,
Al Sur: Con Xochiapulco y
Al Oeste con Xochitlán de Vicente Suárez

El municipio pertenece a la vertiente septentrional del estado de Puebla, formada por las distintas cuencas parciales de los ríos que desembocan en el golfo de México y que se caracteriza por sus ríos jóvenes e impetuosos con una gran cantidad de caídas.

Se localiza dentro de la cuenca del río Tecolutla y es cruzado por un solo río importante: el Apulco que por más de 4 kilómetros recorre la porción meridional en dirección suroeste-noreste, para

posteriormente unirse al Tecolutla, sirviendo en ese trayecto como límite con el municipio de Zacapoaxtla.

El municipio de **JONOTLA** se localiza en la parte noreste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20º 01' 24" y 20º 09' 12" de latitud norte y 97º 26' 54" y 97º 36' 00" de longitud occidental.

Colindancias:

Al Norte: con Tuzamapan de Galeana.
Al Este: con Cuetzálan del Progreso,
Al Sur: con Zoquiapan y Nauzontla.
Al Oeste: con Caxhuacan y Huehuetla.

El municipio se localiza en la porción central del declive del Golfo de México, caracterizándose por sus numerosas chimeneas volcánicas y lomas aisladas. El relieve del municipio es bastante accidentado; al suroeste se levanta una pequeña sierra sobre la cual se asienta la comunidad de Jonotla.

El municipio de **CUETZALAN DEL PROGRESO** se localiza en la parte noreste del estado. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19º 57'00" y 20º 05'18" de latitud norte y los meridianos 97º 24'36" y 97º 34'54" de longitud occidental.

Colindancias

Al Norte: con Jonotla y Tenampulco
Al Este: con Ayotoxco de Guerrero y Tlatlauquitepec
Al Sur: con Zacapoaxtla y
Al Oeste:con Zoquiapan.

Pertenece el municipio a la vertiente septentrional del estado, formada por las distintas cuencas parciales de los ríos que desembocan en el Golfo de México y que se caracterizan por sus ríos jóvenes e impetuosos, con una gran cantidad de caídas.

El municipio de **TUZAMAPAN DE GALEANA** se localiza en la parte noreste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 20º 03' 00" y 20º 10' 18" de latitud norte y los meridianos 97º 28' 00" y 97º 35' 36" de longitud occidental.

Colindancias:

Al Norte: con el estado de Veracruz,
Al Este: con Cuetzalan del Progreso.
Al Sur: con Jonotla.

Al Oeste: con Huehuetla y Caxhuacán.

El municipio se localiza en la vertiente septentrional del estado de Puebla, formada por las distintas cuencas parciales de los ríos que desembocan en el Golfo de México y que se caracterizan por sus ríos jóvenes e impetuosos con una gran cantidad de caídas. Se ubica dentro de la cuenca del Tecolutla y es recorrido por varios ríos provenientes de la sierra norte que a continuación se describen:

El río Zempoala, que baña el suroeste y sirve de límite con Caxhuacan, sale del municipio y del estado y durante un largo recorrido pasa muy cerca del límite meridional, uniéndosele a su paso gran cantidad de afluentes intermitentes procedentes del interior hasta unirse finalmente al Apulco, en el extremo noreste del municipio. El río Apulco, afluente del Tecolutla recorre el noreste en dirección sur-norte. También destacan los ríos Tozán y Mixiate, tributario del Zempoala que se une al Apulco.

El Municipio de **HUEHUETLA** se localiza en la parte Norte del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 20º 01' 48" y 20º 09' 12" de latitud Norte y los meridianos 97º 35' 00" y 97º 40' 24" de longitud Occidental.

Colindancias

Al Norte: con el Estado de Veracruz,
Al Este: con Tuzamapan de Galeana,
Al Sur: con Caxhuacan y Jonotla
Al Oeste: con Olintla.

El municipio se ubica en la porción central del declive del Golfo, que es el declive septentrional de la Sierra Norte hacia la llanura costera del Golfo de México, caracterizado por sus numerosas chimeneas, volcánicas y lomas aisladas.

El relieve del municipio presenta una topografía bastante accidentada, determinada por una serie de cerros aislados distribuidas por todo el territorio como el Acalotzinpity; también destaca una pequeña sierra que se levanta al noreste, asentándose sobre ella las comunidades de Francisco I. Madero, Xonalpu, y Vista Hermosa, ésta última sobre el cerro Limakosoctin.

**CAXHUACAN** se localiza en la parte Norte del estado de Puebla sus coordenadas geográficas son: Los paralelos 20º 02'54" y 20º 05'54" de latitud norte y los meridianos 97º 34'42" y 97º 38'24" de Longitud Occidental.

Colindancias

Al Norte: con Huehuetla y Zozocolco de Guerrero del estado de Veracruz.
Al Este: con Jonotla y Tuzamapan de Galeana.
Al Sur: con Ixtepec, Atlequizayan y Xochitlán de Vicente Suárez.

Al Oeste:con Olintla y Hueytlalpan.

El municipio pertenece a la vertiente septentrional del estado de Puebla, formada por las distintas cuencas parciales de los ríos que desembocan en el Golfo de México, y que se caracteriza por sus ríos jóvenes e impetuosos, con una gran cantidad de caídas.

El municipio se localiza dentro de la cuenca del río Tecolutla y es bañado por varios ríos provenientes de la sierra Norte.

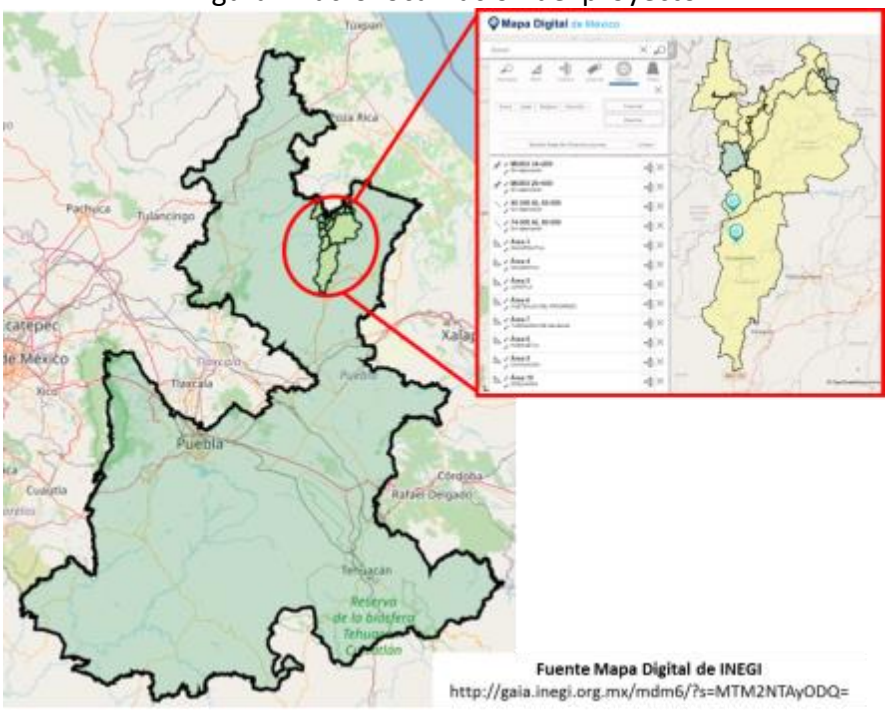
El municipio de Zoquiapan se localiza en la parte Norte del estado de Puebla.
Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19º 58' 06"y 20º 01' 30" de latitud norte y los meridianos 97º 33'24" y 97º 37'00" de longitud occidental.

Colindancias:

Al Norte: con Jonotla,
Al Este: con Cuetzálan del progreso,
Al Sur: con Xochitlan
Al Oeste: con Zapotitlán de Méndez y Atlequizayan.

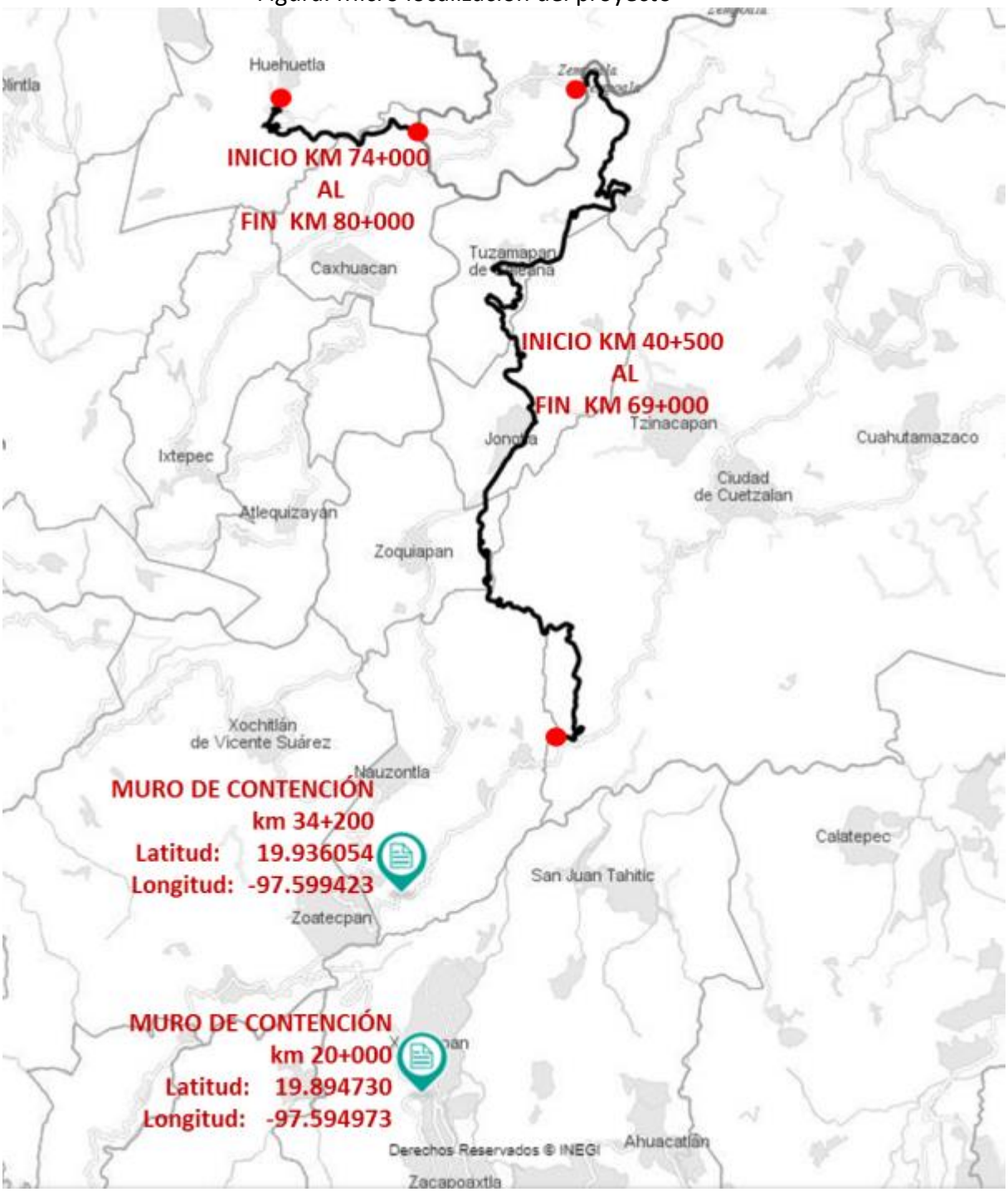
En la figura siguiente se muestra la localización del proyecto.

Figura. Macro localización del proyecto




*FUENTE. Elaboración propia con información del Proyecto Ejecutivo e INEGI.*

Figura. Micro localización del proyecto




*FUENTE. Elaboración propia con información del Proyecto Ejecutivo e INEGI.*
*http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?s=ODcwMDIyMg==*

## D. Calendario de Actividades

El programa de trabajo, tiene por objeto precisar las actividades a realizar y los periodos de tiempo en que se llevaran a cabo cada una de estas; con lo cual se pretende optimizar recursos, mejorando rendimientos que permitan medir el avance y valorar actividades, previendo de esta manera, necesidades de materiales, equipos y recursos económicos. El tiempo estimado para la ejecución de la obras contará con un plazo de 4 meses.

**Tabla.** Calendario de ejecución del proyecto con el total de inversión con recurso

| CONCEPTO | IMPORTES | MES 1 | | | | MES 2 | | | | MES 3 | | | | MES 4 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SEM 1 | SEM 2 | SEM 3 | SEM 4 | SEM 5 | SEM 6 | SEM 7 | SEM 8 | SEM 9 | SEM 10 | SEM 11 | SEM 12 | SEM 13 | SEM 14 | SEM 15 | SEM 16 |
| TERRACERIAS | $ 1,683,942.70 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $ 420,985.68 | $420,985.68 | $ 420,985.68 | $ 420,985.68 | | | | | | | | | | | | |
| OBRAS DE DRENAJE (TUBOS PARA DRENES DE CONCRETO SIMPLE DE 15 CM) | $ 1,360,998.65 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | $ 113,416.55 | | | | |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 20+000 AL 20+030 (CONCRETO HIDRÁULICO DE F'c 250 KG/CM2) | $ 3,823,616.60 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | $ 318,634.72 | | | | |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 34+200 AL 34+230(CONCRETO HIDRÁULICO DE F'c 250 KG/CM2) | $ 3,703,187.72 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | $ 308,598.98 | | | | |
| PAVIMENTO (CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE 5 CM DE ESPESOR) | $ 54,760,255.96 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 | $ 3,911,446.85 |
| GUARNICIÓN DE CONCRETO SIMPLE F´c = 150 kg/cm² DE 15 X 20 X 40 CM. | $ 19,972.54 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | $ 4,993.14 | $ 4,993.14 | $ 4,993.14 | $ 4,993.14 |
| BANQUETA DE 10 CM. DE ESPESOR CON CONCRETO F´c = 150 kg/cm² | $ 38,900.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | $ 9,725.00 | $ 9,725.00 | $ 9,725.00 | $ 9,725.00 |
| SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 15 CM Y MARCAS EN EL PAVIMENTO) | $ 1,282,943.18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | $ 142,549.24 | $ 142,549.24 | $ 142,549.24 | $ 142,549.24 | $ 142,549.24 | $ 142,549.24 | $ 142,549.24 | $ 142,549.24 | $ 142,549.24 |
| VIALETA REFLEJANTE AMARILLA DE 10 X 10 CM | $ 10,232.78 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | $ 1,136.98 | $ 1,136.98 | $ 1,136.98 | $ 1,136.98 | $ 1,136.98 | $ 1,136.98 | $ 1,136.98 | $ 1,136.98 | $ 1,136.98 |
| SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO RESTRICTIVA, PREVENTIVA E INFORMATIVA) | $ 137,450.85 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 |
| DEFENSA METALICA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 | $ 524,298.89 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 15,272.32 | $ 402,120.36 |
| **MONTO SIN IVA** | **$ 67,345,799.87** | $ 12,469,437.40 | | | | $ 18,782,619.26 | | | | $ 19,305,311.81 | | | | $ 16,788,431.40 | | | |
| **MONTO CON IVA** | **$ 78,121,127.85** | **$ 14,464,547.38** | | | | **$ 21,787,838.34** | | | | **$ 22,394,161.70** | | | | **$ 19,474,580.43** | | | |
| **%** | **100%** | **18.52%** | | | | **27.89%** | | | | **28.67%** | | | | **24.93%** | | | |

*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura*

## E. Monto Total de la Inversión

El monto total de la inversión incluyendo el IVA y retención se estima en: $ 78,121,127.85 pesos

Tabla. Monto de inversión total del Proyecto

| Componentes | Unidad de medida | Cantidad | Precio Unitario | Monto sin IVA | Monto con IVA |
|---|---|---|---|---|---|
| TERRACERÍAS | M2 | 144,866.00 | 11.62 | 1,683,342.92 | 1,952,677.79 |
| OBRAS DE DRENAJE (CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE CONCRETO DE 7X2.4 y DESAZOLVE DE ALCANTARILLA Y CUNETAS) | M2 | 263.60 | 5,162.12 | 1,360,734.83 | 1,578,452.41 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 20+000 AL 20+030 | M2 | 539.70 | 7,084.71 | 3,823,617.99 | 4,435,396.86 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 34+200 AL 34+230 | M2 | 522.60 | 7,086.08 | 3,703,185.41 | 4,295,695.07 |
| PAVIMENTO (CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE 5 CM DE ESPESOR) | M2 | 144,866.00 | 378.01 | 54,760,796.66 | 63,522,524.13 |
| GUARNICIÓN DE CONCRETO SIMPLE F´c = 150 kg/cm² DE 15 X 20 X 40 CM. | M | 70.00 | 285.8226 | 20,007.58 | 23,208.80 |
| BANQUETA DE 10 CM. DE ESPESOR CON CONCRETO F´c = 150 kg/cm² | M | 105.00 | 370.48 | 38,900.40 | 45,124.46 |
| SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM Y MARCAS EN EL PAVIMENTO) | M | 103,570.00 | 12.39 | 1,283,232.30 | 1,488,549.47 |
| VIALETA REFLEJANTE AMARILLA DE 10 X 10 CM | PZA | 200.00 | 51.16 | 10,232.00 | 11,869.12 |
| SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO RESTRICTIVA, PREVENTIVA E INFORMATIVA) | PZA | 57.00 | 2,411.42 | 137,450.94 | 159,443.09 |
| DEFENSA METALICA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 | M | 309.00 | 1,696.76 | 524,298.84 | 608,186.65 |
| **TOTAL** | | | | 67,345,799.87 | 78,121,127.85 |

*FUENTE: Secretaría de Infraestructura*

## F. Financiamiento

La fuente de financiamiento considerada para la ejecución de esta obra se refiere a recursos Estatales 2020. La siguiente tabla se muestra el desglose por origen de recursos.

Tabla. Fuentes de Financiamiento del Proyecto

| Nombre | Monto Con IVA | % | RECURSO |
|---|---|---|---|
| REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200, EN LAS LOCALIDADES DE EQUIMITA, TENEXTEPEC, JONOTLA, TUZAMAPAN DE GALEANA, TETELILLA DE ISLAS, HUEHUETLA, LIPUNTAHUACAN, PUTAXCAT, CAXHUACAN, CUCUCHUCHUT, ZOQUIAPAN, XALACAPAN Y SAN RAFAEL AXOLOTA, EN LOS MUNICIPIOS DE ZACAPOAXTLA, NAUZONTLA, JONOTLA, CUETZALAN DEL PROGRESO, TUZAMAPAN DE GALEANA, HUEHUETLA, CAXHUACAN Y ZOQUIAPAN EN EL ESTADO DE PUEBLA | 78,121,127.85 | 100.00 % | ESTATAL 2020 |

*FUENTE: Secretaría de Infraestructura*

## G. Metas del Proyecto

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las siguientes:

**METAS GENERALES**

| Componentes | Unidad de medida | Cantidad |
|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE CONCRETO DE 7X2.4 y DESAZOLVE DE ALCANTARILLA Y CUNETAS | M2 | 263.60 |
| CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 20+000 DE CONCRETO HIDRÁULICO | M2 | 539.70 |
| CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 34+200 DE CONCRETO HIDRÁULICO | M2 | 522.60 |
| RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO CON CARPETA ASFÁLTICO DE 5 CM DE ESPESOR | M2 | 144,866.00 |
| CONSTRUCCIÓN DE GUARNICIÓN DE CONCRETO SIMPLE F´c = 150 kg/cm² DE 15 X 20 X 40 CM. | M | 70.00 |
| CONSTRUCCIÓN DE BANQUETA DE 10 CM. DE ESPESOR CON CONCRETO F´c = 150 kg/cm² | M | 105.00 |
| PINTADO DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM) | M | 103,570.00 |
| COLOCACIÓN DE VIALETA REFLEJANTE AMARILLA DE 10 X 10 CM | PZA | 200 |
| COLOCACIÓN DE SEÑALAMIENTO VERTICAL (RESTRICTIVA, PREVENTIVA E INFORMATIVA) | PZA | 57 |
| COLOCACIÓN DE DEFENSA METÁLICA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 | M | 309.00 |

*FUENTE: Secretaría de Infraestructura*

## H. Capacidad instalada y su evolución en el horizonte de la evaluación

De acuerdo con la interacción oferta y demanda, para el proyecto en estudió su comportamiento a través del horizonte de evaluación, de donde se estima que el nivel de servicio de acuerdo a las condiciones existentes de la vialidad como se menciona en la situación actual se mantiene en un nivel de servicio “C”.

Con la ejecución del proyecto, se mejorará las condiciones físicas de la superficie de rodamiento, así como las bajas velocidades a lo largo de la carretera Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco – Huehuetla), situación que se verá reflejada en la reducción de tiempos y manteniéndose estática en el nivel de servicio, el cual es de “C”, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla. Capacidad instalada del PPI

| AÑO | Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | NIVEL DE SERVICIO |
|---|---|---|---|
| 0 | 1,573 | 730 | C |
| 1 | 1,604 | 745 | C |
| 2 | 1,636 | 759 | C |
| 3 | 1,669 | 775 | C |
| 4 | 1,702 | 790 | C |

| AÑO | Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | NIVEL DE SERVICIO |
|---|---|---|---|
| 5 | 1,736 | 806 | C |
| 6 | 1,771 | 822 | C |
| 7 | 1,807 | 839 | C |
| 8 | 1,843 | 855 | C |
| 9 | 1,880 | 872 | C |
| 10 | 1,917 | 890 | C |
| 11 | 1,955 | 908 | C |
| 12 | 1,995 | 926 | C |
| 13 | 2,034 | 944 | C |
| 14 | 2,075 | 963 | C |
| 15 | 2,117 | 982 | C |
| 16 | 2,159 | 1,002 | C |
| 17 | 2,202 | 1,022 | C |
| 18 | 2,246 | 1,043 | C |
| 19 | 2,291 | 1,063 | C |
| 20 | 2,337 | 1,085 | C |

*FUENTE: Elaboración propia con datos de Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

## I. Vida útil

| Vida útil del PPI | |
|---|---|
| Vida útil del proyecto o periodo de operación | 20 años |

*FUENTE: Secretaria de Infraestructura*

## J. Descripción de los aspectos más relevantes para determinar la viabilidad del proyecto

**Estudios Técnicos.**

La Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla es la instancia ejecutora y realizó los proyectos ejecutivos para obtener los costos asociados a los componentes del proyecto de infraestructura vial:

El proyecto ejecutivo correspondiente a ésta vialidad se realizó de acuerdo a la normatividad vigente, está concluido al 100% y cuenta con el visto bueno correspondiente.

**Factibilidad Legal.**

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 la carretera esta numerada con el folio 201 en un total de 80.50 kilómetros.

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

**Factibilidad Ambiental**

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.

Dependiendo del área de afectaciones, el resolutivo es aprobado por la Secretaria del Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Estado de Puebla, se encuentra liberado al 100%.

## K. Análisis de la oferta considerando la implementación del proyecto de inversión

Con la Rehabilitación de carretera Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco - Huehuetla, con una longitud de 34.50 Kilómetros, del Kilómetro 40+500 Al Kilómetro 69+000 Y Del Kilómetro 74+000 Al Kilómetro 80+000, Construcción De Muro De Contención En El Km 20+000 Y 34+200, En Las Localidades De Equimita, Tenextepec, Jonotla, Tuzamapan De Galeana, Tetelilla De Islas, Huehuetla, Lipuntahuacan, Putaxcat, Caxhuacan, Cucuchuchut, Zoquiapan, Xalacapan Y San Rafael Axolota, En Los Municipios De Zacapoaxtla, Nauzontla, Jonotla, Cuetzalan Del Progreso, Tuzamapan De Galeana, Huehuetla, Caxhuacan Y Zoquiapan En El Estado De Puebla), se contará con la siguiente infraestructura funcional total en los 34.50 km.

A. Infraestructura funcional total en los 34.50 km (km 40+500 al km 69+000 y del km 74+00 al km 80+000)

- Obras de drenaje (construcción de losa de concreto de 7x2.4 y desazolve de alcantarilla y cunetas) en 263.60 m2.
- Muro de contención en el kilómetro 20+000 al 20+030 (concreto hidráulico de f'c 250 kg/cm2) en 539.70 m3.
- Muro de contención en el kilómetro 34+200 al 34+230(concreto hidráulico de f'c 250 kg/cm2) en 522.60 m3.
- Pavimento (carpeta de concreto asfáltico de 5 cm de espesor) en 144,866.00 m2.
- Guarnición de concreto simple f´c = 150 kg/cm² de 15 x 20 x 40 cm, en 70.00 m.
- Banqueta de 10 cm. De espesor con concreto f´c = 150 kg/cm², en 105.00 m.
- Señalamiento horizontal (pintura de raya continua y discontinua de 12 cm y marcas en el pavimento) en 103,570.00 m.
- Vialeta reflejante amarilla de 10 x 10 cm, en 200 pzas.
- Señalamiento vertical (señalamiento restrictivo, preventivo e informativo) en 57 pzas.
- Defensa metálica de lámina galvanizada tipo aasthom-180, en 309.00 pzas.

IMAGEN DE LA RECONSTRUCCIÓN

*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura*

Con el proyecto se lograría una mejora en las condiciones de la carpeta de rodamiento, disminuyendo el índice de rugosidad (IRI) a 4.

En la siguiente tabla se puede observar las características del tramo:

TABLA. Condiciones de oferta en la situación con proyecto.

| **Características** | Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 |
|---|---|---|
| Terreno | Montañoso | Montañoso |
| Cadenamiento | 40+500 al 69+000 | 74+000 al 80+000 |
| Longitud (m) | 28,500 | 6,000 |
| Ancho de carril (m) | 3.55 | 3.55 |
| Numero de sentidos | 2 | 2 |
| Carriles por sentido | 1 | 1 |
| Ancho de Sección (promedio) | 7.1 | 7.1 |
| Numero de acotamientos | n/a | n/a |
| Tipo pavimento | Asfaltico | Asfaltico |
| Índice Rugosidad Internacional (IRI) m/km | 4 | 4 |
| Nivel de Servicio | C | C |
| Guarniciones | Buen Estado | Buen Estado |
| Banquetas | Buen Estado | Buen Estado |
| Cunetas | Buen Estado | Buen Estado |
| Señalización Vertical | Buen Estado | Buen Estado |
| Señalización horizontal | Buen Estado | Buen Estado |
| Vialeta Reflejante | Buen Estado | Buen Estado |
| Defensa Metálica | Buen Estado | Buen Estado |

*FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura*

## L. Análisis de la demanda con proyecto

Para el análisis de la demanda en la situación con proyecto, se consideró el levantado en los dos puntos el tramo 1 y el tramo 2, Asimismo, la tasa de crecimiento utilizada será la señalada de acuerdo a la tasa de crecimiento de la situación actual de 2.00%.

Composición vehicular por tramo

En la tabla siguiente se puede observar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) por tramo a lo largo de la carretera Equimita - Huehuetla (Tramo de la Carretera Acuaco - Huehuetla, con una Longitud de 34.50 Kilómetros, del Kilómetro 40+500 al Kilómetro 69+000 y del Kilómetro 74+000 al Kilómetro 80+000.

TABLA. Demanda del proyecto por incorporaciones o desincorporaciones del año 1 (2020)

| | TRAMOS | LONGITUD (Km) | TPDA | TERRENO (p,l,m) | ESTADO FÍSICO (IRI) | COMPOSICIÓN (A,B,C) % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.- | Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 28.50 | 1,604 | M | 4 | 85.60% | 11.80% | 2.60% |
| | Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 6.00 | 745 | M | 4 | 85.60% | 11.80% | 2.60% |
| | **TOTAL** | **34.50** | **2,349** | | | | | |

*Fuente: elaboración propia*

La composición del flujo vehicular es de importancia para el diseño de las obras físicas, con el objeto de determinar la composición vehicular y para estimar los costos generalizados de viaje pues estos varían según el tipo de vehículo, también es importante el conocimiento de la clasificación y la nomenclatura vehicular de los mismos utilizada en este estudio, que se presenta en la siguiente tabla.

Clasificación y nomenclatura vehicular

| Nomenclatura | Tipo de vehículo |
|---|---|
| A | Autos |
| B | Autobuses (B1 a B4) |
| C | Camiones tipo C2, C3, T3S2, T3S3 Y T3S2R4 |

*FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Dirección General de Servicios Técnicos (SCT)*

## M. Interacción de la oferta – demanda a lo largo del horizonte de evaluación

Para poder realizar el análisis de la interacción de la oferta y la demanda se consideraron los siguientes supuestos:

- Tasa social de descuento del 10%,[20]
- Horizonte de evaluación de 21 años (1 ejecución y 20 de vida útil).
- La tasa de crecimiento del TDPA de 2.00% anual.

A continuación, se muestra el comportamiento de las variables de velocidad (km/hr), costos de operación vehicular (COV), costos de tiempo de recorrido (CTR) y los costos generalizados de viaje (CGV) diferenciados para cada uno de los tramos aforados, y proyectado en su conjunto a lo largo del horizonte de evaluación. Con la puesta en marcha del proyecto se observa los ahorros que experimentaría los usuarios al realizar los recorridos en una superficie de pavimento de Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de 4 m/km.

Velocidades de circulación

[20] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio_tasa_social_de_descuento.pdf

La velocidad de operación para cada tipo de vehículo está en relación a la longitud y al tiempo de recorrido.

TABLA. Velocidades de Operación vehicular promedio en el primer año, situación con proyecto.

| | | Sit. Optimizada | | | Sit. Con PPI | | | Incrementos de Velocidad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1 | 48.51 | 44.92 | 33.34 | 51.46 | 47.52 | 35.38 | 2.95 | 2.60 | 2.04 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 1 | 48.51 | 44.92 | 33.34 | 51.46 | 47.52 | 35.38 | 2.95 | 2.60 | 2.04 |
| **PROMEDIO** | | **48.51** | **44.92** | **33.34** | **51.46** | **47.52** | **35.38** | **2.95** | **2.60** | **2.04** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC_2018_030918.pdf*

**Tabla.** Velocidades de Operación vehicular promedio a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto.

| | Sit. Optimizada | | | Sit. Con PPI | | | Incrementos de Velocidad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AÑO | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 1 | 48.51 | 44.92 | 33.34 | 51.46 | 47.52 | 35.38 | 2.95 | 2.60 | 2.04 |
| 2 | 47.56 | 44.04 | 32.69 | 50.45 | 46.59 | 34.69 | 2.89 | 2.55 | 2.00 |
| 3 | 46.63 | 43.18 | 32.05 | 49.46 | 45.68 | 34.01 | 2.83 | 2.50 | 1.96 |
| 4 | 45.72 | 42.33 | 31.42 | 48.49 | 44.78 | 33.34 | 2.77 | 2.45 | 1.92 |
| 5 | 44.82 | 41.50 | 30.80 | 47.54 | 43.90 | 32.69 | 2.72 | 2.40 | 1.89 |
| 6 | 43.94 | 40.69 | 30.20 | 46.61 | 43.04 | 32.05 | 2.67 | 2.35 | 1.85 |
| 7 | 43.08 | 39.89 | 29.61 | 45.70 | 42.20 | 31.42 | 2.62 | 2.31 | 1.81 |
| 8 | 42.24 | 39.11 | 29.03 | 44.80 | 41.37 | 30.80 | 2.56 | 2.26 | 1.77 |
| 9 | 41.41 | 38.34 | 28.46 | 43.92 | 40.56 | 30.20 | 2.51 | 2.22 | 1.74 |
| 10 | 40.60 | 37.59 | 27.90 | 43.06 | 39.76 | 29.61 | 2.46 | 2.17 | 1.71 |
| 11 | 39.80 | 36.85 | 27.35 | 42.22 | 38.98 | 29.03 | 2.42 | 2.13 | 1.68 |
| 12 | 39.02 | 36.13 | 26.81 | 41.39 | 38.22 | 28.46 | 2.37 | 2.09 | 1.65 |
| 13 | 38.25 | 35.42 | 26.28 | 40.58 | 37.47 | 27.90 | 2.33 | 2.05 | 1.62 |
| 14 | 37.50 | 34.73 | 25.76 | 39.78 | 36.74 | 27.35 | 2.28 | 2.01 | 1.59 |
| 15 | 36.76 | 34.05 | 25.25 | 39.00 | 36.02 | 26.81 | 2.24 | 1.97 | 1.56 |
| 16 | 36.04 | 33.38 | 24.75 | 38.24 | 35.31 | 26.28 | 2.20 | 1.93 | 1.53 |
| 17 | 35.33 | 32.73 | 24.26 | 37.49 | 34.62 | 25.76 | 2.16 | 1.89 | 1.50 |
| 18 | 34.64 | 32.09 | 23.78 | 36.75 | 33.94 | 25.25 | 2.11 | 1.85 | 1.47 |
| 19 | 33.96 | 31.46 | 23.31 | 36.03 | 33.27 | 24.75 | 2.07 | 1.81 | 1.44 |
| 20 | 33.29 | 30.84 | 22.85 | 35.32 | 32.62 | 24.26 | 2.03 | 1.78 | 1.41 |

*FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

Costos de Operación Vehicular

Los costos de operación vehicular (COV) consideran los costos de consumo de combustibles, de consumo de lubricantes, de consumo de llantas, de salario de tripulantes, de mantenimiento vehicular, de depreciación del vehículo, entre otros factores importantes. Los COV son medidos en pesos por kilómetro recorrido en un día en que incurren los usuarios en cada uno de los flujos de origen destino.

Para determinar los costos de circulación vehicular la Secretaría de Infraestructura utilizó son los costos de operación vehicular para métricos emitidos por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación No. 182[21].

Dadas las características físicas y geométricas de la red vial, así como las velocidades de circulación, el modelo permite calcular los costos de tiempo y de operación para cada tipo de vehículo en flujo libre (sin detenciones).

Los COV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

TABLA. Costos de Operación Vehicular (COV), situación con proyecto.

| | | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C | TOTAL | A | B | C | Total | A | B | C | TOTAL |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1 | 112,792,836 | 54,942,211 | 11,711,971 | 179,447,017 | 97,580,061 | 50,556,208 | 10,571,029 | 158,707,298 | 15,212,774 | 4,386,002 | 1,140,942 | 20,739,719 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 1 | 11,022,128 | 5,359,203 | 1,145,481 | 17,526,812 | 9,535,534 | 4,931,382 | 1,033,892 | 15,500,807 | 1,486,594 | 427,822 | 111,589 | 2,026,005 |
| **TOTAL** | | **123,814,964** | **60,301,414** | **12,857,452** | **196,973,829** | **107,115,595** | **55,487,590** | **11,604,921** | **174,208,106** | **16,699,368** | **4,813,824** | **1,252,531** | **22,765,723** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

**Tabla.** Costos de Operación Vehicular (COV) a lo largo del horizonte de evaluación, Situación con proyecto

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 1 | 123,814,964 | 60,301,414 | 12,857,452 | 196,973,829 | 107,115,595 | 55,487,590 | 11,604,921 | 174,208,106 | 16,699,368 | 4,813,824 | 1,252,531 | 22,765,723 |
| 2 | 128,817,088 | 62,737,591 | 13,376,893 | 204,931,572 | 111,443,065 | 57,729,289 | 12,073,759 | 181,246,113 | 17,374,023 | 5,008,303 | 1,303,133 | 23,685,459 |

[21] https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=498&IdBoletin=182

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 3 | 134,021,298 | 65,272,190 | 13,917,319 | 213,210,807 | 115,945,365 | 60,061,552 | 12,561,539 | 188,568,456 | 18,075,933 | 5,210,638 | 1,355,780 | 24,642,351 |
| 4 | 139,435,759 | 67,909,186 | 14,479,579 | 221,824,524 | 120,629,558 | 62,488,038 | 13,069,026 | 196,186,622 | 18,806,201 | 5,421,148 | 1,410,553 | 25,637,902 |
| 5 | 145,068,964 | 70,652,717 | 15,064,554 | 230,786,235 | 125,502,992 | 65,012,555 | 13,597,014 | 204,112,561 | 19,565,972 | 5,640,162 | 1,467,540 | 26,673,673 |
| 6 | 150,929,750 | 73,507,087 | 15,673,162 | 240,109,999 | 130,573,313 | 67,639,062 | 14,146,334 | 212,358,709 | 20,356,437 | 5,868,025 | 1,526,828 | 27,751,290 |
| 7 | 157,027,312 | 76,476,773 | 16,306,358 | 249,810,443 | 135,848,475 | 70,371,681 | 14,717,845 | 220,938,001 | 21,178,837 | 6,105,093 | 1,588,512 | 28,872,442 |
| 8 | 163,371,215 | 79,566,435 | 16,965,135 | 259,902,785 | 141,336,753 | 73,214,696 | 15,312,446 | 229,863,896 | 22,034,462 | 6,351,739 | 1,652,688 | 30,038,889 |
| 9 | 169,971,412 | 82,780,919 | 17,650,526 | 270,402,857 | 147,046,758 | 76,172,570 | 15,931,069 | 239,150,397 | 22,924,654 | 6,608,349 | 1,719,457 | 31,252,460 |
| 10 | 176,838,257 | 86,125,268 | 18,363,607 | 281,327,132 | 152,987,447 | 79,249,942 | 16,574,684 | 248,812,073 | 23,850,810 | 6,875,326 | 1,788,923 | 32,515,059 |
| 11 | 183,982,523 | 89,604,729 | 19,105,497 | 292,692,749 | 159,168,140 | 82,451,640 | 17,244,302 | 258,864,081 | 24,814,383 | 7,153,089 | 1,861,195 | 33,828,667 |
| 12 | 191,415,417 | 93,224,760 | 19,877,359 | 304,517,536 | 165,598,533 | 85,782,686 | 17,940,971 | 269,322,190 | 25,816,884 | 7,442,074 | 1,936,388 | 35,195,346 |
| 13 | 199,148,599 | 96,991,040 | 20,680,404 | 316,820,044 | 172,288,713 | 89,248,306 | 18,665,787 | 280,202,806 | 26,859,886 | 7,742,734 | 2,014,618 | 36,617,238 |
| 14 | 207,194,203 | 100,909,478 | 21,515,893 | 329,619,574 | 179,249,177 | 92,853,938 | 19,419,884 | 291,523,000 | 27,945,025 | 8,055,540 | 2,096,008 | 38,096,574 |
| 15 | 215,564,849 | 104,986,221 | 22,385,135 | 342,936,205 | 186,490,844 | 96,605,237 | 20,204,448 | 303,300,529 | 29,074,005 | 8,380,984 | 2,180,687 | 39,635,676 |
| 16 | 224,273,668 | 109,227,665 | 23,289,494 | 356,790,827 | 194,025,074 | 100,508,089 | 21,020,707 | 315,553,870 | 30,248,594 | 8,719,576 | 2,268,787 | 41,236,957 |
| 17 | 233,334,325 | 113,640,462 | 24,230,390 | 371,205,177 | 201,863,687 | 104,568,616 | 21,869,944 | 328,302,247 | 31,470,637 | 9,071,847 | 2,360,446 | 42,902,930 |
| 18 | 242,761,031 | 118,231,537 | 25,209,297 | 386,201,866 | 210,018,980 | 108,793,188 | 22,753,490 | 341,565,658 | 32,742,051 | 9,438,349 | 2,455,808 | 44,636,208 |
| 19 | 252,568,577 | 123,008,091 | 26,227,753 | 401,804,421 | 218,503,747 | 113,188,432 | 23,672,731 | 355,364,910 | 34,064,830 | 9,819,659 | 2,555,022 | 46,439,511 |
| 20 | 262,772,348 | 127,977,618 | 27,287,354 | 418,037,320 | 227,331,298 | 117,761,245 | 24,629,109 | 369,721,652 | 35,441,049 | 10,216,373 | 2,658,245 | 48,315,667 |

*FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

## Costos Tiempo de Recorrido

Los costos por tiempo de recorrido (CTR) consideran los costos del TDPA de acuerdo a la velocidad de recorrido, considerando los parámetros del valor del tiempo del chofer y de los pasajeros, en cada uno de los flujos de origen destino.

Para determinar los CTR se consideraron los parámetros establecidos en la ingeniería de transito de las velocidades registradas en los días más representativos. Asimismo se consideró el valor social del tiempo del año 2020 para viajes de trabajo y de placer establecido para el estado de Puebla publicado por el Instituto Mexicano del Transporte.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los parámetros considerados en el modelo relacionados con el tiempo.

Parámetros Considerados para el estado de Puebla.

| CONFIGURACIÓN VALOR DEL TIEMPO | | |
|---|---|---|
| Valor del tiempo viaje de trabajo | 60.00 | $/hr |
| Valor del tiempo viaje de placer | 36.00 | $/hr |
| % de viajeros por motivo de trabajo | 60% | |
| Número de pasajeros auto | 2.86 | pas/veh |
| Número de pasajeros autobús | 20.49 | pas/veh |
| Valor tiempo de la carga | 15.00 | $/hr/ton |
| Toneladas promedio | 19.37 | ton/veh |
| Tasa de Descuento | 10% | |

*Fuente: Boletín técnico 182 Instituto Mexicano del Transporte. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, para el estado de Puebla 2020 (*https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=498&IdBoletin=182*)*

Los CTR se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, como se muestra a continuación:

TABLA. Costos Tiempo de Recorrido en el primer año, situación con proyecto.

| | AÑO | A | B | C | TOTAL | A | B | C | Total | A | B | C | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1 | 42,450,077 | 45,257,239 | 3,779,504 | 91,486,820 | 40,033,079 | 42,800,091 | 3,563,715 | 86,396,885 | 2,416,998 | 2,457,148 | 215,789 | 5,089,935 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 1 | 4,148,226 | 4,414,507 | 369,652 | 8,932,384 | 3,912,037 | 4,174,830 | 348,547 | 8,435,413 | 236,189 | 239,676 | 21,105 | 496,971 |
| **TOTAL** | | **46,598,303** | **49,671,745** | **4,149,156** | **100,419,204** | **43,945,116** | **46,974,921** | **3,912,262** | **94,832,299** | **2,653,188** | **2,696,825** | **236,894** | **5,586,906** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

**Tabla.** Costos de Tiempo de Recorrido (CTR) a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto.

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 1 | 46,598,303 | 49,671,745 | 4,149,156 | 100,419,204 | 43,945,116 | 46,974,921 | 3,912,262 | 94,832,299 | 2,653,188 | 2,696,825 | 236,894 | 5,586,906 |
| 2 | 48,458,907 | 51,653,657 | 4,314,919 | 104,427,483 | 43,945,116 | 46,974,921 | 3,912,262 | 94,832,299 | 4,513,791 | 4,678,736 | 402,657 | 9,595,184 |
| 3 | 50,402,246 | 53,722,671 | 4,487,623 | 108,612,540 | 45,703,269 | 48,849,886 | 4,068,707 | 98,621,863 | 4,698,977 | 4,872,785 | 418,916 | 9,990,678 |
| 4 | 52,420,978 | 55,869,804 | 4,667,556 | 112,958,338 | 47,530,846 | 50,807,943 | 4,231,791 | 102,570,579 | 4,890,133 | 5,061,861 | 435,766 | 10,387,759 |
| 5 | 54,517,351 | 58,111,046 | 4,855,015 | 117,483,411 | 49,430,121 | 52,841,394 | 4,400,479 | 106,671,994 | 5,087,229 | 5,269,652 | 454,536 | 10,811,417 |
| 6 | 56,693,588 | 60,436,057 | 5,048,638 | 122,178,283 | 51,403,382 | 54,952,406 | 4,576,229 | 110,932,017 | 5,290,206 | 5,483,652 | 472,408 | 11,246,267 |
| 7 | 58,965,532 | 62,846,852 | 5,250,209 | 127,062,593 | 53,464,360 | 57,156,364 | 4,759,336 | 115,380,060 | 5,501,172 | 5,690,488 | 490,874 | 11,682,533 |

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 8 | 61,323,318 | 65,362,007 | 5,460,037 | 132,145,363 | 55,605,269 | 59,443,700 | 4,950,102 | 119,999,071 | 5,718,049 | 5,918,307 | 509,935 | 12,146,292 |
| 9 | 63,769,167 | 67,968,674 | 5,678,439 | 137,416,280 | 57,828,490 | 61,816,575 | 5,148,843 | 124,793,909 | 5,940,677 | 6,152,099 | 529,595 | 12,622,371 |
| 10 | 66,321,498 | 70,687,421 | 5,905,738 | 142,914,658 | 60,136,379 | 64,292,886 | 5,354,117 | 129,783,382 | 6,185,119 | 6,394,536 | 551,621 | 13,131,276 |
| 11 | 68,968,053 | 73,523,322 | 6,142,269 | 148,633,644 | 62,545,731 | 66,860,734 | 5,567,813 | 134,974,278 | 6,422,322 | 6,662,588 | 574,456 | 13,659,365 |
| 12 | 71,729,238 | 76,460,609 | 6,388,370 | 154,578,217 | 65,046,085 | 69,539,947 | 5,790,258 | 140,376,291 | 6,683,153 | 6,920,662 | 598,112 | 14,201,927 |
| 13 | 74,590,946 | 79,523,329 | 6,644,389 | 160,758,663 | 67,639,792 | 72,316,834 | 6,021,788 | 145,978,414 | 6,951,154 | 7,206,494 | 622,601 | 14,780,249 |
| 14 | 77,575,770 | 82,693,331 | 6,910,677 | 167,179,778 | 70,346,379 | 75,213,350 | 6,262,745 | 151,822,474 | 7,229,392 | 7,479,981 | 647,932 | 15,357,304 |
| 15 | 80,689,290 | 85,997,201 | 7,187,594 | 173,874,085 | 73,152,846 | 78,213,735 | 6,513,483 | 157,880,064 | 7,536,444 | 7,783,466 | 674,111 | 15,994,021 |
| 16 | 83,914,192 | 89,440,673 | 7,475,501 | 180,830,366 | 76,080,825 | 81,342,285 | 6,774,360 | 164,197,470 | 7,833,367 | 8,098,388 | 701,141 | 16,632,897 |
| 17 | 87,276,893 | 93,029,704 | 7,774,766 | 188,081,364 | 79,115,356 | 84,604,681 | 7,045,745 | 170,765,781 | 8,161,537 | 8,425,024 | 729,021 | 17,315,582 |
| 18 | 90,757,463 | 96,740,527 | 8,085,756 | 195,583,746 | 82,280,389 | 87,981,581 | 7,328,009 | 177,589,980 | 8,477,073 | 8,758,946 | 757,747 | 17,993,767 |
| 19 | 94,385,109 | 100,605,874 | 8,408,843 | 203,399,826 | 85,581,835 | 91,501,359 | 7,621,533 | 184,704,727 | 8,803,275 | 9,104,515 | 787,310 | 18,695,100 |
| 20 | 98,166,138 | 104,632,052 | 8,744,394 | 211,542,584 | 89,001,335 | 95,170,154 | 7,926,700 | 192,098,189 | 9,164,804 | 9,461,898 | 817,694 | 19,444,396 |

*FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

## Costos Generalizados de Viaje

Los costos generalizados de viaje (CGV) se definen como el costo en el que incurren los usuarios del camino. Este incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo del tiempo de recorrido (CTR), u el COV en que se realizan dichos viajes (incluyendo: combustible, neumáticos, lubricantes, entre otros)

$$CGV_{i,j} = COV_{i,j} + CTR_{i,j}$$

Dónde:

- $i$ puede ser vehículo ligero (A), autobús (B) o camión unitario (CU)
- $j$ se refiere a cada tramo del camino rural o alimentador
- $CGV_{i,j}$ es el Costo Generalizado de Viaje calculado para el tipo de vehículo $i$ en el tramo $j$
- $COV_{i,j}$ es el Costo de Operación Vehicular o costo variable medio de utilizar un tipo de vehículo $i$ en el tramo $j$
- $CTR_{i,j}$ es el Costo por Tiempo de Recorrido de los pasajeros que viajan en el tipo de vehículo $i$ en el tramo $j$

*FUENTE: "Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores"22.*

Los CGV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, como se muestra a continuación:

TABLA. Costos Generalizados de Viaje, situación con proyecto.

| | | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C | TOTAL | A | B | C | Total | A | B | C | TOTAL |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1 | 155,242,913 | 100,199,449 | 15,491,475 | 270,933,837 | 137,613,141 | 93,356,299 | 14,134,744 | 245,104,184 | 17,629,773 | 6,843,150 | 1,356,731 | 25,829,653 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 1 | 15,170,354 | 9,773,710 | 1,515,133 | 26,459,196 | 13,447,570 | 9,106,212 | 1,382,439 | 23,936,221 | 1,722,783 | 667,498 | 132,694 | 2,522,976 |
| **TOTAL** | | **170,413,267** | **109,973,159** | **17,006,607** | **297,393,034** | **151,060,711** | **102,462,511** | **15,517,183** | **269,040,404** | **19,352,556** | **7,510,649** | **1,489,425** | **28,352,629** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

**Tabla.** Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto.

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 1 | 170,413,267 | 109,973,159 | 17,006,607 | 297,393,034 | 151,060,711 | 102,462,511 | 15,517,183 | 269,040,404 | 19,352,556 | 7,510,649 | 1,489,425 | 28,352,629 |
| 2 | 177,275,995 | 114,391,248 | 17,691,812 | 309,359,055 | 155,388,181 | 104,704,209 | 15,986,022 | 276,078,412 | 21,887,814 | 9,687,039 | 1,705,790 | 33,280,643 |
| 3 | 184,423,545 | 118,994,861 | 18,404,943 | 321,823,348 | 161,648,634 | 108,911,438 | 16,630,247 | 287,190,319 | 22,774,911 | 10,083,423 | 1,774,696 | 34,633,029 |
| 4 | 191,856,737 | 123,778,990 | 19,147,135 | 334,782,862 | 168,160,403 | 113,295,981 | 17,300,816 | 298,757,201 | 23,696,334 | 10,483,009 | 1,846,319 | 36,025,662 |

[22] ://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met_Caminos_Rurales_Parte1.pdf

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 5 | 199,586,314 | 128,763,763 | 19,919,569 | 348,269,646 | 174,933,113 | 117,853,949 | 17,997,493 | 310,784,555 | 24,653,201 | 10,909,814 | 1,922,075 | 37,485,090 |
| 6 | 207,623,338 | 133,943,144 | 20,721,800 | 362,288,282 | 181,976,695 | 122,591,468 | 18,722,563 | 323,290,726 | 25,646,643 | 11,351,676 | 1,999,237 | 38,997,556 |
| 7 | 215,992,844 | 139,323,625 | 21,556,567 | 376,873,036 | 189,312,835 | 127,528,045 | 19,477,181 | 336,318,061 | 26,680,009 | 11,795,580 | 2,079,386 | 40,554,975 |
| 8 | 224,694,533 | 144,928,442 | 22,425,172 | 392,048,147 | 196,942,022 | 132,658,396 | 20,262,548 | 349,862,967 | 27,752,511 | 12,270,046 | 2,162,623 | 42,185,180 |
| 9 | 233,740,579 | 150,749,593 | 23,328,965 | 407,819,137 | 204,875,248 | 137,989,146 | 21,079,913 | 363,944,306 | 28,865,331 | 12,760,447 | 2,249,052 | 43,874,831 |
| 10 | 243,159,755 | 156,812,689 | 24,269,346 | 424,241,790 | 213,123,826 | 143,542,828 | 21,928,802 | 378,595,455 | 30,035,929 | 13,269,862 | 2,340,544 | 45,646,335 |
| 11 | 252,950,576 | 163,128,051 | 25,247,766 | 441,326,392 | 221,713,871 | 149,312,373 | 22,812,115 | 393,838,359 | 31,236,704 | 13,815,677 | 2,435,651 | 47,488,033 |
| 12 | 263,144,655 | 169,685,369 | 26,265,729 | 459,095,753 | 230,644,617 | 155,322,633 | 23,731,230 | 409,698,480 | 32,500,037 | 14,362,736 | 2,534,499 | 49,397,272 |
| 13 | 273,739,545 | 176,514,369 | 27,324,793 | 477,578,707 | 239,928,505 | 161,565,141 | 24,687,574 | 426,181,220 | 33,811,040 | 14,949,228 | 2,637,219 | 51,397,487 |
| 14 | 284,769,973 | 183,602,809 | 28,426,570 | 496,799,352 | 249,595,556 | 168,067,288 | 25,682,630 | 443,345,474 | 35,174,417 | 15,535,521 | 2,743,940 | 53,453,878 |
| 15 | 296,254,139 | 190,983,422 | 29,572,728 | 516,810,289 | 259,643,690 | 174,818,973 | 26,717,930 | 461,180,593 | 36,610,449 | 16,164,450 | 2,854,798 | 55,629,696 |
| 16 | 308,187,860 | 198,668,338 | 30,764,995 | 537,621,194 | 270,105,899 | 181,850,374 | 27,795,068 | 479,751,340 | 38,081,962 | 16,817,964 | 2,969,928 | 57,869,854 |
| 17 | 320,611,218 | 206,670,167 | 32,005,156 | 559,286,540 | 280,979,043 | 189,173,296 | 28,915,689 | 499,068,028 | 39,632,175 | 17,496,870 | 3,089,467 | 60,218,512 |
| 18 | 333,518,494 | 214,972,064 | 33,295,054 | 581,785,612 | 292,299,370 | 196,774,768 | 30,081,499 | 519,155,637 | 41,219,125 | 18,197,296 | 3,213,555 | 62,629,975 |
| 19 | 346,953,686 | 223,613,966 | 34,636,596 | 605,204,248 | 304,085,581 | 204,689,792 | 31,294,264 | 540,069,637 | 42,868,105 | 18,924,174 | 3,342,332 | 65,134,611 |
| 20 | 360,938,486 | 232,609,670 | 36,031,749 | 629,579,904 | 316,332,633 | 212,931,399 | 32,555,809 | 561,819,841 | 44,605,853 | 19,678,270 | 3,475,940 | 67,760,063 |

*FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales*

# V. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

## A. Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto de inversión

Los costos identificados para la ejecución de cada una de las obras que integran el proyecto de infraestructura vial, corresponde n a los de inversión y mantenimiento durante la construcción y operación.

Costos de inversión

El monto total de la inversión incluyendo el IVA y retención se estima en: $ 78,121,127.85 pesos

Tabla. Monto de inversión total del Proyecto

| Componentes | Unidad de medida | Cantidad | Precio Unitario | Monto sin IVA | Monto con IVA |
|---|---|---|---|---|---|
| TERRACERÍAS | M2 | 144,866.00 | 11.62 | 1,683,342.92 | 1,952,677.79 |
| OBRAS DE DRENAJE (CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE CONCRETO DE 7X2.4 y DESAZOLVE DE ALCANTARILLA Y CUNETAS) | M2 | 263.60 | 5,162.12 | 1,360,734.83 | 1,578,452.41 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 20+000 AL 20+030 | M2 | 539.70 | 7,084.71 | 3,823,617.99 | 4,435,396.86 |
| MURO DE CONTENCIÓN EN EL KILÓMETRO 34+200 AL 34+230 | M2 | 522.60 | 7,086.08 | 3,703,185.41 | 4,295,695.07 |
| PAVIMENTO (CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE 5 CM DE ESPESOR) | M2 | 144,866.00 | 378.01 | 54,760,796.66 | 63,522,524.13 |
| GUARNICIÓN DE CONCRETO SIMPLE F´c = 150 kg/cm² DE 15 X 20 X 40 CM. | M | 70.00 | 285.8226 | 20,007.58 | 23,208.80 |
| BANQUETA DE 10 CM. DE ESPESOR CON CONCRETO F´c = 150 kg/cm² | M | 105.00 | 370.48 | 38,900.40 | 45,124.46 |
| SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM Y MARCAS EN EL PAVIMENTO) | M | 103,570.00 | 12.39 | 1,283,232.30 | 1,488,549.47 |
| VIALETA REFLEJANTE AMARILLA DE 10 X 10 CM | PZA | 200.00 | 51.16 | 10,232.00 | 11,869.12 |
| SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO RESTRICTIVA, PREVENTIVA E INFORMATIVA) | PZA | 57.00 | 2,411.42 | 137,450.94 | 159,443.09 |
| DEFENSA METALICA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO AASTHOM-180 | M | 309.00 | 1,696.76 | 524,298.84 | 608,186.65 |
| **TOTAL** | | | | 67,345,799.87 | 78,121,127.85 |

*FUENTE: Secretaría de Infraestructura*

Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento corresponden a las erogaciones que deben realizarse para lograr que el sistema seleccionado se mantenga en los niveles establecidos para satisfacer la demanda definida en el proyecto. Estos costos tienen considerados los estándares de calidad y servicio eficiente que requiere la demanda de acuerdo con las características del tránsito como densidad y composición. Para el proyecto, se consideran los siguientes costos de mantenimiento:

El mantenimiento estimado incluye un mantenimiento rutinario cada año, un periódico (Bacheo general y regos sello) cada 4 años y Mayor (Tendido de carpeta) cada 8 años. Los montos estimados para cada rubro se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla.** Costos de mantenimiento (pesos)

| Concepto[23] | Sin IVA | Periodicidad | $/km/carril | Mant. Total |
|---|---|---|---|---|
| Mantenimiento Rutinario | 34,282 | Anual | $/km/carril | 2,365,478.01 |
| Mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello) | 119,988 | c / 4 años | $/km/carril | 8,279,172.00 |
| Mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta) | 589,655 | c / 8 años | $/km/carril | 40,686,216.39 |

*Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla*

Tabla. Mantenimiento a lo largo del horizonte de evaluación.

| Horizonte | Inversión (sin iva) | costo por molestia | Costos de Mantenimiento | Flujo | VAN |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | **67.35** | **41.36** | | 108.71 | |
| 1 | | | 2.37 | 2.37 | 110.86 |
| 2 | | | 2.37 | 2.37 | 112.81 |
| 3 | | | 2.37 | 2.37 | 114.59 |
| 4 | | | 8.28 | 8.28 | 120.24 |
| 5 | | | 2.37 | 2.37 | 121.71 |
| 6 | | | 2.37 | 2.37 | 123.05 |
| 7 | | | 2.37 | 2.37 | 124.26 |
| 8 | | | 40.69 | 40.69 | 143.24 |
| 9 | | | 2.37 | 2.37 | 144.24 |
| 10 | | | 2.37 | 2.37 | 145.16 |
| 11 | | | 2.37 | 2.37 | 145.99 |
| 12 | | | 8.28 | 8.28 | 148.62 |
| 13 | | | 2.37 | 2.37 | 149.31 |
| 14 | | | 2.37 | 2.37 | 149.93 |
| 15 | | | 2.37 | 2.37 | 150.50 |
| 16 | | | 40.69 | 40.69 | 159.35 |
| 17 | | | 2.37 | 2.37 | 159.82 |
| 18 | | | 2.37 | 2.37 | 160.25 |
| 19 | | | 2.37 | 2.37 | 160.63 |
| 20 | | | 8.28 | 8.28 | 161.86 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*Nota. Ver detalle en Anexo A.*

## Costos por molestias

Los cálculos de los costos por molestia son aquellos que se generan durante la ejecución de la obra, siendo el resultando de la diferencia del costo generalizado de viaje durante la ejecución incluyendo

[23] El costo de mantenimiento es lo que se destina a la conservación de la vía con el fin de mantenerla en niveles óptimos de operación, así como su periodicidad indicada en la "Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores". https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met_Caminos_Rurales_Parte1.pdf

los efectos de la congestión, menos el costo generalizado de viaje de la situación con proyecto para el mismo periodo de construcción, multiplicado por el número de vehículos que transitan en el tramo.

En este contexto, el proyecto considera costos por molestias, es decir, costos generalizados de viaje (CGV's) adicionales que experimenta el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión.[24] Los costos son percibidos por los usuarios, en el TDPA, por disminución de velocidades de recorrido, aumento en los tiempos de traslado, lo cual se refleja en mayores costos de operación y de tiempo de recorrido.

Finalmente, los costos en que incurre el TDPA en el momento de la inversión se registra como la diferencia de los CGV's entre la situación actual y situación optimizada, es decir, los costos adicionales en que incurre el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión, como se muestra a continuación.

TABLA. COSTOS POR MOLESTIAS DE LA ALTERNATIVA 1:

| Costos | Monto (mdp) |
|---|---|
| Costos por molestias | 41.40 |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

## B. Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto de inversión

El principal beneficio a generarse con la ejecución del proyecto, es la reducción de los costos generalizados de viaje (CGV) los cuales incluyen los costos de operación Vehicular (COV) y los Costos por Tiempos de Recorrido (CTR). Este beneficio lo observarían de manera directa los usuarios en flujo vehicular que circularan por el tramo de la carretera.

Para la evaluación del presente proyecto de inversión bajo las siguientes consideraciones:

- 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 la carretera esta numerada con el folio 201 en un total de 88.50 kilómetros.

[24] CEPE Apuntes sobre Evaluación social de proyectos. (2008) Costos por Molestias, pag 13) .https://www.cepep.gob.mx/.

TABLA. Velocidades de Operación vehicular promedio en el primer año, situación con proyecto.

| | | Sit. Optimizada | | | Sit. Con PPI | | | Incrementos de Velocidad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1 | 48.51 | 44.92 | 33.34 | 51.46 | 47.52 | 35.38 | 2.95 | 2.60 | 2.04 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 1 | 48.51 | 44.92 | 33.34 | 51.46 | 47.52 | 35.38 | 2.95 | 2.60 | 2.04 |
| **PROMEDIO** | | **48.51** | **44.92** | **33.34** | **51.46** | **47.52** | **35.38** | **2.95** | **2.60** | **2.04** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC_2018_030918.pdf*

**Tabla.** Velocidades de Operación vehicular promedio a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto.

| | Sit. Optimizada | | | Sit. Con PPI | | | Incrementos de Velocidad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AÑO | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 1 | 48.51 | 44.92 | 33.34 | 51.46 | 47.52 | 35.38 | 2.95 | 2.60 | 2.04 |
| 2 | 47.56 | 44.04 | 32.69 | 50.45 | 46.59 | 34.69 | 2.89 | 2.55 | 2.00 |
| 3 | 46.63 | 43.18 | 32.05 | 49.46 | 45.68 | 34.01 | 2.83 | 2.50 | 1.96 |
| 4 | 45.72 | 42.33 | 31.42 | 48.49 | 44.78 | 33.34 | 2.77 | 2.45 | 1.92 |
| 5 | 44.82 | 41.50 | 30.80 | 47.54 | 43.90 | 32.69 | 2.72 | 2.40 | 1.89 |
| 6 | 43.94 | 40.69 | 30.20 | 46.61 | 43.04 | 32.05 | 2.67 | 2.35 | 1.85 |
| 7 | 43.08 | 39.89 | 29.61 | 45.70 | 42.20 | 31.42 | 2.62 | 2.31 | 1.81 |
| 8 | 42.24 | 39.11 | 29.03 | 44.80 | 41.37 | 30.80 | 2.56 | 2.26 | 1.77 |
| 9 | 41.41 | 38.34 | 28.46 | 43.92 | 40.56 | 30.20 | 2.51 | 2.22 | 1.74 |
| 10 | 40.60 | 37.59 | 27.90 | 43.06 | 39.76 | 29.61 | 2.46 | 2.17 | 1.71 |
| 11 | 39.80 | 36.85 | 27.35 | 42.22 | 38.98 | 29.03 | 2.42 | 2.13 | 1.68 |
| 12 | 39.02 | 36.13 | 26.81 | 41.39 | 38.22 | 28.46 | 2.37 | 2.09 | 1.65 |
| 13 | 38.25 | 35.42 | 26.28 | 40.58 | 37.47 | 27.90 | 2.33 | 2.05 | 1.62 |
| 14 | 37.50 | 34.73 | 25.76 | 39.78 | 36.74 | 27.35 | 2.28 | 2.01 | 1.59 |
| 15 | 36.76 | 34.05 | 25.25 | 39.00 | 36.02 | 26.81 | 2.24 | 1.97 | 1.56 |
| 16 | 36.04 | 33.38 | 24.75 | 38.24 | 35.31 | 26.28 | 2.20 | 1.93 | 1.53 |
| 17 | 35.33 | 32.73 | 24.26 | 37.49 | 34.62 | 25.76 | 2.16 | 1.89 | 1.50 |
| 18 | 34.64 | 32.09 | 23.78 | 36.75 | 33.94 | 25.25 | 2.11 | 1.85 | 1.47 |
| 19 | 33.96 | 31.46 | 23.31 | 36.03 | 33.27 | 24.75 | 2.07 | 1.81 | 1.44 |
| 20 | 33.29 | 30.84 | 22.85 | 35.32 | 32.62 | 24.26 | 2.03 | 1.78 | 1.41 |

*FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

Costos de Operación Vehicular

Los costos de operación vehicular (COV) consideran los costos de consumo de combustibles, de consumo de lubricantes, de consumo de llantas, de salario de tripulantes, de mantenimiento vehicular, de depreciación del vehículo, entre otros factores importantes. Los COV son medidos en pesos por kilómetro recorrido en un día en que incurren los usuarios en cada uno de los flujos de origen destino.

Para determinar los costos de circulación vehicular la Secretaría de Infraestructura utilizó son los costos de operación vehicular para métricos emitidos por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación No. 182[25].

Dadas las características físicas y geométricas de la red vial, así como las velocidades de circulación, el modelo permite calcular los costos de tiempo y de operación para cada tipo de vehículo en flujo libre (sin detenciones).

Los COV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

TABLA. Costos de Operación Vehicular (COV), situación con proyecto.

| | | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C | TOTAL | A | B | C | Total | A | B | C | TOTAL |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1 | 112,792,836 | 54,942,211 | 11,711,971 | 179,447,017 | 97,580,061 | 50,556,208 | 10,571,029 | 158,707,298 | 15,212,774 | 4,386,002 | 1,140,942 | 20,739,719 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 1 | 11,022,128 | 5,359,203 | 1,145,481 | 17,526,812 | 9,535,534 | 4,931,382 | 1,033,892 | 15,500,807 | 1,486,594 | 427,822 | 111,589 | 2,026,005 |
| **TOTAL** | | **123,814,964** | **60,301,414** | **12,857,452** | **196,973,829** | **107,115,595** | **55,487,590** | **11,604,921** | **174,208,106** | **16,699,368** | **4,813,824** | **1,252,531** | **22,765,723** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

**Tabla.** Costos de Operación Vehicular (COV) a lo largo del horizonte de evaluación, Situación con proyecto

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 1 | 123,814,964 | 60,301,414 | 12,857,452 | 196,973,829 | 107,115,595 | 55,487,590 | 11,604,921 | 174,208,106 | 16,699,368 | 4,813,824 | 1,252,531 | 22,765,723 |
| 2 | 128,817,088 | 62,737,591 | 13,376,893 | 204,931,572 | 111,443,065 | 57,729,289 | 12,073,759 | 181,246,113 | 17,374,023 | 5,008,303 | 1,303,133 | 23,685,459 |

[25] https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=498&IdBoletin=182

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 3 | 134,021,298 | 65,272,190 | 13,917,319 | 213,210,807 | 115,945,365 | 60,061,552 | 12,561,539 | 188,568,456 | 18,075,933 | 5,210,638 | 1,355,780 | 24,642,351 |
| 4 | 139,435,759 | 67,909,186 | 14,479,579 | 221,824,524 | 120,629,558 | 62,488,038 | 13,069,026 | 196,186,622 | 18,806,201 | 5,421,148 | 1,410,553 | 25,637,902 |
| 5 | 145,068,964 | 70,652,717 | 15,064,554 | 230,786,235 | 125,502,992 | 65,012,555 | 13,597,014 | 204,112,561 | 19,565,972 | 5,640,162 | 1,467,540 | 26,673,673 |
| 6 | 150,929,750 | 73,507,087 | 15,673,162 | 240,109,999 | 130,573,313 | 67,639,062 | 14,146,334 | 212,358,709 | 20,356,437 | 5,868,025 | 1,526,828 | 27,751,290 |
| 7 | 157,027,312 | 76,476,773 | 16,306,358 | 249,810,443 | 135,848,475 | 70,371,681 | 14,717,845 | 220,938,001 | 21,178,837 | 6,105,093 | 1,588,512 | 28,872,442 |
| 8 | 163,371,215 | 79,566,435 | 16,965,135 | 259,902,785 | 141,336,753 | 73,214,696 | 15,312,446 | 229,863,896 | 22,034,462 | 6,351,739 | 1,652,688 | 30,038,889 |
| 9 | 169,971,412 | 82,780,919 | 17,650,526 | 270,402,857 | 147,046,758 | 76,172,570 | 15,931,069 | 239,150,397 | 22,924,654 | 6,608,349 | 1,719,457 | 31,252,460 |
| 10 | 176,838,257 | 86,125,268 | 18,363,607 | 281,327,132 | 152,987,447 | 79,249,942 | 16,574,684 | 248,812,073 | 23,850,810 | 6,875,326 | 1,788,923 | 32,515,059 |
| 11 | 183,982,523 | 89,604,729 | 19,105,497 | 292,692,749 | 159,168,140 | 82,451,640 | 17,244,302 | 258,864,081 | 24,814,383 | 7,153,089 | 1,861,195 | 33,828,667 |
| 12 | 191,415,417 | 93,224,760 | 19,877,359 | 304,517,536 | 165,598,533 | 85,782,686 | 17,940,971 | 269,322,190 | 25,816,884 | 7,442,074 | 1,936,388 | 35,195,346 |
| 13 | 199,148,599 | 96,991,040 | 20,680,404 | 316,820,044 | 172,288,713 | 89,248,306 | 18,665,787 | 280,202,806 | 26,859,886 | 7,742,734 | 2,014,618 | 36,617,238 |
| 14 | 207,194,203 | 100,909,478 | 21,515,893 | 329,619,574 | 179,249,177 | 92,853,938 | 19,419,884 | 291,523,000 | 27,945,025 | 8,055,540 | 2,096,008 | 38,096,574 |
| 15 | 215,564,849 | 104,986,221 | 22,385,135 | 342,936,205 | 186,490,844 | 96,605,237 | 20,204,448 | 303,300,529 | 29,074,005 | 8,380,984 | 2,180,687 | 39,635,676 |
| 16 | 224,273,668 | 109,227,665 | 23,289,494 | 356,790,827 | 194,025,074 | 100,508,089 | 21,020,707 | 315,553,870 | 30,248,594 | 8,719,576 | 2,268,787 | 41,236,957 |
| 17 | 233,334,325 | 113,640,462 | 24,230,390 | 371,205,177 | 201,863,687 | 104,568,616 | 21,869,944 | 328,302,247 | 31,470,637 | 9,071,847 | 2,360,446 | 42,902,930 |
| 18 | 242,761,031 | 118,231,537 | 25,209,297 | 386,201,866 | 210,018,980 | 108,793,188 | 22,753,490 | 341,565,658 | 32,742,051 | 9,438,349 | 2,455,808 | 44,636,208 |
| 19 | 252,568,577 | 123,008,091 | 26,227,753 | 401,804,421 | 218,503,747 | 113,188,432 | 23,672,731 | 355,364,910 | 34,064,830 | 9,819,659 | 2,555,022 | 46,439,511 |
| 20 | 262,772,348 | 127,977,618 | 27,287,354 | 418,037,320 | 227,331,298 | 117,761,245 | 24,629,109 | 369,721,652 | 35,441,049 | 10,216,373 | 2,658,245 | 48,315,667 |

*FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

## Costos Tiempo de Recorrido

Los costos por tiempo de recorrido (CTR) consideran los costos del TDPA de acuerdo a la velocidad de recorrido, considerando los parámetros del valor del tiempo del chofer y de los pasajeros, en cada uno de los flujos de origen destino.

Para determinar los CTR se consideraron los parámetros establecidos en la ingeniería de transito de las velocidades registradas en los días más representativos. Asimismo se consideró el valor social del tiempo del año 2020 para viajes de trabajo y de placer establecido para el estado de Puebla publicado por el Instituto Mexicano del Transporte.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los parámetros considerados en el modelo relacionados con el tiempo.

Parámetros Considerados para el estado de Puebla.

| CONFIGURACIÓN VALOR DEL TIEMPO | | |
|---|---|---|
| Valor del tiempo viaje de trabajo | 60.00 | $/hr |
| Valor del tiempo viaje de placer | 36.00 | $/hr |
| % de viajeros por motivo de trabajo | 60% | |
| Número de pasajeros auto | 2.86 | pas/veh |
| Número de pasajeros autobús | 20.49 | pas/veh |
| Valor tiempo de la carga | 15.00 | $/hr/ton |
| Toneladas promedio | 19.37 | ton/veh |
| Tasa de Descuento | 10% | |

*Fuente: Boletín técnico 182 Instituto Mexicano del Transporte. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, para el estado de Puebla 2020 (*https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=498&IdBoletin=182*)*

Los CTR se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, como se muestra a continuación:

TABLA. Costos Tiempo de Recorrido en el primer año, situación con proyecto.

| | AÑO | A | B | C | TOTAL | A | B | C | Total | A | B | C | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1 | 42,450,077 | 45,257,239 | 3,779,504 | 91,486,820 | 40,033,079 | 42,800,091 | 3,563,715 | 86,396,885 | 2,416,998 | 2,457,148 | 215,789 | 5,089,935 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 1 | 4,148,226 | 4,414,507 | 369,652 | 8,932,384 | 3,912,037 | 4,174,830 | 348,547 | 8,435,413 | 236,189 | 239,676 | 21,105 | 496,971 |
| **TOTAL** | | **46,598,303** | **49,671,745** | **4,149,156** | **100,419,204** | **43,945,116** | **46,974,921** | **3,912,262** | **94,832,299** | **2,653,188** | **2,696,825** | **236,894** | **5,586,906** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

**Tabla.** Costos de Tiempo de Recorrido (CTR) a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto.

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 1 | 46,598,303 | 49,671,745 | 4,149,156 | 100,419,204 | 43,945,116 | 46,974,921 | 3,912,262 | 94,832,299 | 2,653,188 | 2,696,825 | 236,894 | 5,586,906 |
| 2 | 48,458,907 | 51,653,657 | 4,314,919 | 104,427,483 | 43,945,116 | 46,974,921 | 3,912,262 | 94,832,299 | 4,513,791 | 4,678,736 | 402,657 | 9,595,184 |
| 3 | 50,402,246 | 53,722,671 | 4,487,623 | 108,612,540 | 45,703,269 | 48,849,886 | 4,068,707 | 98,621,863 | 4,698,977 | 4,872,785 | 418,916 | 9,990,678 |
| 4 | 52,420,978 | 55,869,804 | 4,667,556 | 112,958,338 | 47,530,846 | 50,807,943 | 4,231,791 | 102,570,579 | 4,890,133 | 5,061,861 | 435,766 | 10,387,759 |
| 5 | 54,517,351 | 58,111,046 | 4,855,015 | 117,483,411 | 49,430,121 | 52,841,394 | 4,400,479 | 106,671,994 | 5,087,229 | 5,269,652 | 454,536 | 10,811,417 |
| 6 | 56,693,588 | 60,436,057 | 5,048,638 | 122,178,283 | 51,403,382 | 54,952,406 | 4,576,229 | 110,932,017 | 5,290,206 | 5,483,652 | 472,408 | 11,246,267 |
| 7 | 58,965,532 | 62,846,852 | 5,250,209 | 127,062,593 | 53,464,360 | 57,156,364 | 4,759,336 | 115,380,060 | 5,501,172 | 5,690,488 | 490,874 | 11,682,533 |

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 8 | 61,323,318 | 65,362,007 | 5,460,037 | 132,145,363 | 55,605,269 | 59,443,700 | 4,950,102 | 119,999,071 | 5,718,049 | 5,918,307 | 509,935 | 12,146,292 |
| 9 | 63,769,167 | 67,968,674 | 5,678,439 | 137,416,280 | 57,828,490 | 61,816,575 | 5,148,843 | 124,793,909 | 5,940,677 | 6,152,099 | 529,595 | 12,622,371 |
| 10 | 66,321,498 | 70,687,421 | 5,905,738 | 142,914,658 | 60,136,379 | 64,292,886 | 5,354,117 | 129,783,382 | 6,185,119 | 6,394,536 | 551,621 | 13,131,276 |
| 11 | 68,968,053 | 73,523,322 | 6,142,269 | 148,633,644 | 62,545,731 | 66,860,734 | 5,567,813 | 134,974,278 | 6,422,322 | 6,662,588 | 574,456 | 13,659,365 |
| 12 | 71,729,238 | 76,460,609 | 6,388,370 | 154,578,217 | 65,046,085 | 69,539,947 | 5,790,258 | 140,376,291 | 6,683,153 | 6,920,662 | 598,112 | 14,201,927 |
| 13 | 74,590,946 | 79,523,329 | 6,644,389 | 160,758,663 | 67,639,792 | 72,316,834 | 6,021,788 | 145,978,414 | 6,951,154 | 7,206,494 | 622,601 | 14,780,249 |
| 14 | 77,575,770 | 82,693,331 | 6,910,677 | 167,179,778 | 70,346,379 | 75,213,350 | 6,262,745 | 151,822,474 | 7,229,392 | 7,479,981 | 647,932 | 15,357,304 |
| 15 | 80,689,290 | 85,997,201 | 7,187,594 | 173,874,085 | 73,152,846 | 78,213,735 | 6,513,483 | 157,880,064 | 7,536,444 | 7,783,466 | 674,111 | 15,994,021 |
| 16 | 83,914,192 | 89,440,673 | 7,475,501 | 180,830,366 | 76,080,825 | 81,342,285 | 6,774,360 | 164,197,470 | 7,833,367 | 8,098,388 | 701,141 | 16,632,897 |
| 17 | 87,276,893 | 93,029,704 | 7,774,766 | 188,081,364 | 79,115,356 | 84,604,681 | 7,045,745 | 170,765,781 | 8,161,537 | 8,425,024 | 729,021 | 17,315,582 |
| 18 | 90,757,463 | 96,740,527 | 8,085,756 | 195,583,746 | 82,280,389 | 87,981,581 | 7,328,009 | 177,589,980 | 8,477,073 | 8,758,946 | 757,747 | 17,993,767 |
| 19 | 94,385,109 | 100,605,874 | 8,408,843 | 203,399,826 | 85,581,835 | 91,501,359 | 7,621,533 | 184,704,727 | 8,803,275 | 9,104,515 | 787,310 | 18,695,100 |
| 20 | 98,166,138 | 104,632,052 | 8,744,394 | 211,542,584 | 89,001,335 | 95,170,154 | 7,926,700 | 192,098,189 | 9,164,804 | 9,461,898 | 817,694 | 19,444,396 |

*FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

## Costos Generalizados de Viaje

Los costos generalizados de viaje (CGV) se definen como el costo en el que incurren los usuarios del camino. Este incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo del tiempo de recorrido (CTR), u el COV en que se realizan dichos viajes (incluyendo: combustible, neumáticos, lubricantes, entre otros)

$$CGV_{i,j} = COV_{i,j} + CTR_{i,j}$$

Dónde:

- $i$ puede ser vehículo ligero (A), autobús (B) o camión unitario (CU)
- $j$ se refiere a cada tramo del camino rural o alimentador
- $CGV_{i,j}$ es el Costo Generalizado de Viaje calculado para el tipo de vehículo $i$ en el tramo $j$
- $COV_{i,j}$ es el Costo de Operación Vehicular o costo variable medio de utilizar un tipo de vehículo $i$ en el tramo $j$
- $CTR_{i,j}$ es el Costo por Tiempo de Recorrido de los pasajeros que viajan en el tipo de vehículo $i$ en el tramo $j$

*FUENTE: "Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores"26.*

Los CGV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, como se muestra a continuación:

TABLA. Costos Generalizados de Viaje, situación con proyecto.

| | | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AÑO | A | B | C | TOTAL | A | B | C | Total | A | B | C | TOTAL |
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1 | 155,242,913 | 100,199,449 | 15,491,475 | 270,933,837 | 137,613,141 | 93,356,299 | 14,134,744 | 245,104,184 | 17,629,773 | 6,843,150 | 1,356,731 | 25,829,653 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 1 | 15,170,354 | 9,773,710 | 1,515,133 | 26,459,196 | 13,447,570 | 9,106,212 | 1,382,439 | 23,936,221 | 1,722,783 | 667,498 | 132,694 | 2,522,976 |
| **TOTAL** | | **170,413,267** | **109,973,159** | **17,006,607** | **297,393,034** | **151,060,711** | **102,462,511** | **15,517,183** | **269,040,404** | **19,352,556** | **7,510,649** | **1,489,425** | **28,352,629** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

**Tabla.** Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto.

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 1 | 170,413,267 | 109,973,159 | 17,006,607 | 297,393,034 | 151,060,711 | 102,462,511 | 15,517,183 | 269,040,404 | 19,352,556 | 7,510,649 | 1,489,425 | 28,352,629 |
| 2 | 177,275,995 | 114,391,248 | 17,691,812 | 309,359,055 | 155,388,181 | 104,704,209 | 15,986,022 | 276,078,412 | 21,887,814 | 9,687,039 | 1,705,790 | 33,280,643 |
| 3 | 184,423,545 | 118,994,861 | 18,404,943 | 321,823,348 | 161,648,634 | 108,911,438 | 16,630,247 | 287,190,319 | 22,774,911 | 10,083,423 | 1,774,696 | 34,633,029 |
| 4 | 191,856,737 | 123,778,990 | 19,147,135 | 334,782,862 | 168,160,403 | 113,295,981 | 17,300,816 | 298,757,201 | 23,696,334 | 10,483,009 | 1,846,319 | 36,025,662 |

[26] ://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met_Caminos_Rurales_Parte1.pdf

| | Sit. Optimizada | | | | Sit. Con PPI | | | | Ahorros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL | A | B | C | TOTAL |
| 5 | 199,586,314 | 128,763,763 | 19,919,569 | 348,269,646 | 174,933,113 | 117,853,949 | 17,997,493 | 310,784,555 | 24,653,201 | 10,909,814 | 1,922,075 | 37,485,090 |
| 6 | 207,623,338 | 133,943,144 | 20,721,800 | 362,288,282 | 181,976,695 | 122,591,468 | 18,722,563 | 323,290,726 | 25,646,643 | 11,351,676 | 1,999,237 | 38,997,556 |
| 7 | 215,992,844 | 139,323,625 | 21,556,567 | 376,873,036 | 189,312,835 | 127,528,045 | 19,477,181 | 336,318,061 | 26,680,009 | 11,795,580 | 2,079,386 | 40,554,975 |
| 8 | 224,694,533 | 144,928,442 | 22,425,172 | 392,048,147 | 196,942,022 | 132,658,396 | 20,262,548 | 349,862,967 | 27,752,511 | 12,270,046 | 2,162,623 | 42,185,180 |
| 9 | 233,740,579 | 150,749,593 | 23,328,965 | 407,819,137 | 204,875,248 | 137,989,146 | 21,079,913 | 363,944,306 | 28,865,331 | 12,760,447 | 2,249,052 | 43,874,831 |
| 10 | 243,159,755 | 156,812,689 | 24,269,346 | 424,241,790 | 213,123,826 | 143,542,828 | 21,928,802 | 378,595,455 | 30,035,929 | 13,269,862 | 2,340,544 | 45,646,335 |
| 11 | 252,950,576 | 163,128,051 | 25,247,766 | 441,326,392 | 221,713,871 | 149,312,373 | 22,812,115 | 393,838,359 | 31,236,704 | 13,815,677 | 2,435,651 | 47,488,033 |
| 12 | 263,144,655 | 169,685,369 | 26,265,729 | 459,095,753 | 230,644,617 | 155,322,633 | 23,731,230 | 409,698,480 | 32,500,037 | 14,362,736 | 2,534,499 | 49,397,272 |
| 13 | 273,739,545 | 176,514,369 | 27,324,793 | 477,578,707 | 239,928,505 | 161,565,141 | 24,687,574 | 426,181,220 | 33,811,040 | 14,949,228 | 2,637,219 | 51,397,487 |
| 14 | 284,769,973 | 183,602,809 | 28,426,570 | 496,799,352 | 249,595,556 | 168,067,288 | 25,682,630 | 443,345,474 | 35,174,417 | 15,535,521 | 2,743,940 | 53,453,878 |
| 15 | 296,254,139 | 190,983,422 | 29,572,728 | 516,810,289 | 259,643,690 | 174,818,973 | 26,717,930 | 461,180,593 | 36,610,449 | 16,164,450 | 2,854,798 | 55,629,696 |
| 16 | 308,187,860 | 198,668,338 | 30,764,995 | 537,621,194 | 270,105,899 | 181,850,374 | 27,795,068 | 479,751,340 | 38,081,962 | 16,817,964 | 2,969,928 | 57,869,854 |
| 17 | 320,611,218 | 206,670,167 | 32,005,156 | 559,286,540 | 280,979,043 | 189,173,296 | 28,915,689 | 499,068,028 | 39,632,175 | 17,496,870 | 3,089,467 | 60,218,512 |
| 18 | 333,518,494 | 214,972,064 | 33,295,054 | 581,785,612 | 292,299,370 | 196,774,768 | 30,081,499 | 519,155,637 | 41,219,125 | 18,197,296 | 3,213,555 | 62,629,975 |
| 19 | 346,953,686 | 223,613,966 | 34,636,596 | 605,204,248 | 304,085,581 | 204,689,792 | 31,294,264 | 540,069,637 | 42,868,105 | 18,924,174 | 3,342,332 | 65,134,611 |
| 20 | 360,938,486 | 232,609,670 | 36,031,749 | 629,579,904 | 316,332,633 | 212,931,399 | 32,555,809 | 561,819,841 | 44,605,853 | 19,678,270 | 3,475,940 | 67,760,063 |

*FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.*
*(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

## C. Cálculo de los indicadores de rentabilidad.

Para el análisis de los indicadores la sensibilidad se consideró los siguientes supuestos:

- La unidad del horizonte de evaluación es con una periodicidad anual.
- La inversión se realiza en el año cero del horizonte de evaluación.
- Los costos por molestias se registran solo en el periodo de inversión, es decir en el año cero.
- Los beneficios se generan a partir del primer año de la puesta en marcha del PPI, es decir del año 1. No puede existir beneficios durante el periodo de inversión, considerando que no se ha modificación la problemática que origina el PPI.
- Los beneficios que se consideran en el análisis de los indicadores reflejan la diferencia entre la situación sin proyecto respecto a la situación con proyecto, en el mismo año, a lo largo del horizonte de evaluación.

Los indicadores de evaluación utilizados para demostrar la rentabilidad del proyecto son Valor presente neto (VNA), Tasa interna de retorno (TIR), y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI),

***Valor Presente Neto***

El valor presente neto (VPN) es un criterio de rentabilidad que permite comparar los beneficios y costos del proyecto durante su vida útil. Para realizar su estimación se requiere traer a valor presente el flujo de beneficios y costos atribuibles al proyecto. Un valor presente neto positivo indica que el flujo de beneficios es mayor a los costos, por lo que es conveniente la ejecución del proyecto.

El VPN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del programa o proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios.

La fórmula del VPN es

$$VPN = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

*Dónde:*
*Bt: son los beneficios totales en el año t*
*Ct: son los costos totales en el año t*
*Bt-Ct: flujo neto en el año t*

*n: número de años del horizonte de evaluación*
*r: es la tasa social de descuento*
*t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones*
*b) Tasa Interna de Retorno (TIR)*

*Fuente:* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf

| INDICADORES | VALOR |
|---|---|
| Valor Presente Neto (VPN) | **195.19 mdp** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

***Tasa interna de retorno***

La tasa interna de retorno (TIR) es aquella tasa de descuento que hace que el valor presente neto sea igual a cero. En caso de que la TIR sea mayor a la tasa social de descuento, significa que el proyecto es socialmente rentable.

La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un programa o proyecto de inversión sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio de un programa o proyecto de inversión, es decir, el valor presente de los beneficios netos del programa o proyecto de inversión es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.

La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

Donde:
Bt: son los beneficios totales en el año t
Ct: son los costos totales en el año t
Bt-Ct: flujo neto en el año t
n: número de años del horizonte de evaluación
TIR: Tasa Interna de Retorno
t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

*Fuente:* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf

| INDICADORES | VALOR |
|---|---|
| Tasa Interna de Retorno (TIR) | **28.67 %** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

**Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)**

El criterio de decisión utilizado es la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI), la cual señala que la entrada en operación del proyecto es cuando el beneficio neto del primer año de operación del proyecto es igual o mayor que la anualidad de la inversión o costo de oportunidad de los recursos para el periodo.

Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI) La TRI es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un programa o proyecto de inversión con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el VPN sea positivo para el programa o proyecto de inversión, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución. La TRI se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula

$$TRI = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_t}$$

Dónde:
Bt+1: es el beneficio total en el año t+1
Ct+1: es el costo total en el año t+1
It: monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)
t: año anterior al primer año de operación
t+1: primer año de operación

*Fuente:* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf

A continuación, se muestra los indicadores que resultaron de la memoria de cálculo.

TABLA. Indicadores de rentabilidad.

| INDICADORES | VALOR |
|---|---|
| Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) | **23.91 %** |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

## D. Análisis de sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad se seleccionaron las variables que tienen mayor impacto en la rentabilidad del proyecto como son el monto de inversión, los beneficios sociales y el tránsito diario promedio anual.

*Análisis de Sensibilidad sobre el monto de inversión*

Para este análisis se realizó la evaluación del proyecto considerando diferentes incrementos en el monto de inversión. Los resultados se presentan en la tabla siguiente.

TABLA. Resultados del análisis de Sensibilidad sobre el monto de inversión

| Variación | Inv | TRI | VPN | TIR |
|---|---|---|---|---|
| 1.40 | 94.28 | 23.34% | 168.25 | 19.16% |
| 1.30 | 87.55 | 24.48% | 174.98 | 20.16% |
| 1.20 | 80.81 | 25.73% | 181.72 | 21.27% |
| 1.10 | 74.08 | 27.12% | 188.45 | 22.51% |
| 1.00 | 67.35 | 28.67% | 195.19 | 23.91% |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

Como se observa en la tabla, el análisis de sensibilidad muestra que aun aumentando en un 40% el monto de inversión, el valor presente neto social del proyecto continúa siendo positivo.

*Análisis de Sensibilidad sobre los costos de Mantenimiento del proyecto*

Para el análisis de la sensibilidad se consideraron los siguientes supuestos:

En las tablas siguientes se presentan los resultados del análisis de sensibilidad realizado con relación a los costos de Mantenimiento del proyecto, para lo cual se estimó la rentabilidad del proyecto disminuyendo en diferentes porcentajes el monto de los beneficios obtenidos en el escenario normal.

TABLA. Resultados del análisis de sensibilidad para los costos de Mantenimiento

| Variación | Mantenimiento | TIR | VPN (mdp) | TRI |
|---|---|---|---|---|
| 1.40 | 3.32 | 27.04% | 173.93 | 23.04% |
| 1.30 | 3.08 | 27.45% | 179.24 | 23.25% |
| 1.20 | 2.84 | 27.86% | 184.56 | 23.47% |
| 1.10 | 2.60 | 28.27% | 189.87 | 23.69% |
| 1.00 | 2.37 | 28.67% | 195.19 | 23.91% |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

*Análisis de Sensibilidad sobre los beneficios del proyecto*

Los resultados en la sensibilidad del proyecto ante disminuciones de la demanda nos indican que en caso de contar con el 60 % del TDPA original, el proyecto dejaría de ser rentable.

TABLA. Resultados del análisis de sensibilidad para los beneficios del proyecto

| Variación | VAN (Beneficios) | TIR | VPN (mdp) | TRI |
|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 952 | 28.67% | 195.19 | 23.91% |
| 0.90 | 857 | 25.59% | 159.48 | 21.30% |
| 0.80 | 762 | 22.42% | 123.78 | 18.69% |
| 0.70 | 666 | 19.13% | 88.07 | 16.08% |
| 0.60 | 571 | 15.66% | 52.37 | 13.47% |

*FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura*

## E. Análisis de riesgos

Los principales riesgos identificados del REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200 son:

Etapa de ejecución

Financiero, Que no exista disponibilidad para la aplicación de los recursos, viéndose interrumpida la suficiencia presupuestal para ejercer los montos programados del Proyecto.

Administrativo, que no se realicen oportunamente o en forma, los trámites y gestiones necesarios para cumplir con las disposiciones que marca la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en lo referente a las obras de infraestructura económica y actividades relacionadas con las mismas.

Económico, Posibles incrementos en los costos de inversión fuera de parámetros normales en costos de construcción (aspectos macroeconómicos con afectaciones directas al sector de la construcción.

Técnico, Posibles demoras en el suministro de materiales y demás equipamiento. Asimismo, posibles costos innecesarios por retrasos de obra (disponibilidad de los insumos), lo que podría ocasionar modificaciones estructurales al proyecto o poner en riesgo su ejecución programada.

La mayoría de los riesgos identificados en la etapa de ejecución, tendrían como consecuencia un incremento en los costos, se considera que los riesgos identificados no son lo suficientemente importantes como para poner en riesgo la rentabilidad del proyecto.

TABLA. Análisis de los riesgos del proyecto

| Descripción | Impacto | Probabilidad de ocurrencia | Mitigación |
|---|---|---|---|
| Riesgo de obtención de la liberación del derecho de vía. | Bajo | Nula, ya se cuenta con la liberación del derecho de vía | • Pago de indemnizaciones<br>• Construcción de infraestructura básica. |
| Riesgo en cambios en el diseño del proyecto durante el proceso de construcción. | Alto | Baja | • En un proyecto de reconstrucción.<br>• Validación técnica.<br>• Validación del contratista |
| Riesgos de sobre costo en la construcción. | Alto | Medio | • Evaluar e integrar los costos por obra adicional (reservas, cambio de uso de suelo, bancos de materiales, programas de protección de flor y fauna) |
| Riesgos de atrasos en la construcción. | Medio | Media | • Desarrollar programas de obra con frentes y partidas alternas. |
| Riesgos legales (contractuales, normativa aplicable, cambios en la legislación). | Bajo | Baja | • Diseñar esquemas para obtención de fondos adicionales. |
| Riesgos por incrementos en costos de operación y mantenimiento. | Medio | Baja | • Diseñar esquemas para obtención de fondos adicionales. |
| Riesgo de conflicto social. | Alto | Alto | • Instalar u operar una red de gestión y promoción social que trabajará en contacto directo con la población.<br>• Gestión y promoción permanente de la demanda social. |

*FUENTE: Elaboración propia*

# VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la REHABILITACIÓN DE CARRETERA EQUIMITA - HUEHUETLA (TRAMO DE LA CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA, CON UNA LONGITUD DE 34.50 KILÓMETROS, DEL KILÓMETRO 40+500 AL KILÓMETRO 69+000 Y DEL KILÓMETRO 74+000 AL KILÓMETRO 80+000, CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL KM 20+000 Y 34+200, habitantes de la región Región II se ubica al norte y noreste del Estado de Puebla, ubicado en el municipio de ZACAPOAXTLA, NAUZONTLA, JONOTLA, CUETZALAN DEL PROGRESO, TUZAMAPAN DE GALEANA, HUEHUETLA, CAXHUACAN Y ZOQUIAPAN, así como sus áreas de influencia, impulsando el desarrollo social y económico dentro de una región considerada de Alta marginación respectivamente.

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto es económicamente rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debido a los ahorros en costos de operación y reducción en tiempos de recorrido, los cuales son superiores a los costos de inversión y mantenimiento necesarios a lo largo de la vida útil del proyecto.

Los insumos importantes para la evaluación económica del proyecto son los costos de operación vehicular y los montos de inversión correspondientes. Los costos de operación vehicular se refieren a los de los usuarios de la infraestructura y a los asociados con el valor del tiempo de los pasajeros. Aun cuando es posible considerar otros costos exógenos asociados con los accidentes, con el ruido y con la degradación del medio ambiente, no existen datos cuantitativos confiables para hacerlo, por lo que no se han incluido en la evaluación que se presenta en este documento.

Aunado a lo anterior, con la reconstrucción de los 34.50 Km. de esta obra se obtendrían los siguientes beneficios:

- Adicionalmente a los beneficios que percibirán los usuarios que transitarían por esa vía, se contará con una mejor comunicación entre las localidades de EQUIMITA, TENEXTEPEC, JONOTLA, TUZAMAPAN DE GALEANA, TETELILLA DE ISLAS, HUEHUETLA, LIPUNTAHUACAN, PUTAXCAT, CAXHUACAN, CUCUCHUCHUT, ZOQUIAPAN, XALACAPAN Y SAN RAFAEL AXOLOTA

- Se incrementará la seguridad de los usuarios a lo largo del recorrido de los 34.50 km

Con la puesta en marcha del proyecto es facilitará el acceso de la población beneficiada incrementando su nivel de vida; así mismo, se obtendrán importantes ahorros en los costos de operación vehicular. Se incrementará notablemente la seguridad de los usuarios, ya que se permitirá que la población pueda reducir sus costos de operación y ahorro en tiempos de traslado.

# VII. ANEXOS

| Número del Anexo | Concepto del Anexo | Descripción |
|---|---|---|
| Anexo A | Análisis de la Oferta y la Demanda | ACB Equimita – Huehuetla _ v4 |
| Anexo B | Estudios Técnicos | N / A |
| Anexo C | Estudios Legales | N / A |
| Anexo D | Estudios Ambientales | N / A |
| Anexo E | Estudios de Mercado | N / A |
| Anexo F | Estudios Específicos | N / A |
| Anexo G | Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI | ACB Equimita – Huehuetla _ v4 |
| Anexo H | Análisis de Sensibilidad | ACB Equimita – Huehuetla _ v4 |

| Número del Anexo | Concepto del Anexo | Descripción |
|---|---|---|
| Anexo A | Análisis de la Demanda | DEMANDA (TPDA) |

Secretaría
de Infraestructura
Gobierno de Puebla

## Dictamen Técnico de Transito Diario Promedio Anual (TDPA)
## CARRETERA ACUACO - HUEHUETLA

Con fundamento en lo establecido en los artículos 1, 2, 5 inciso II.6, artículo 11 fracción VI, artículo 13 fracción XIII y 21, del Reglamento Interior de la Secretaría de Infraestructura, hago referencia a la elaboración del Dictamen Técnico, que al respecto se informa lo siguiente:

La carretera Acuaco – Huehuetla forma parte de las Vialidades de Jurisdicción Estatal (Red Carretera Estatal), con numero 201; comunicando a la población de los municipios de Zaragoza, Zacapoaxtla Nauzontla, Jonotla, Tuzamapan, Huehuetla; así como otros municipios y localidades de la zona.

Actualmente la CARRETERA ALIMENTADORA ACUACO – HUEHUETLA cuenta con una longitud total de 80.50 kilómetros.

La carretera cuenta con una superficie de rodadura de carpeta asfáltica, para alojar a dos carriles de circulación de 3.55 metros promedio cada uno, ancho de sección de 7.10 metros promedio; dichas características comprenden una carretera tipo "C", la cual tuvo un flujo vehicular de tránsito diario promedio anual (TDPA) de **2,170 vehículos para el año 2017**, de acuerdo a la publicación del periódico oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Puebla del 28 de Abril de 2017.

Para el presente proyecto se obtuvo el TDPA para el año 2020 considerando una tasa de crecimiento del **2%**; lo anterior de conformidad con las estimaciones de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, que pronostican una tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) de entre el 1.5% al 2.5%.

| AÑO | TASA DE CRECIMIENTO |
|---|---|
| 2020 | 2.00% |

FUENTE: http://www.congresopuebla.gob.mx/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=13381&Itemid=

Secretaría
de Infraestructura
Gobierno de Puebla

El valor que se tomó como referencia para la estimación del TDPA para el año 2020, es el que se publicó en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Puebla el 28 de abril de 2017, y se incrementó conforme la tasa de crecimiento estimada del PIB.

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|
| Tramo 1 del km 40+500 al 69+000 | 1,482 | 1,512 | 1,542 | 1,573 |
| Tramo 2 del km 74+000 al 80+000 | 688 | 702 | 716 | 730 |
| | **2,170** | **2,214** | **2,258** | **2,303** |

Fuente: Elaboración propia con datos de Periódico Oficial 2017 y proyección de tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).

De lo anterior resulta que incrementando un 2.0% al TDPA se obtiene que para el año **2020** tendremos un **TDPA** de **2,303** vehículos (1,888+415).

El presente Dictamen Técnico fue elaborado por la Dirección de Caminos, Carreteras, Puentes y Vialidades Urbanas de la Secretara de Infraestructura del Estado de Puebla, con el fin de incluir datos vehiculares actualizados para obtener una composición promedio para la evaluación socioeconómica requerida.

**ATENTAMENTE**

**ENRIQUE MERINO PAREDES**
**JEFE DE DEPARTAMENTO DE PROYECTOS**

Secretaría
de Infraestructura
Gobierno de Puebla

# ANEXOS

Secretaría
de Infraestructura
Gobierno de Puebla

Hacer historia.
Hacer futuro.

Secretaría
de Infraestructura
Gobierno de Puebla

## SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, MOVILIDAD Y TRANSPORTES

### CARRETERAS DE JURISDICCIÓN ESTATAL, EJERCICIO 2017

| CLAVE | CARRETERA | PAV. | RFV. | LONG. TOTAL | MUNICIPIOS | ANCHO CORONA | HABITS. BENEF. | REGIONES | T.D.P.A AÑO 10% | AÑO DE CONSTRUCCIÓN | OBSERVACIONES 2011 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 201 | ACUACO - HUEHUETLA | 80.50 | | 80.50 | ZARAGOZA,ZACAPOAXTLA,NAUZONTLA,JONOTLA,TUZAMAPAN,HUEHUETLA | 6.60 | 21,170 | NORORIENTAL | 2170 | 1996 - 2000 | |

# VIII. BIBLIOGRAFÍA


- LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, emitidos el 30 de diciembre de 2013 por la Unidad de Inversiones de la SHCP.

- Manual para la Evaluación de Proyectos de Carreteras de la SHCP.

- Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras de la SHCP.

- Unpaved Roads Roughness Estimation by Subjective Evaluation, Infrastructure Notes, October 1999, Rodrigo S. Archondo Callao, The World Bank.

- Boletín Notas 153. Año 2014. Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

- Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2014; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 407.

- Catálogo de localidades: http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx.

- Enciclopedia de los Municipios de México:
  http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia

- Estimación del CONAPAO con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio

- 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. www.shcp.gob.mx/

# IX. Responsables de la Información

**Ramo:** Comunicaciones

**Entidad:** 21 Puebla

**Área Responsable:** Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla

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

| Nombre | Cargo* | Firma | Fecha |
|---|---|---|---|
| NORMAN ADRIÁN TORRES ALCARAZ | ENCARGADO DE DESPACHO DE LA DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN | | 3 de Agosto de 2020 |

| Versión | Fecha |
|---|---|
| 4a versión | 3 de Agosto de 2020 |

*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.