

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Análisis Costo-Beneficio

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

I. Resumen Ejecutivo

La obra que se propone consiste en la "REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.". El cual se pretende rehabilitar en una longitud de 72.2 KM, durante esta fase para que opere como un camino alimentador más rápido, seguro y con mayor funcionalidad a lo largo de sus 72.2 Km. Atender la demanda de la zona en el sentido de contar con una vía de comunicación más rápida y eficiente dentro de las comunidades.

Con la rehabilitación del tramo se pretende agilizar el traslado de mercancías y personas, disminuyendo los tiempos de recorrido y acelerando el desarrollo de la región generando un beneficio social importante, además de una reducción en el desgaste de los vehículos que transitaran normalmente por esta rúa estatal No. MICH-29.

Con la ejecución del proyecto se obtendrá una mejoría en la infraestructura de comunicaciones de los municipios en cita, beneficiando directamente durante esta fase de trabajos a los poblados de Coalcoman, Chichihua, Tehuantepec, Las Canoas, Los Laureles y Aquila con sus cabeceras municipales, además de otras rancherías cercanas, mismas que contarán con un mejor vínculo. Lo que traerá grandes beneficios en las actividades económicas del municipio y la región.

En general la ejecución del proyecto beneficiará directamente a una población total de alrededor de 2,394 personas.

LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO. Beneficiará a las localidades ya que les permitirá una comunicación más ágil en las cabeceras municipales, además del beneficio social, el tramo contribuirá a agilizar la comercialización y el traslado de los productos que se generan en esta hacia los mercados comerciales de la zona, fomentando el movimiento de insumos y mercancías de estas ciudades hacia la comunidad beneficiada con el tramo a restituir para el buen funcionamiento de esta obra, lo que sin duda contribuirá a sostener la economía del municipio.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

La carretera estatal Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila es una vía importante en materia de conectividad carretera para el estado de Michoacán, la cual permite enlazar a los municipios de Aguililla, Chinicuilá y Apatzingán.

La rehabilitación de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, permitirá a los usuarios contar con una velocidad constante a lo largo de su recorrido, al corregir el deterioro existente caracterizado por agrietamientos y deformaciones longitudinales, así como roderas y expulsión de finos.

Derivado de las mejoras realizadas en la vía, se obtendrán mayores velocidades de operación, y se disminuirán los costos de operación vehicular y tiempos de recorrido, a efecto de contribuir con el desarrollo estatal económico y social, conectando de una forma más eficiente a estos municipios de la zona.

El presente proyecto se encuentra alineado con el **Plan Nacional de Desarrollo 2021 - 2027**, a través de la Directriz 3. *Desarrollo económico incluyente*, y se vincula con el objetivo 3.6. *Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo*.

Conforme al **Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024**, el presente proyecto se alinea con el Objetivo Prioritario 1: *Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal*.

De acuerdo con el **Plan de Desarrollo Integral del Estado de Michoacán 2021-2027**, el proyecto de referencia se alinea con el Eje 3. *Prosperidad Económica*, 3.2. Impulsar la competitividad del estado y la integración de los territorios con infraestructura, equipamiento, tecnologías digitales e iniciativas estratégicas, incluyentes, sostenibles, eficientes, accesibles y seguros, basadas en una visión de desarrollo regional.

3.2.1. Desarrollo y regeneración de vías de acceso y comunicación: En 2024, solo el 21.6% de la población que habita en áreas urbanas de Michoacán considera en buen estado las carreteras y caminos sin cuota, 32% que comunican de manera rápida y 39% que existen señalamientos claros. Para el 2027, incrementaremos a que al menos el 50% de la población tenga un buen nivel de satisfacción general.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Problemática
Identificada

La problemática existente se presenta en la dificultad del tránsito de mantener una velocidad constante a lo largo de los 72.2 kilómetros que conforman la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, esto en consecuencia de un deterioro severo de la vía, caracterizado por agrietamientos

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Breve descripción del PPI

y deformaciones longitudinales, así como roderas y expulsión de finos, lo cual, a su vez es causa de la incapacidad de la estructura del pavimento de atender el tránsito actual, el cual asciende a poco más de 1,657 veh/día.

Derivado de lo anterior, la superficie de rodamiento de la carretera estatal MICH-29, se ha deteriorado hasta llegar a niveles no satisfactorios, esta condición afecta a los usuarios de forma directa y disminuye la funcionalidad de uno de los tramos carreteros más importantes para el Estado de Michoacán.

La obra que se propone consiste en la Rehabilitación del Camino: Tepalcatepec – Coalcoman- Aquila. El cual se pretende rehabilitar en una longitud de 72.2 Km, durante esta fase para que opere como un camino alimentador más rápido, seguro y con mayor funcionalidad.

El proyecto propuesto no contempla el cambio de uso de suelo para la implementación de la obra en el poblado de Coalcomán el cual es el origen y concluye en Aquila, en terrenos agrícolas y de madera, pertenecientes a los municipios de Tepalcatepec, Coalcomán y Aquila, en el Estado de Michoacán.

Actualmente existen varios puntos en malas condiciones de circulación, además de que las lluvias ocasionaron arrastres hacia la superficie de rodamiento y su desgaste natural y requiere de mantenimiento rutinario.

El proyecto comprende, deshierbe, el desazolve de obras de drenaje, limpieza de cunetas, la reconstrucción de obras de drenaje y cunetas donde así se requiera, la rehabilitación del cuerpo de rodamiento asfáltico el cual consiste en bachear superficies aisladas, tanto superficiales como profundas, construcción de base estabilizada con óxido de cal puesto en obra y la posterior colocación de carpeta asfáltica con mezcla en Caliente de granulometría densa, incluyendo acarreo, compactada al 95% conforme lo indicado en el proyecto, trabajos diversos según alcances, colocación de sello premezclado con material 3E para proteger y formar una nueva superficie de rodamiento. Así como señalamiento horizontal y vertical. A fin de optimizar recursos económicos, evitar mayores afectaciones y menor movimiento de materiales, la construcción se efectuará dentro del camino, para que opere en mejores condiciones de circulación más rápidas, seguras y con mayor funcionalidad.

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 30 años, debido a que el primer año es para su rehabilitación (2025).

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Descripción de los principales costos del PPI

Costo de inversión. El monto total de inversión se estima en 70.0 mdp que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA), conforme a la siguiente tabla:

Monto total de inversión

Componentes/Rubros	Monto sin IVA	IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	1,812,905.01	290,064.80	2,102,969.81
TRABAJOS OBRAS DE DRENAJE	19,393,694.36	3,102,991.10	22,496,685.46
PAVIMENTOS	45,606,140.38	7,296,982.46	52,903,122.84
SEÑALAMIENTO	10,773,467.18	1,723,754.75	12,497,221.93
Total	77,586,206.93	12,413,793.11	90,000,000.04

Costos de conservación. El costo de mantenimiento es lo que se destina a la conservación de la infraestructura con el fin de mantener en niveles óptimos de operación. Para el caso del pavimento asfáltico existen cuatro tipos de mantenimiento, según su periodicidad, mientras que para el caso de pavimento con concreto hidráulico se dividen en tres, las cuales se indican en las siguientes tablas:

Costos de conservación para pavimento asfáltico.

Concepto	Periodicidad	Costo unitario
	Años	\$/km/c
Conservación rutinaria	1	36,000
Riego de sello	4	310,000
Sobrecarpeta	8	1,075,000
Reconstrucción	16	2,750,000

Fuente: Dirección General de Conservación de Carreteras.

Costos por molestia. El proyecto objeto de estudio, considera como parte de los trabajos la rehabilitación de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, por lo que se consideraron costos por molestias a los usuarios. Los montos correspondientes a costos por molestia se presentan en la siguiente tabla:

Costos por molestia (miles de pesos)

Situación actual		Periodo de obra		Costos por molestia		
COV	Tiempo	COV	Tiempo	COV	Tiempo	TOTAL
212,887,710	162,268,815	250,544,509	220,892,824	37,656,799	58,624,010	96,280,809

Fuente: Cálculo de indicadores

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Descripción de los principales beneficios del PPI

La rehabilitación de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, permitirá mejorar las condiciones de operación para los usuarios. En el primer año de operación el proyecto:

- Permitirá una reducción en los Costos Generalizados de Viaje (CGV) del 4% en comparación con la situación sin proyecto, que representan una reducción de \$15,581,201 de forma absoluta.
- Incrementará las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos en un 6%, que representa un incremento de 4.0 km/h en vehículos ligeros y hasta 10 km en vehículos pesados.
- Mejorará la accesibilidad entre los municipios de Apatzingan – Buenavista y Tepalcatepec.
- Se generarán 90 empleos directos eventuales y 12,640 Jornales.

Monto total de inversión (con IVA)

\$ **90,000,000.00**

Riesgos asociados al PPI

- Falta de los recursos presupuestales necesarios para concluir la obra en el tiempo previsto.
- Retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y el tiempo de ejecución.
- Incremento en el monto de inversión
- Demanda social de obras adicionales al momento de la construcción.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Indicadores de Rentabilidad del PPI

Valor Presente Neto (VPN)	331,687,301
Tasa Interna de Retorno (TIR)	29.59%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	8.96%

Conclusión

Conclusión del Análisis del PPI

La rehabilitación de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila cumple con el propósito de hacer más seguro y eficiente el movimiento de bienes y personas, entre los municipios de Zitácuaro, Ocampo, Angangueo y Tlalpujahua.

Además, permitirá un desplazamiento con mayores velocidades, contribuyendo en la disminución de los costos de operación vehicular y tiempos de recorrido, lo cual se traduce en una mayor competitividad del transporte carretero. De acuerdo con los indicadores obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

Se recomienda iniciar la rehabilitación de la de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, debido a que el momento óptimo para operar es en el año 2025, cuando el valor de la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es de 8.96%, el cual es mayor a la tasa social de descuento.

Uno de los criterios de inversión para determinar el costo – beneficio de tomar una decisión, es el Valor Presente Neto (VPN), en el caso del presente proyecto, debido a que el valor del VPN resulta mayor a cero, éste se acepta; además, representa beneficios adicionales por 331,687,301.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es una tasa que resume toda la información de un proyecto y que vuelve cero al VPN, es decir, depende propiamente del proyecto y de los flujos de éste. Con relación al presente proyecto, el resultado del valor de la TIR 29.59% es mayor que la tasa social de descuento (la cual corresponde al 10.0%), por lo anterior, el presente proyecto es socioeconómicamente factible.

II. Situación Actual del PPI

a) Diagnóstico de la Situación Actual

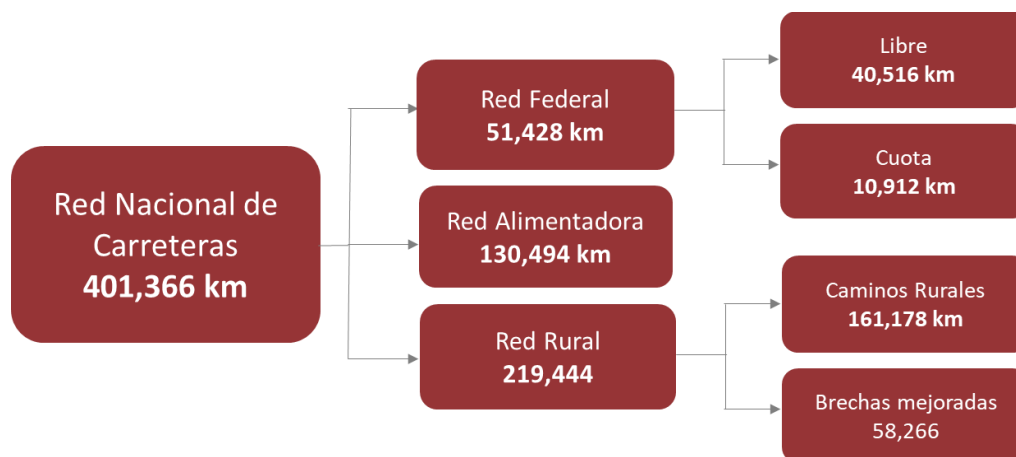
ANTECEDENTES.

El desarrollo de una sociedad implica que se incremente la necesidad de movilidad, por lo que la demanda de transporte aumenta. Esta necesidad de transporte se atiende en un mayor porcentaje por infraestructura carretera. En el ámbito carretero circula el 56.9% (513.0 millones de toneladas) del transporte de carga y el 96.4% (2,277.0 millones de pasajeros al año) de los pasajeros que transitan por las diversas regiones del país según el Anuario estadístico Sector Comunicaciones y Transportes, de ahí la importancia de que México cuente con una Red Nacional de Carreteras que atienda las necesidades de transporte actuales y futuras.

Asimismo, la Red Nacional de Carreteras en su conjunto tiene la finalidad de enlazar en forma rápida, segura, y con menores costos de operación vehicular a las principales zonas de producción industrial y agropecuaria, así como a los centros poblacionales y turísticos.

Durante los últimos años la Red Nacional de Carretera se ha desarrollado de manera gradual permitiendo la comunicación directa con casi todas las regiones y comunidades del país; actualmente se estima que existen 401,366 kilómetros de carreteras, de los cuales 12.81% corresponde a la Red Federal, 32.51% a la Red Alimentadora, y 54.68% a la Red Rural, conforme a lo siguiente:

Figura 1. Composición de la Red Nacional de Carreteras.



Fuente: Elaboración propia con base en información de “Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2021”, de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2021.

De los 32 estados considerados en el Anuario Estadístico del Sector Comunicaciones y Transportes 2021, 18 de estos se encuentran por debajo del promedio de la densidad carretera en comparación con la media nacional (0.204). Como se puede observar en la tabla siguiente, de los estados con una menor superficie tienden a tener una alta densidad, como es el caso de Tlaxcala, México e Hidalgo, mientras que estados con una alta superficie tienen una mayor cantidad de kilómetros de carreteras, pero su densidad es muy baja como, lo es Baja California Sur, Coahuila y Chihuahua.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Tabla 1. Densidad carretera a nivel Estatal.

No.	Estado	Superficie (km²)	Carreteras (km)	Densidad (km/km²)	Pavimentada (Km)	Revestida (km)
1	Tlaxcala	3,997	3,017	0.755	1,790	1,227
2	México	22,333	15,129	0.677	7,377	7,753
3	Hidalgo	20,856	13,798	0.662	4,890	6,518
4	Morelos	4,892	3,093	0.632	1,824	360
5	Guanajuato	30,621	13,674	0.447	7,171	6,503
6	Jalisco	78,630	33,931	0.432	14,696	7,252
7	Colima	5,627	2,386	0.424	1,236	1,101
8	Aguascalientes	5,625	2,376	0.422	1,425	590
9	Tabasco	24,747	9,828	0.397	6,485	4,376
10	Veracruz	71,856	28,311	0.394	10,618	12,775
11	Oaxaca	93,343	32,682	0.350	8,018	1,040
12	Chiapas	73,681	23,303	0.316	7,433	15,433
13	Yucatán	39,671	12,424	0.313	6,294	2,511
14	Puebla	34,251	10,450	0.305	5,850	4,395
15	Guerrero	63,618	18,960	0.298	6,749	6,220
16	Sinaloa	57,331	17,035	0.297	5,428	3,537
17	Querétaro	11,658	3,451	0.296	2,599	801
18	San Luis Potosí	61,165	14,895	0.244	8,478	6,027
19	Nayarit	27,862	5,503	0.198	2,902	2,204
20	Tamaulipas	80,148	14,075	0.176	5,408	8,544
21	Baja California	71,546	12,192	0.170	3,061	4,134
22	Michoacán	58,667	9,965	0.170	8,238	1,469
23	Zacatecas	75,416	12,265	0.163	6,509	4,456
24	Sonora	179,516	25,331	0.141	7,484	4,376
25	Quintana Roo	42,535	5,819	0.137	3,203	2,616
26	Durango	123,367	16,469	0.133	5,607	7,731
27	Nuevo León	64,203	7,384	0.115	4,910	2,462
28	Campeche	57,727	5,100	0.088	4,229	244
29	Baja California Sur	73,943	5,979	0.081	1,853	1,655
30	Ciudad de México	1,485	105	0.071	105	0
31	Coahuila de Zaragoza	151,445	8,763	0.058	5,018	3,745
32	Chihuahua	247,487	13,674	0.055	9,710	202

Fuente: Elaboración propia con base en información de “Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2021”, de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2021.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

En el caso particular del estado de Michoacán, se encuentra ubicado en una posición 22 de densidad carretera con un valor de 0.170km/ km², es decir, es uno de los estados que tienen un menor número de kilómetros de carreteras por kilómetro cuadrado de extensión territorial.

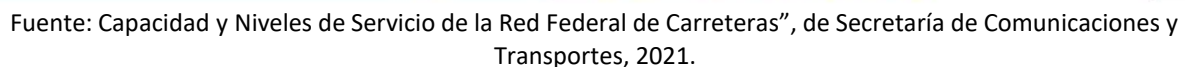
Otro atributo que permite identificar el grado de calidad de servicio que prevalece en cada tramo de la red carretera, es el nivel de servicio. De acuerdo con el último informe de Capacidad y niveles de servicio en la Red Federal de Carreteras (2021) emitido por la Dirección General de Servicio Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, solo el 46.34% de las vías que integran la Red Libre y la Red de Cuota del estado de Michoacán presenta un nivel de servicio adecuado (A, B o C), mientras que un 53.66% el nivel de servicio es deficiente (D, E o F).

Tabla 2. Niveles de servicio de la Red Libre y Red de Cuota en el Estado de Michoacán.

Nivel de servicio	Red libre		Red Cuota		Ambas redes	
	Longitud (km)	%	Longitud (km)	%	Longitud (km)	%
A	341.330	14.89%	1.410	0.24%	342.740	11.93%
B	207.590	9.05%	314.700	54.44%	522.290	18.19%
C	381.810	16.65%	84.100	14.55%	465.910	16.22%
D	644.530	28.10%	103.700	17.94%	748.230	26.06%
E	556.270	24.25%	74.200	12.83%	630.470	21.96%
F	161.970	7.06%			161.970	5.64%
Total	2,293.5	100%	578.1	100%	2,871.6	100%

Fuente: Elaboración propia con base en información de “Capacidad y Niveles de Servicio de la Red Federal de Carreteras”, de Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, 2021.

Figura 2. Niveles de servicio de la Red Libre y Red de Cuota en el Estado de Michoacán.



“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Como se observa en la figura anterior, la zona del proyecto los niveles de servicio que se presentan, no son aceptables en la mayor parte de su recorrido (D, E y F), sin embargo, aún existen tramos que permiten ofrecer un flujo continuo al tránsito.

PROBLEMÁTICA EXISTENTE

Causas

La carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila tiene por objeto enlazar los municipios de Tepalcatepec, Coalcoman, Chinicuila y Aquila de manera rápida, segura y con menores costos generalizados de viaje, proporcionando acceso a zonas turísticas y recreativas (Santuarios de la Mariposa Monarca, pueblos mágicos y fabricación de esferas) y económicas importantes del estado, así como con otros medios y modos de transporte, sin embargo, existen puntos de conflicto que no permiten cumplir con este objetivo.

Uno de estos tramos corresponde al Coalcoman - Aquila, el cual presenta un alto volumen de tránsito, debido a la interacción entre el tránsito local, el tránsito de largo itinerario y las zonas turísticas del estado de Michoacán.

El tramo de la carretera MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, cuenta con un ancho de corona de 7.0 metros, el cual aloja 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho por carril, sin camellones, ni acotamientos laterales.

Figura 3. Sección transversal de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman – Aquila, en el tramo Coalcoman – Aquila



Fuente: Reporte Fotográfico

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

El tramo de la Carretera MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, entre Aquila y Maquili, aloja dos carriles de circulación de 3.5 metros de ancho por carril, cuenta con cunetas de ancho variable, no cuenta con acotamientos laterales, así mismo, falta balizamiento.

Figura 4. Sección transversal de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila , tramo: Aquila - Maquili.



Fuente: Reporte Fotográfico.

La carretera estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, en el tramo Coalcoman - Aquila tiene un volumen de tránsito superior a los 1,657 vehículos, según lo reportado en Datos Viales, en los puntos cercanos a Coalcoman registra 1,657 en este tramo carretero se registra el mayor volumen de tránsito en la carretera Tepalcatepec– Coalcoman - Aquila.

Figura 5. Volumen vehicular en Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, tramo: Tepalcatepec - Aquila.

54 CARR : Tepalcatepec - Aquila					CLAVE: 16421					RUTA: MICH					AÑO: 2023									
LUGAR					ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS			
					KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
Tepalcatepec					0.00	3	0	4462	16.3	68.3	2.1	3.9	2.0	2.3	1.9	2.4	0.8	84.6	2.1	13.3	0.087	0.507	19.164022	-102.851404
Coalcomán de Vázquez Pallares					70.30	1	0	1657	13.8	66.7	1.9	7.8	4.4	2.8	1.9	0.1	0.6	80.5	1.9	17.6	0.103	0.503	18.805527	-103.146844
Aquila					160.20	1	0	749	7.6	80.4	0.1	3.9	1.4	2.8	1.8	1.9	0.1	88.0	0.1	11.9	0.092	0.501	18.598897	-103.498189

Fuente: Datos Viales SCT.

Efectos

Derivado del volumen de tránsito que utiliza la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, la capacidad de esta vía se ha visto rebasada, ocasionando undeterioro acelerado de la superficie de rodamiento, caracterizado por agrietamientos y deformaciones longitudinales, así como roderas y expulsión de finos, esto ha provocado que los usuarios no mantengan una velocidad constante a lo largo de su recorrido.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Figura 6. Deterioro en la superficie de rodamiento en la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman – Aquila



Fuente: Elaboración propia.

Derivado de lo antes mencionado, las condiciones operativas para los usuarios no son óptimas, incrementando los tiempos de recorrido, costos de operación vehicular, los usuarios no pueden desarrollar una velocidad constante.

Figura 7. Malas condiciones en la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman – Aquila



Fuente: Elaboración propia

Descripción de la problemática

La problemática identificada se presenta en la dificultad del tránsito de mantener una velocidad constante a lo largo de los 72.2 kilómetros que conforman la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, esto es consecuencia de un deterioro severo de la vía, caracterizado por agrietamientos y deformaciones longitudinales, así como roderas y expulsión de finos, lo cual, a su vez es causa de la incapacidad de la estructura del pavimento de atender el tránsito actual, el cual asciende a

poco

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

más de 1,657 veh/día.

Derivado de lo anterior, el nivel de servicio de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, se ha deteriorado hasta llegar a niveles no satisfactorios, esta condición afecta a los usuarios de forma directa y disminuye la funcionalidad de uno de los tramos carreteros más importantes para el Estado de Michoacán.

b) Análisis de la Oferta Existente

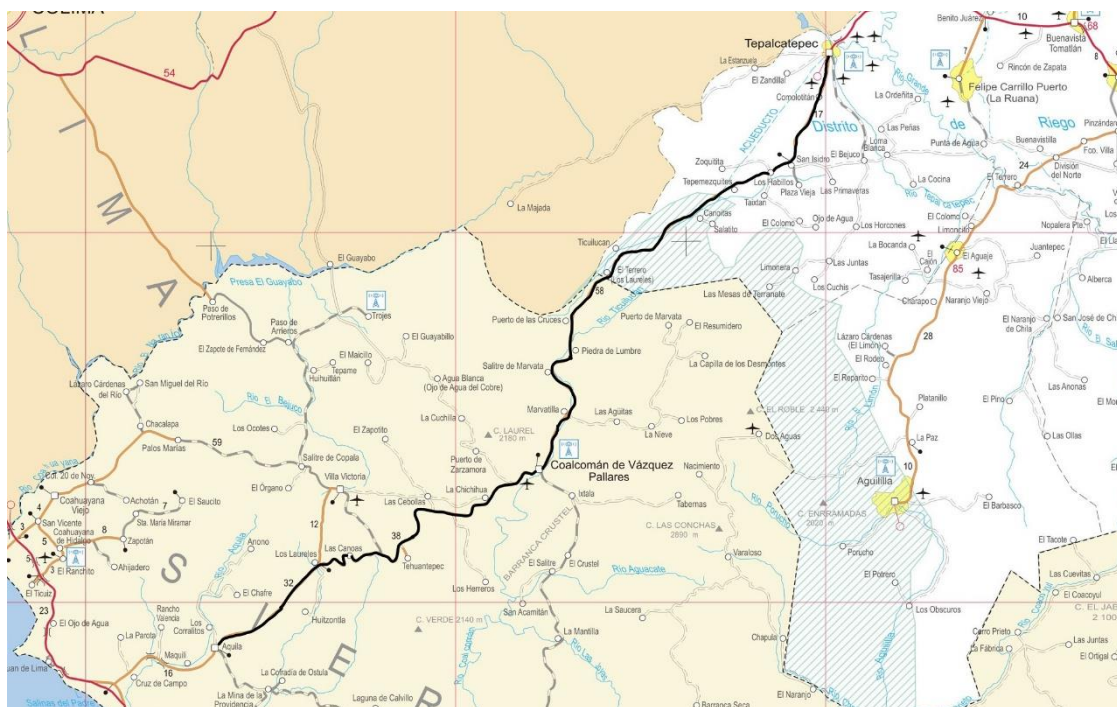
Definición de Red de Análisis.

Para definir la Red de Análisis, primeramente, conviene determinar que significa. Con base en la Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras emitida por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), se define a la Red de Análisis como: “La red relevante está formada por todas las carreteras por las que en la actualidad se puede viajar de un extremo a otro o a un punto intermedio de la carretera que es motivo del proyecto. Para definirla es necesario identificar todas las vialidades donde la cantidad de vehículos que transitan por ellas puede incrementarse o reducirse como consecuencia de la realización del proyecto”.

Con base en lo descrito en el párrafo anterior, se puede precisar que la definición de la Red de Análisis es de suma importancia, debido a que a partir de ésta se llevará a cabo el análisis posterior.

La infraestructura en la zona de estudio se encuentra integrada por la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila.

Figura 8. Red de análisis.



“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Fuente: Elaboración propia.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Caracterización de la oferta.

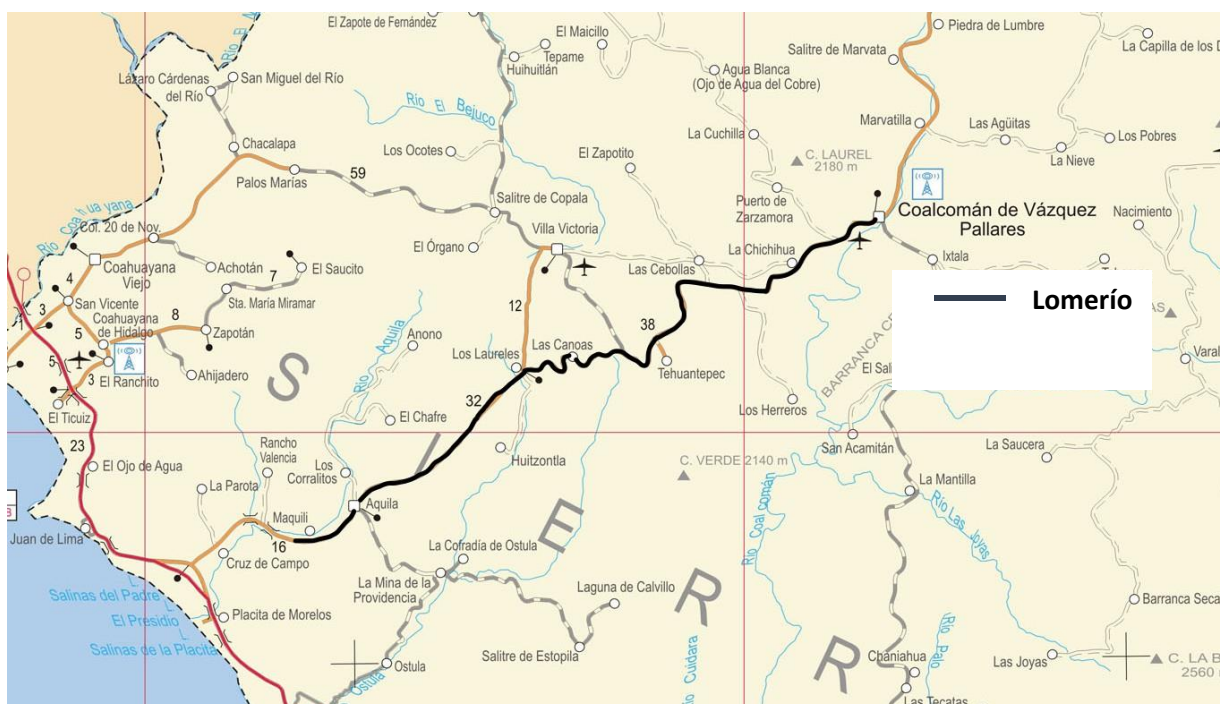
El levantamiento de las características físicas permite establecer las condiciones geométricas y operativas de la red. Para conocer los rasgos significativos de las vialidades en estudio, se recabo información documental y se realizaron diversos recorridos sobre la zona de influencia para obtener la siguiente información:

- Tipo de terreno (plano, lomerío o montañoso).
- Sección transversal (ancho de corona, número de carriles, acotamientos).
- Tipo de pavimento (asfalto).
- Estado del pavimento (IRI).
- Velocidades.

a) Tipo de terreno: El tipo de terreno es un factor que puede influir significativamente en las características geométricas de una carretera, por tal motivo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de las Normas de Servicios Técnicos para proyecto geométrico, establece tres tipos de terreno de acuerdo con las características topográficas del terreno: plano, lomerío y montañoso. Según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, por sus siglas en inglés) en su versión última, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: Plano ≤ 2.0 , $2.0 < \text{Lomerío} \leq 4.0$, Montañoso > 4.0

En la siguiente figura se observa que el total del tramo se encuentra en un tipo de terreno tipo plano, al contar con una pendiente menor al 2%.

Figura 9. Tipo de terreno de la Red de Análisis (Lomerío).



Fuente:

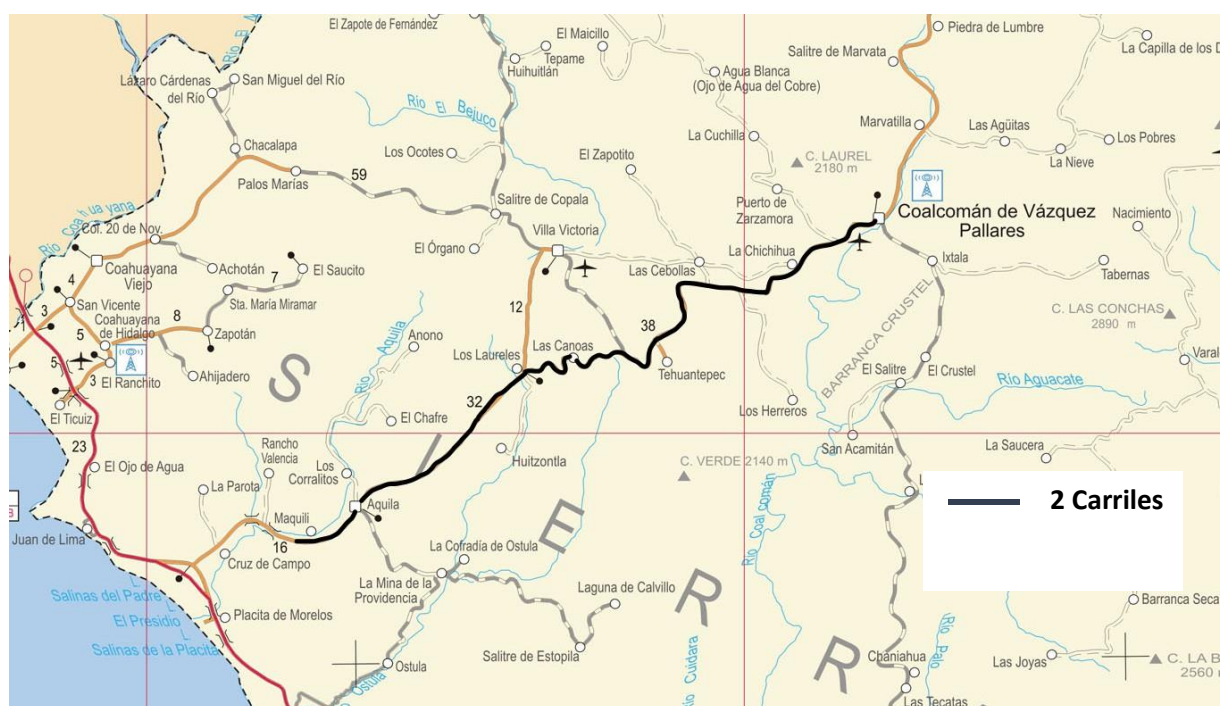
Fondo de Aportaciones Estatales para la Infraestructura de los Servicios Públicos Municipales
FAEISPUM 2025.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Elaboración propia con base en recorridos en campo.

- El tramo de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aguila, cuenta con un ancho de corona de 7.0 metros, la cual aloja 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho por carril, sin camellones ni acotamientos laterales.

Figura 10. Número de carriles en la Red de Análisis (2 Carriles – 7m ancho).

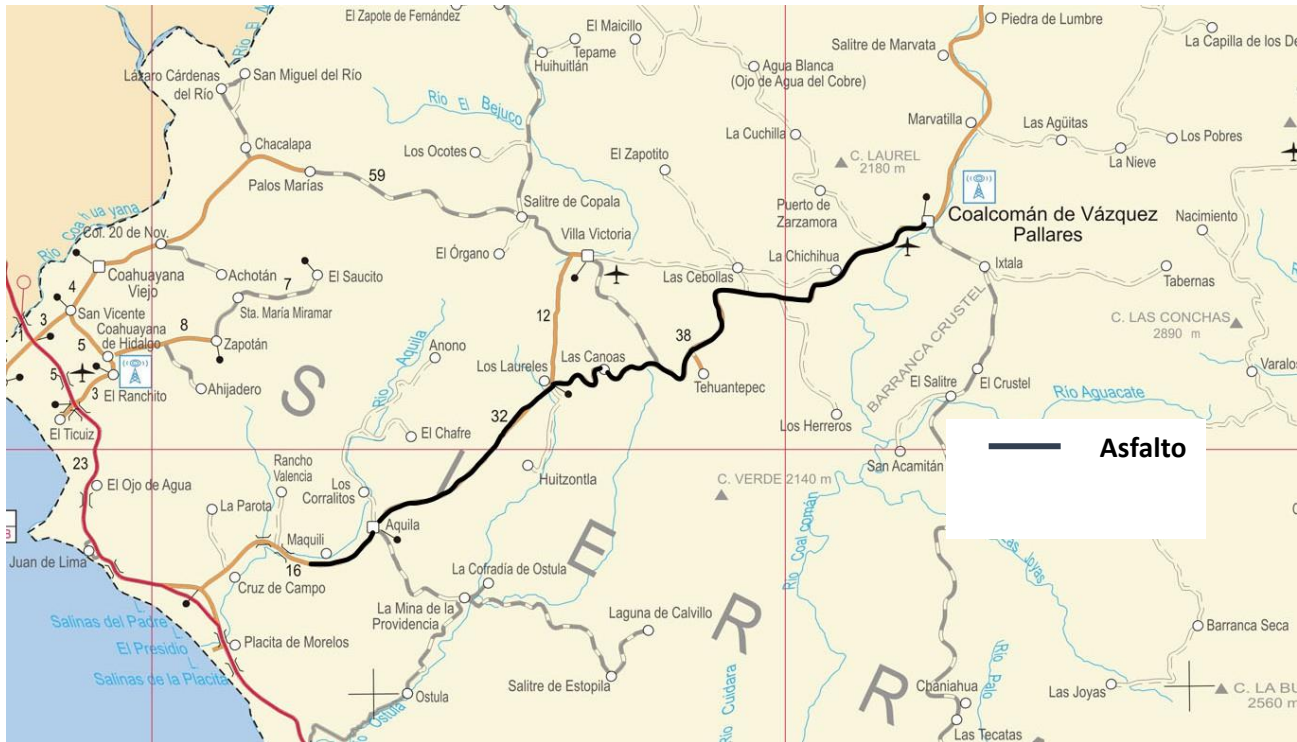


**Fondo de Aportaciones Estatales para la Infraestructura de los Servicios Públicos Municipales
FAEISPUM 2025.**

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

- c) **Tipo de pavimento:** La red de Análisis se encuentra compuesta en su totalidad por tramos con un pavimento tipo asfáltico.

Figura 11. Tipo de Pavimento de la Red de Análisis.



Fuente: Elaboración propia con base en recorridos en campo.

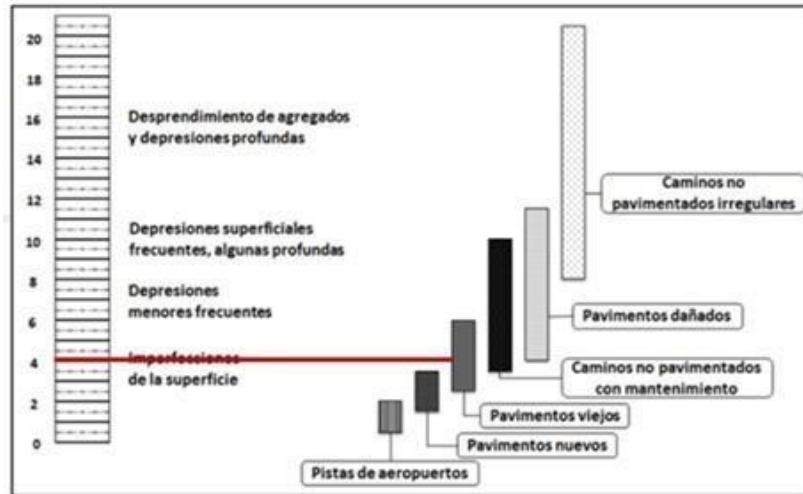
- d) **Estado del pavimento:** El estado del pavimento representa una importante característica física y operativa de una vía, ya que interviene como un factor en la toma de decisión de un usuario, pues está directamente asociado a la seguridad y velocidad que se puede desarrollar, es decir, un pavimento en buen estado permite a los usuarios conducir a una velocidad constante, sin contratiempos, y ofrece mayor seguridad en caso de requerir detener un vehículo por un imprevisto.

Para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos que indican las condiciones actuales del estado superficial de un camino, se hizo uso del Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (por sus siglas en inglés, International Roughness Index), el cual nos permite medir la calidad de la superficie de rodamiento de un camino. Para los caminos pavimentados el rango esperado del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Para la determinación del valor del IRI, se utilizó como referencia la escala del IRI planteada por el Banco Mundial, y con base en la evaluación del pavimento observado en las fotografías anteriores, se propuso un valor del IRI de 4.0 m/km, el cual corresponde a un pavimento viejo que presenta imperfecciones en su superficie.

Figura 12. Valor de referencia del Índice Internacional de Rugosidad (IRI).



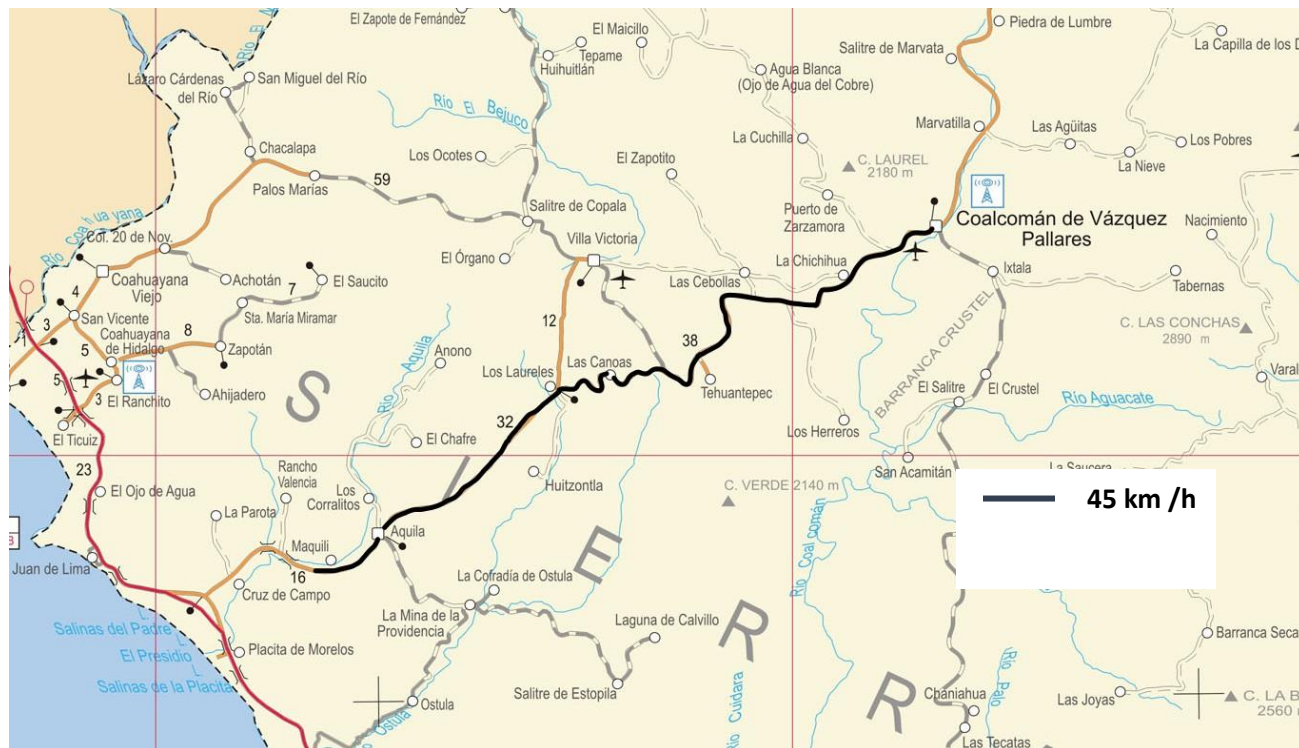
Fuente: Banco Mundial.

e) Velocidades: Con el objeto de determinar las medidas de desempeño que nos ayuden a determinar el estado actual de la operación en la zona del proyecto en estudio, se realizó un análisis de capacidad, en el cual mediante la determinación de las velocidades de operación para cada segmento de la vialidad. Las velocidades de operación de los vehículos se ven afectadas por diversas circunstancias como la composición vehicular, la pendiente de la vía, los peatones, las maniobras del transporte público, cruceros, etcétera.

Para determinar las velocidades promedio en la situación actual en las vialidades que conforman la Red de Análisis, se consideraron por un lado las velocidades máximas permitidas de acuerdo con el señalamiento que se encuentra alojado a lo largo de la carretera en cuestión; por otro lado, se consideraron los resultados de diversas mediciones de tiempo de recorrido realizadas a través del método de vehículo flotante.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Figura 13. Velocidad de operación de la Red de Análisis.



Fuente: Elaboración propia con base en recorridos en campo.

Con base en lo anterior, se pudo identificar que la velocidad promedio en el tramo: Coalcoman - Aguila es de 45 km/h, mientras que para el tramo Aguila - Maquili, también es de 45.0 km/h.

Tramificación de la Red de Análisis.

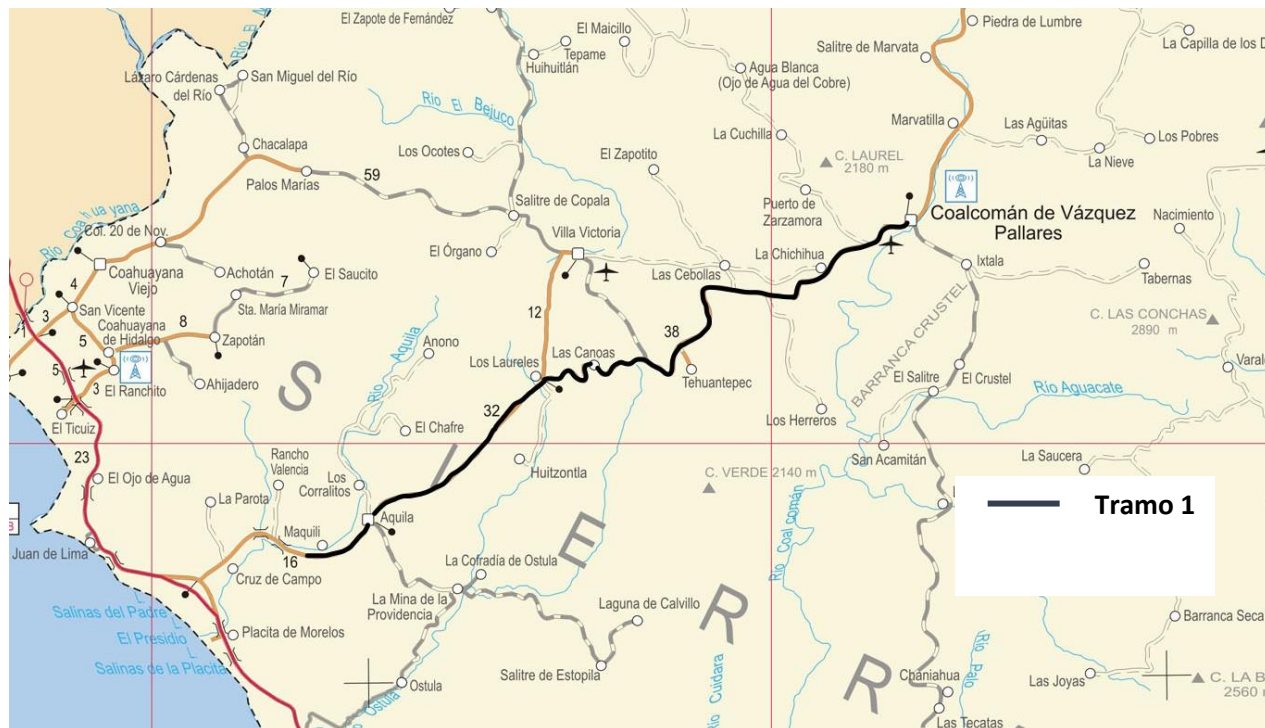
La metodología utilizada para llevar a cabo la selección de los tramos considerados se realizó con base en Guía General para la Preparación y Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Proyectos Carreteros, elaborado por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), en su edición de noviembre de 2004.

Los criterios utilizados para llevar a cabo la tramificación del proyecto se basan en la oferta (tipo de terreno, sección transversal, estado del pavimento y velocidad de operación) y demanda (TDPA).

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

De acuerdo con los criterios indicados anteriormente planteados, se identificaron un total de 1 tramos conforme a lo siguiente:

Figura 14. Tramificación de la Red de Análisis.



Fuente: Elaboración propia con base en recorridos en campo.

A continuación, se presenta una descripción de los tramos que conforman el proyecto en la situación actual, así como sus principales características:

Tramo 1. Coalcoman – Aquila - Maquili, El tramo 1 inicia en la localidad de Coalcoman en el Km 0+000 y finaliza en el municipio de Aquila en el Km 72+200. El tramo cuenta con una sección transversal de 7.0 metros, en la mayor parte de su sección.

Cuenta con carriles centrales que corresponden a una sección tipo C2, la cual aloja dos carriles, uno por sentido de circulación de 3.5 metros de ancho, sin acotamientos, ni camellones; en este tramo las pendientes son mayores al 2.0%, por lo anterior, el tipo de terreno se clasifica como lomerío; el tipo de pavimento es asfáltico, se encuentra en malas condiciones; la velocidad promedio de operación asciende a 45.0 km/hr.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Figura 15. Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila.



Fuente: Elaboración propia con base en recorridos en campo.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

A continuación, se presenta una tabla resumen de los subtramos que conforman la Red de Análisis para el proyecto, rehabilitación de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila.

Tabla 3. Datos de la oferta en la situación actual de la Red de Análisis.

Concepto	Carretera Estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila
No de tramo	1
Longitud, km	72.2
Carriles	2
Ancho de corona, metros	7.0
Tipo de carretera	Asfalto
Ancho de carriles, metros	3.5
Ancho de acotamiento exterior, metros	0.0
Ancho de acotamiento interior, metros	0.0
Velocidad, km/hr	45.0
Tipo de terreno ^{a/}	Lomerío
Estado físico	No Satisfactorio
Índice internacional de rugosidad (IRI) ^{b/}	4.0
Tiempo de recorrido (min)	63

Nota:

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

^{b/} En referencia al estado físico de la carretera observado, y dados los parámetros siguientes: $\text{IRI} > 3.5$: No satisfactorio; $2.5 < \text{IRI} \leq 3.5$: Satisfactorio; $\text{IRI} \leq 2.5$: Bueno.

c) Análisis de la Demanda Actual

En este apartado se explica la metodología utilizada y los lineamientos que se siguieron para la realización de los estudios y la obtención de los resultados de tránsito; cabe señalar que la metodología utilizada para la determinación del TDPA, composición vehicular y tasa de crecimiento, se apegan a los establecido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

A continuación, se presenta una descripción de las etapas realizadas:

- Recopilación de información. Refiere a la obtención de información recopilada y la clasificación del tránsito que circula por la red carretera de manera anual (Ediciones 2011 al 2021).
- Procesamiento y análisis de la información. Con base en la información recopilada, se identificarán el aforo que se encuentren en los tramos en estudio, a efecto de conocer el TDPA, así como su composición vehicular.
- Obtención de Tasa de Crecimiento Anual. Mediante evaluación de los registros históricos de tránsito de las estaciones de aforo cercanas al área de estudio, se procederá a obtener la determinación de la Tasa de Crecimiento anual (TCA).

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Recopilación de información documental y de tránsito.

La recolección de información para el estudio se realizó a través de investigación documental, a continuación, se muestra la información recolectada en cada una de estas etapas y su funcionalidad dentro del estudio.

Procesamiento y análisis de la información.

Para llevar a cabo el procesamiento de la información, se debió desarrollar con anticipación los siguientes procesos:

- Homogeneización de las bases de datos: organizar, agrupar y concentrar toda la información obtenida en una sola base, permitiendo el uso y consulta de datos eficientemente.
- Análisis de la información: considera todos los procesos intermedios y finales de preparación de la información.

Con la información obtenida, así como el comportamiento estacional del tráfico en la región, se obtuvo el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) para el tramo que corresponden la Red Vial Relevante actual.

En la siguiente imagen se muestra los resultados obtenidos de los aforos vehiculares en campo.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Obtención de Tasa de Crecimiento Anual.

Para conocer el volumen de tránsito futuro que circulará en una vía, se requiere de una serie histórica de los volúmenes que pasan por un punto determinado, esta información sirve para realizar una predicción del tránsito bajo el supuesto de que a futuro se mantiene la tendencia histórica. Estos modelos generalmente correlacionan la cantidad de vehículos con respecto al año en que se obtuvo la medición, y generalmente se expresan como modelos de regresión, para lo cual un análisis estadístico representa una solución válida.

- **Proceso metodológico para la obtención de la tasa de crecimiento.**

Entonces, se empleará el análisis de regresión lineal aplicando el método de mínimos cuadrados, que permite ajustar una línea o tendencia; la base de esto es porque, en términos generales, la tendencia histórica del flujo vehicular es del tipo lineal. Para ello se emplea la siguiente ecuación:

La recta de mínimos cuadrados que aproxima el conjunto de puntos $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_N, Y_N)$ tiene por ecuación:

$$y = mx + b$$

Donde las constantes quedan fijadas al resolver simultáneamente las ecuaciones:

$$\sum y = m \sum X + bN$$

$$\sum XY = m \sum X^2 + b \sum X$$

Que se llaman ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados.

Las constantes m y b de las ecuaciones anteriores se pueden hallar de las fórmulas siguientes:

$$m = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Donde:

N = Número de eventos

Y = Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)

X = Año de Referencia

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Posteriormente, una vez obtenidos la recta correspondiente, se utilizarán los valores Final e Inicial, y se aplicará la siguiente fórmula para la determinación de la tasa de crecimiento en el periodo analizado:

$$i = \left[\left(\frac{P_f}{P_o} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] 100$$

Donde:

- i = Tasa de crecimiento en el periodo ti - ti+1
- Pf = Valor en el año final
- Po = Valor en el año inicial
- t = Número de años entre el valor Po y el valor Pf

- **Cálculo de la tasa de crecimiento.**

Para el cálculo de la tasa de crecimiento se utilizaron los valores del TDPA registrado en las estaciones de aforo ubicadas en la carretera federal Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila; fueron identificadas un total de dos estaciones, las cuales se analizaron en el periodo comprendido entre los años de 2015 a 2023, esta información fue obtenida de los libros de Datos viales que genera la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST).

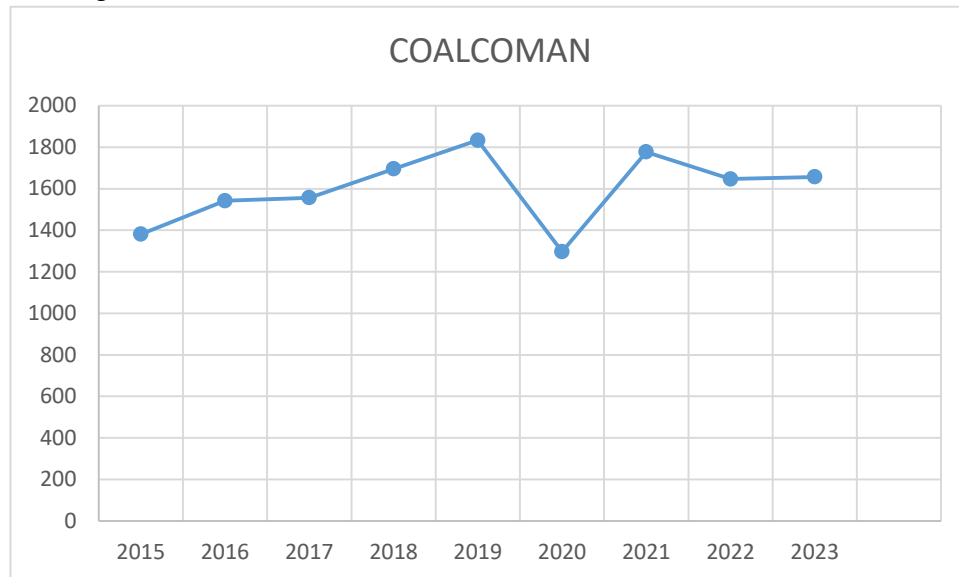
Tabla 4. TDPA registrado en las estaciones ubicadas en la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila.

Ruta: MICH-29	CARR: Tepalcatepec- Coalcoman - Aquila	
Lugar	Coalcoman	Aquila
km	0+000	72+200
Coordenadas (X, Y)	(18.805527, - 103.146844)	(18.598897, -103.498189)
Año		
2015	1,381	541
2016	1,542	573
2017	1,557	576
2018	1,695	610
2019	1,833	645
2020	1,297	670
2021	1,777	625
2022	1,647	726
2023	1,657	749
Tasa de crecimiento	2.0%	1.8%
Promedio	1.90%	

Fuente: Datos viales ediciones 2015 – 2023.

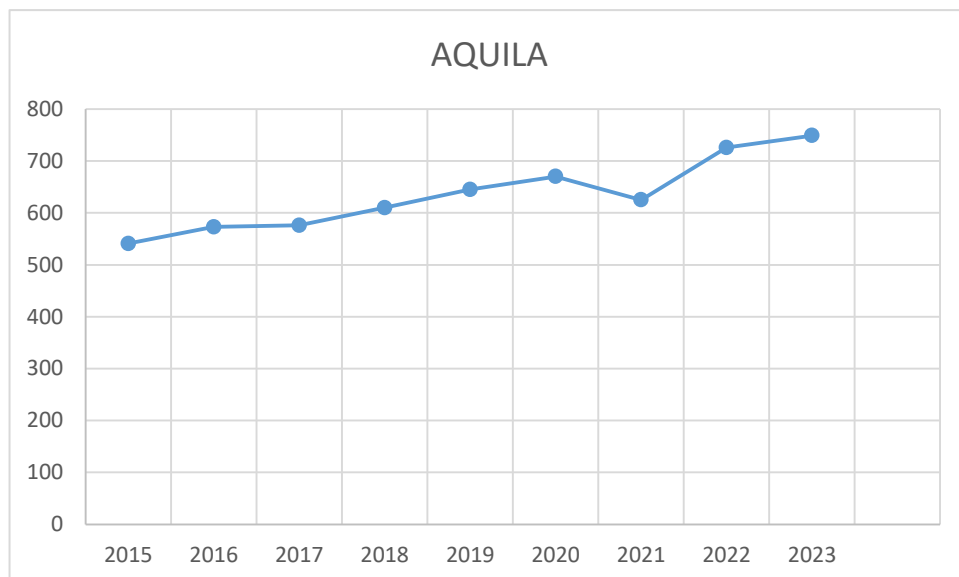
“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Figura 16. Incremento de tránsito en la estación T. C. Toluca - Morelia



Fuente: Elaboración propia con base en Datos Viales.

Figura 17. Incremento de tránsito en la estación Agangueo



Fuente: Elaboración propia con base en Datos Viales.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Con base en los resultados obtenidos, se realizó un promedio de la tasa de crecimiento de las tres estaciones, lo que dio como resultados una tasa global del **1.90%** en la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, por lo que será la tasa de crecimiento que se utilizará para el presente documento.

d) Interacción de la Oferta-Demanda

Los niveles de servicio sirven para medir la calidad del flujo vehicular, esta medida se considera una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo, y de la percepción por los usuarios que se encuentran en ese momento en la red. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia, la seguridad vial y las demoras. De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, etc. Entre los externos están las características fijas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, acotamientos, pendientes, etc.

Existen diferentes niveles de análisis, para el presente estudio se realizó un análisis semiurbano que considera carretera libre, autopistas y calles dentro de una población considerando diferentes características como número básico de carriles, sentidos, anchos de carril, acotamientos, volúmenes de tránsito, flujos en hora de máxima demanda, porcentaje de vehículos pesados, etc. Estos datos están basados en los atributos operacionales, por lo que la precisión de esta aplicación es intermedia, más aún por la incertidumbre que existe en pronósticos de la demanda futura de tránsito. El manual de capacidad vial HCM 2000 del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la carretera o calle, al cual se le denomina flujo de servicio. Este flujo va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel E, o capacidad del tramo de carretera o calle. Tradicionalmente se ha considerado la velocidad el principal indicador para identificar el nivel de servicio, sin embargo, se introducen otros factores como densidad y demora. La descripción de los servicios es:

Nivel de servicio A: Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en circulación. Con alta libertad para seleccionar la velocidad deseada y maniobrar dentro del tránsito. La comodidad y conveniencia proporcionada por la circulación es excelente. Adicionalmente, los conductores pueden viajar a la velocidad deseada. La frecuencia de rebase es alta.

Nivel de servicio B: Está aún dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes en la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye la capacidad de maniobra. La presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno. La demanda por rebase es más significativa. Por encima de esta tasa de flujo, el número de grupos vehiculares se incrementa

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

significativamente.

Nivel de servicio C: Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios, la velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida, la comodidad y conveniencia desciende notablemente. Aumenta notablemente la formación de grupos de vehículos. Existen más zonas de no rebase, por lo que la capacidad de rebase disminuye. El flujo es estable, pero se presenta congestión debido a vehículos que realizan maniobras de vuelta o a la circulación de vehículos lentos.

Nivel de servicio D: Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, la comodidad y conveniencia son bajas, los incrementos de flujo ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas. El Flujo vehicular es inestable. Los volúmenes de tránsito son altos y las maniobras de rebase se tornan difíciles.

Nivel de servicio E: El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad, la velocidad es baja y uniforme, a maniobra es difícil y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”, hay frustración en los conductores, la circulación es inestable debido a aumentos de tráfico o perturbaciones del tránsito que producen colapsos. El rebase es prácticamente imposible y los grupos vehiculares son intensos a medida que se encuentran vehículos lentos u otras interrupciones.

Nivel de servicio F: Representa condiciones de flujo forzado. Hay formación de colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los cuellos de botella. Representa flujo congestionado con demandas vehiculares que exceden la capacidad. Las velocidades son muy variables.

Análisis de carretera.

Supuestos: Para llevar a cabo el análisis de capacidad, la vía en cuestión se analizó como una carretera de carriles, que son definidas como *“Son las que tienen uno o más carriles por sentido con características menores a las autopistas, por ejemplo, sin control total de accesos y en algunos casos no divididas o sin faja separadora central. Se encuentran en entornos rurales y zonas suburbanas donde las densidades de desarrollo urbanístico son mayores, aumentando la fricción vehicular por la presencia más frecuente de movimientos de vuelta y retornos, ocasionando que la operación o el nivel de servicio sean de menor calidad que el ofrecido por las autopistas”* (Cal y Mayor, 2018).

Metodología: El proceso para la determinación del nivel de servicio se realizó con base en la metodología del HCM 2010 para el análisis del tránsito en este tipo de vías. Lo anterior, permite obtener los indicadores necesarios para conocer el comportamiento en la situación con proyecto de la vialidad y tener los insumos suficientes para proponer mejoras a la carretera en estudio, que permita mantener un nivel de servicio adecuado.

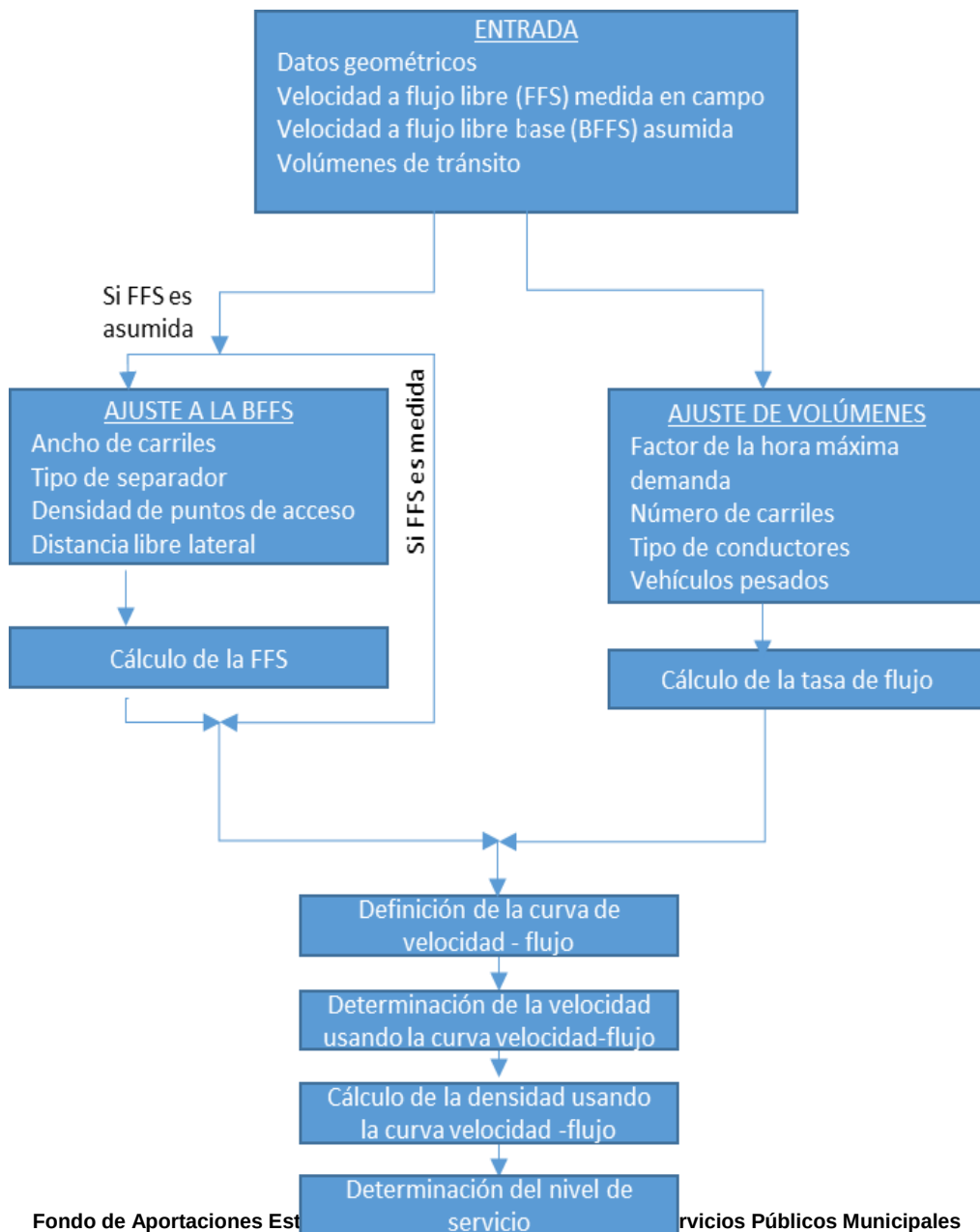
Una carretera de este tipo, puede ser caracterizada por tres medidas:

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

- La densidad, en términos de vehículos de pasajeros por kilómetro por carril.
- La velocidad, en términos de la velocidad de los vehículos de pasajeros.
- La relación volumen/capacidad (v/c).

En la figura siguiente, se ilustra la **metodología** de análisis para estas carreteras, desde los datos de entrada y el orden de cómputo, hasta la determinación del nivel de servicio. Estos pasos se describen a continuación:

Figura 18. Esquema metodológico para el análisis de carreteras.



Fuente:

Fondo de Aportaciones Estadales a los Municipios y FFAEISPU 2025. Servicios Públicos Municipales

TRB.

33

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Highway Capacity Manual. HCM 2010.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Cálculo de la FFS

Conforme a la metodología que se plantea en el HCM se calcula la velocidad a flujo libre (FFS) utilizando la siguiente fórmula:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A$$

Dónde:

FFS: velocidad a flujo libre

BFFS: Velocidad a flujo libre base

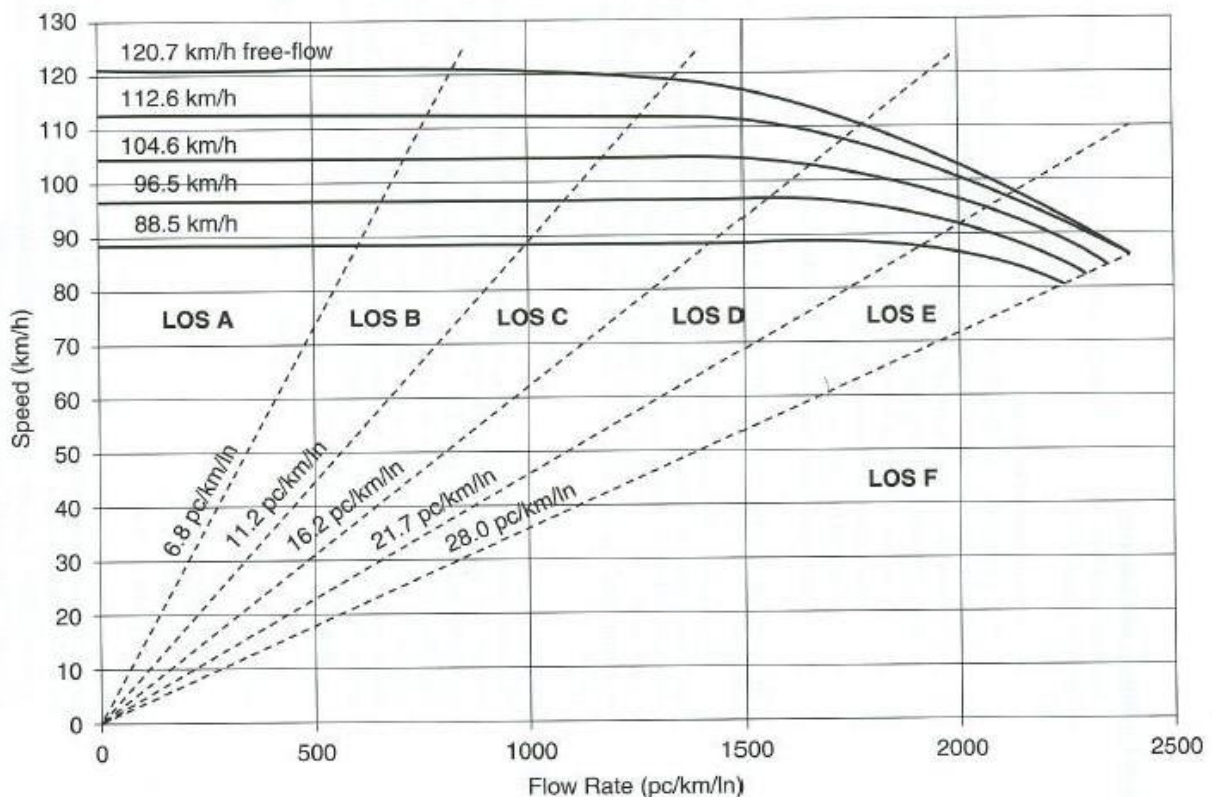
f_{LW} : Factor de ajuste por ancho de carril

f_{LC} : Factor de ajuste por ancho de acotamiento

f_M : Factor de ajuste por tipo de separación de carriles

f_A : Factor de ajuste por densidad de accesos.

Una vez determinada la velocidad a flujo libre (FFS) se busca la curva a flujo libre que mejor se ajuste:



Con la información obtenida de los datos de demanda se obtiene el volumen horario de máxima demanda (VHMD), el cual se obtiene al multiplicar el TDPA por el coeficiente k que representa el porcentaje de vehículos en la 30° hora pico del año.

$$VHMD = K (TDPA)$$

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Cálculo de la tasa de flujo vp

De acuerdo con lo establecido en el HCM, se determina la tasa de flujo con la siguiente fórmula que relaciona el volumen horario de máxima demanda (VHMD), el factor de hora pico (FHP), el número de carriles (N), el factor de ajuste por vehículos pesados (f_{HV}) y el factor por conductor fp.

$$v_p = \frac{VHMD}{FHP * N * f_{HV} * f_p}$$

Donde: Vp= Tasa de flujo N: Número de carriles
VHMD: Valor Horario de Máxima Demanda f_{HV} : Factor de vehículos pesados
FHP: Factor de Hora Pico fp: Factor por conductor

Cálculo de la densidad

Para el cálculo de la densidad se relaciona la tasa de flujo de la autopista con la velocidad media esperada:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

Dónde: D: Densidad
Vp: Tasa de flujo
S: Velocidad media esperada

Determinación del nivel de servicio actual

Una vez determinada la curva que mejor se ajuste a la velocidad a flujo libre FFS determinada en pasos anteriores y con la densidad, se toma como referencia los parámetros establecidos en el HCM 2010.

Parámetros: Con base a la metodología del HCM 2010 para el análisis del tránsito en Carreteras de múltiples carriles, en la siguiente tabla se presentan los parámetros para la determinación de los niveles de servicio correspondientes:

Tabla 5. Niveles de servicio para carreteras de múltiples carriles.

Nivel de servicio	Velocidad a Flujo Libre FFS (Km/h)	Densidad (automóviles/km/carril)
A	Todas	0-7
B	Todas	7-11
C	Todas	11-16
D	Todas	16-22
E	96	22-25
	88	22-26
	80	22-27
	72	22-28
F	96	>25
	88	>26
	80	>27
	72	>28

Fuente: TRB.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Highway Capacity Manual HCM 2010.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Tabla 6. Interacción oferta-demanda de las carreteras que integran la Red de Análisis, en la situación actual.

Año	Carretera Estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila	
	TDPA	Nivel de Servicio
0	1,657	D
1	1,674	
2	1,690	
3	1,707	
4	1,724	
5	1,742	
6	1,759	D
7	1,777	E
8	1,794	
9	1,812	
10	1,830	
11	1,849	E
12	1,867	F
13	1,886	
14	1,905	
15	1,924	
16	1,943	
17	1,962	
18	1,982	
19	2,002	
20	2,022	
21	2,042	
22	2,062	
23	2,083	
24	2,104	
25	2,125	
26	2,146	
27	2,168	
28	2,189	
29	2,211	
30	2,233	F

Fuente: Elaboración propia.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

De la tabla anterior se puede concluir que en el tramo: Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila actualmente opera en un nivel de servicio “D”, y durante la operación llega a condiciones de servicio “F” lo cual representa condiciones de flujo forzado. Hay formación de colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los cuellos de botella. Representa flujo congestionado con demandas vehiculares que exceden la capacidad. Las velocidades son muy variables lo cual representa condiciones de flujo forzado y de saturación de la vía provocando demoras a los usuarios.

Costos Generalizados de Viaje (CGV).

La interacción de la oferta y la demanda se refleja en Costo Generalizado de Viaje (CGV), el cual se define como el costo en el que incurren los usuarios del camino. Éste incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo del tiempo de recorrido (CTR), y el costo de operación de los vehículos (COV) en que se realizan dichos viajes (incluyendo combustibles, neumáticos, lubricantes, etc).

El CGV de la situación sin proyecto debe calcularse por tipo de vehículo para cada tramo, en el periodo de congestión de acuerdo con la expresión:

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

Donde:

- i puede ser vehículo ligero (A), autobús (B), camión (C).
- j se refiere a cada tramo de la carretera.
- K es el periodo de congestión.
- $CGV_{i,j,k}$ es el Costo Generalizado de Viaje calculado para el tipo de vehículo i en el tramo j, y periodo de congestión k
- $COV_{i,j,k}$ es el Costo de Operación Vehicular o costo variable medio de utilizar un tipo de vehículo i en el tramo j, en el periodo de congestión k.
- $CTR_{i,j,k}$ es el Costo por Tiempo de Recorrido de los pasajeros que viajan en el tipo de vehículo i en el tramo j, en el periodo de congestión k.

El COV mide en términos monetarios el costo que le representa al usuario circular por una carretera. La unidad con que se expresa es pesos por kilómetro recorrido (\$/km). Para su cálculo se incluye el consumo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, así como a la altitud sobre el nivel del mar.

El CTR representa el valor, en términos monetarios, del tiempo de viaje de las personas que viajan en cada tipo de vehículo i. Está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (pesos/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

El CGV de la situación actual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 7. Costos Generalizados de Viaje en la situación actual.

Año	Carretera Estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila			
	COV	Tiempo	Conservación	TOTAL
0	212,887,710	162,268,815	5,198,400	380,354,925
1	219,015,180	168,726,451	5,198,400	392,940,031
2	226,177,975	175,441,075	5,198,400	406,817,451
3	235,060,444	182,422,914	5,198,400	422,681,758
4	246,815,741	189,682,601	5,198,400	441,696,742
5	263,374,633	197,231,195	7,891,200	468,497,027
6	287,960,503	205,080,191	5,198,400	498,239,094
7	325,955,717	213,241,546	5,198,400	544,395,663
8	353,722,065	221,727,689	5,198,400	580,648,154
9	374,668,320	230,551,546	5,198,400	610,418,266
10	393,240,629	239,726,557	12,748,800	645,715,986
11	412,733,567	249,266,695	5,198,400	667,198,662
12	433,192,770	259,186,492	5,198,400	697,577,662
13	454,666,136	269,501,057	5,198,400	729,365,592
14	477,203,936	280,226,099	5,198,400	762,628,435
15	500,858,935	291,377,954	7,891,200	800,128,089
16	525,686,512	302,973,607	5,198,400	833,858,519
17	551,744,793	315,030,720	5,198,400	871,973,913
18	579,094,782	327,567,657	5,198,400	911,860,839
19	607,800,511	340,603,512	5,198,400	953,602,423
20	637,929,182	354,158,142	12,748,800	1,004,836,124
21	669,551,331	368,252,190	5,198,400	1,043,001,922
22	702,740,991	382,907,124	5,198,400	1,090,846,515
23	737,575,862	398,145,265	5,198,400	1,140,919,527
24	774,137,497	413,989,822	5,198,400	1,193,325,719
25	812,511,493	430,464,927	7,891,200	1,250,867,620
26	852,787,688	447,595,674	5,198,400	1,305,581,762
27	895,060,373	465,408,155	5,198,400	1,365,666,928
28	939,428,516	483,929,500	5,198,400	1,428,556,416
29	985,995,988	503,187,918	5,198,400	1,494,382,306
30	1,034,871,809	523,212,744	5,198,400	1,563,282,953

Fuente: Elaboración propia.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

III. Situación sin el PPI

a) Optimizaciones

Con el fin de optimizar la operación y funcionalidad de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, se proponen las siguientes acciones:

- En caso de que el proyecto no se realice, se realizarían trabajos de conservación y mantenimiento a la carretera en cuestión consistentes en limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento.
- Asimismo, se pretende llevar a cabo un programa de mejora del señalamiento horizontal y vertical.

El monto por llevar a cabo estas acciones se estima en 2.910 millones de pesos (mdp), que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA). Los datos de esta situación se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 8. Monto total de las optimizaciones.

Obras de señalamiento	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Monto
Pintado de raya	km	16,371.00	72.2	1,181,986.20
Violetas e indicadores de alineamiento	pza	49.00	6,500	318,500
Señalamiento vertical	pza	4,311.00	125	538,875
Suma				2,039,361.2
Pavimento	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Monto
Conservación y mantenimiento	km	30,600.00	72.2	2,209,320
Suma				2,209,320
Total				4,248,681.20

Fuente: Elaboración propia.

Con estas acciones, la velocidad de operación mejoraría, sin embargo, lo haría de forma poco significativa y por un lapso de tiempo corto, dado que no se estaría atendiendo el problema de raíz, es decir, no se estaría atendiendo la estructura de pavimento, por lo que al poco tiempo se presentarían nuevamente agrietamientos y deformaciones longitudinales, así como roderas.

b) Análisis de la Oferta

En caso de llevar a cabo las optimizaciones planteadas, las características geométricas de las carreteras que conforman la Red de Análisis serían las mismas, mientras que el estado superficial (IRI) mejora debido a los trabajos relacionados con la optimización; así también se mejoran marginalmente las velocidades de operación.

En la siguiente tabla se presentan las características, físicas y geométricas en la situación sin proyecto:

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Tabla 9. Datos de la oferta en la situación sin proyecto de la red de análisis.

Concepto	Carretera Estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila
No de tramo	1
Longitud, km	72.2
Carriles	2
Ancho de corona, metros	7.0
Tipo de carretera	Asfalto
Ancho de carriles, metros	3.5
Ancho de acotamiento exterior, metros	0.0
Ancho de acotamiento interior, metros	0.0
Velocidad, km/hr	47
Tipo de terreno ^{a/}	Lomerío
Estado físico	No satisfactorio
Índice internacional de rugosidad (IRI) ^{b/}	3.5
Tiempo de recorrido (min)	60

Nota:

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

^{b/} En referencia al estado físico de la carretera observado, y dados los parámetros siguientes: $\text{IRI} > 3.5$: No satisfactorio; $2.5 < \text{IRI} \leq 3.5$: Satisfactorio; $\text{IRI} \leq 2.5$: Bueno.

c) Análisis de la demanda

Debido a que los trabajos de optimización en la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila presentan un efecto marginal en las condiciones de operación del tramo, además de tratarse de vialidades existentes, la demanda permanece constante. En este sentido, se considera la misma que fue detallada en la situación actual.

Tabla 10. TDPA actualizado y composición vehicular de la carretera estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila

Subtramo	TDPA	Composición vehicular		
		A	B	C
1. Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila	1,657	80.5%	1.9%	17.6%

Fuente: Elaboración propia con base en información del estudio de demanda.

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

Los niveles de servicio sirven para medir la calidad del flujo vehicular, esta medida se considera una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo, y de la percepción por los usuarios que se encuentran en ese momento en la red. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia, la seguridad vial y las demoras. De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, etc. Entre los externos están las características fijas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, acotamientos, pendientes, etc.}

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Existen diferentes niveles de análisis, para el presente estudio se realizó un análisis semiurbano que considera carretera libre, autopistas y calles dentro de una población considerando diferentes características como número básico de carriles, sentidos, anchos de carril, acotamientos, volúmenes de tránsito, flujos en hora de máxima demanda, porcentaje de vehículos pesados, etc. Estos datos están basados en los atributos operacionales, por lo que la precisión de esta aplicación es intermedia, más aún por la incertidumbre que existe en pronósticos de la demanda futura de tránsito. El manual de capacidad vial HCM 2000 del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la carretera o calle, al cual se le denomina flujo de servicio. Este flujo va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel E, o capacidad del tramo de carretera o calle. Tradicionalmente se ha considerado la velocidad el principal indicador para identificar el nivel de servicio, sin embargo, se introducen otros factores como densidad y demora. La descripción de los servicios es:

Nivel de servicio A: Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en circulación. Con alta libertad para seleccionar la velocidad deseada y maniobrar dentro del tránsito. La comodidad y conveniencia proporcionada por la circulación es excelente.

Nivel de servicio B: Está aún dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes en la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye la capacidad de maniobra. La presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

Nivel de servicio C: Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios, la velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida, la comodidad y conveniencia desciende notablemente.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Nivel de servicio D: Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, la comodidad y conveniencia son bajas, los incrementos de flujo ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

Nivel de servicio E: El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad, la velocidad es baja y uniforme, a maniobra es difícil y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”, hay frustración en los conductores, la circulación es inestable debido a aumentos de tráfico o perturbaciones del tránsito que producen colapsos.

Nivel de servicio F: Representa condiciones de flujo forzado. Hay formación de colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los cuellos de botella.

Análogamente a la situación actual, la interacción oferta-demanda en la situación optimizada queda determinada por el nivel de servicio y se considera es la misma, ya que no se incrementa la capacidad de la vía.

Análisis de carretera.

Supuestos: Para llevar a cabo el análisis de capacidad, la vía en cuestión se analizó como una carretera de carriles múltiples, que son definidas como *“Son las que tienen dos o más carriles por sentido con características menores a las autopistas, por ejemplo, sin control total de accesos y en algunos casos no divididas o sin faja separadora central. Se encuentran en entornos rurales y zonas suburbanas donde las densidades de desarrollo urbanístico son mayores, aumentando la fricción vehicular por la presencia más frecuente de movimientos de vuelta y retornos, ocasionando que la operación o el nivel de servicio sean de menor calidad que el ofrecido por las autopistas”* (Cal y Mayor, 2018).

Metodología: El proceso para la determinación del nivel de servicio se realizó con base en la metodología del HCM 2010 para el análisis del tránsito en las vías. Lo anterior, permite obtener los indicadores necesarios para conocer el comportamiento en la situación con proyecto de la vialidad y tener los insumos suficientes para proponer mejoras a la carretera en estudio, que permita mantener un nivel de servicio adecuado.

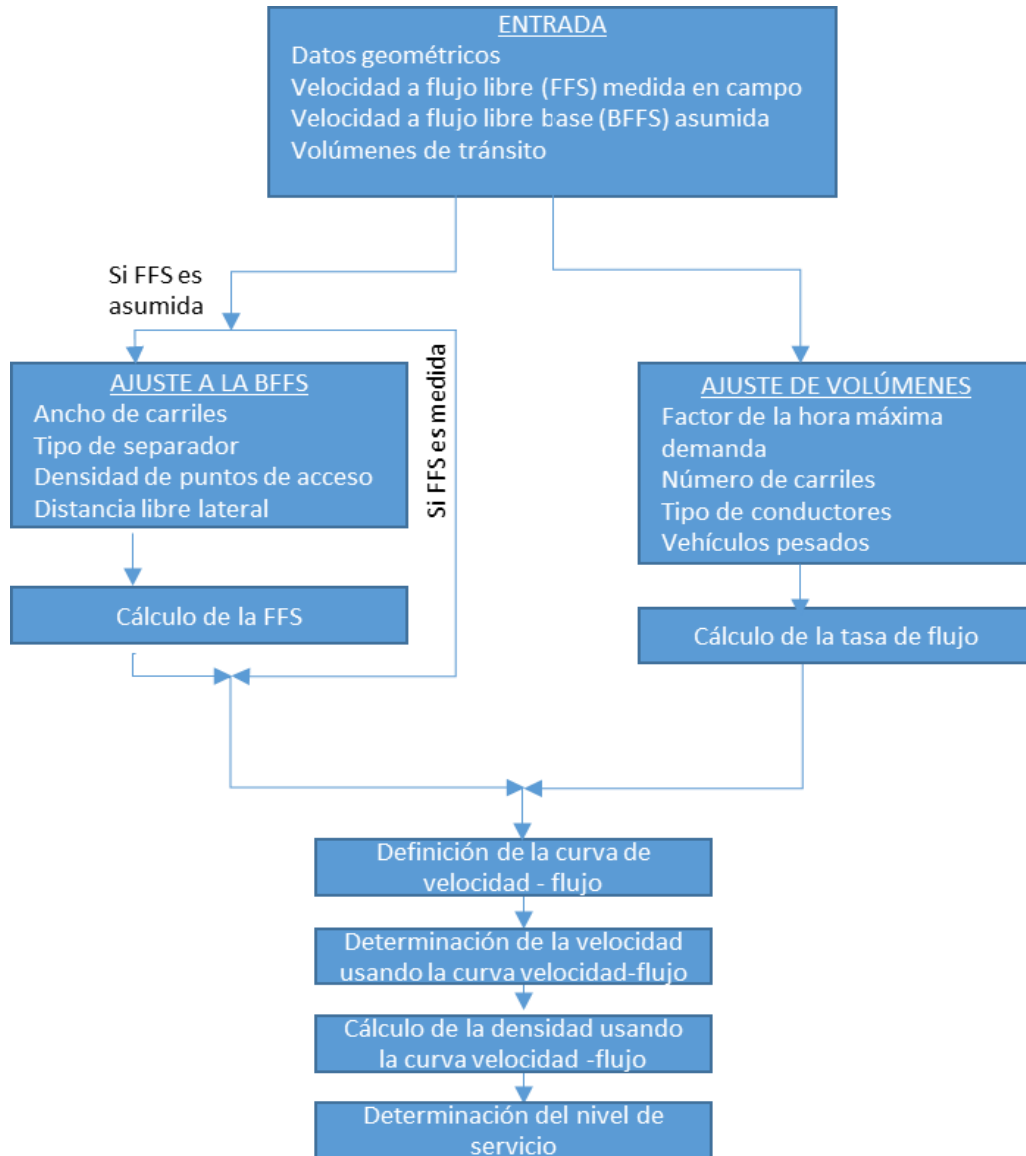
Una carretera, puede ser caracterizada por tres medidas:

- La densidad, en términos de vehículos de pasajeros por kilómetro por carril.
- La velocidad, en términos de la velocidad de los vehículos de pasajeros.
- La relación volumen/capacidad (v/c).

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

En la figura siguiente, se ilustra la **metodología** de análisis para carreteras, desde los datos de entrada y el orden de cómputo, hasta la determinación del nivel de servicio. Estos pasos se describen a continuación:

Figura 19. Esquema metodológico para el análisis de carreteras.



Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2010.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Cálculo de la FFS conforme al HCM

Conforme al modelo del HCM se calcula velocidad a flujo libre (FFS)

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A$$

Dónde:

FFS: velocidad a flujo libre

BFFS: Velocidad a flujo libre base

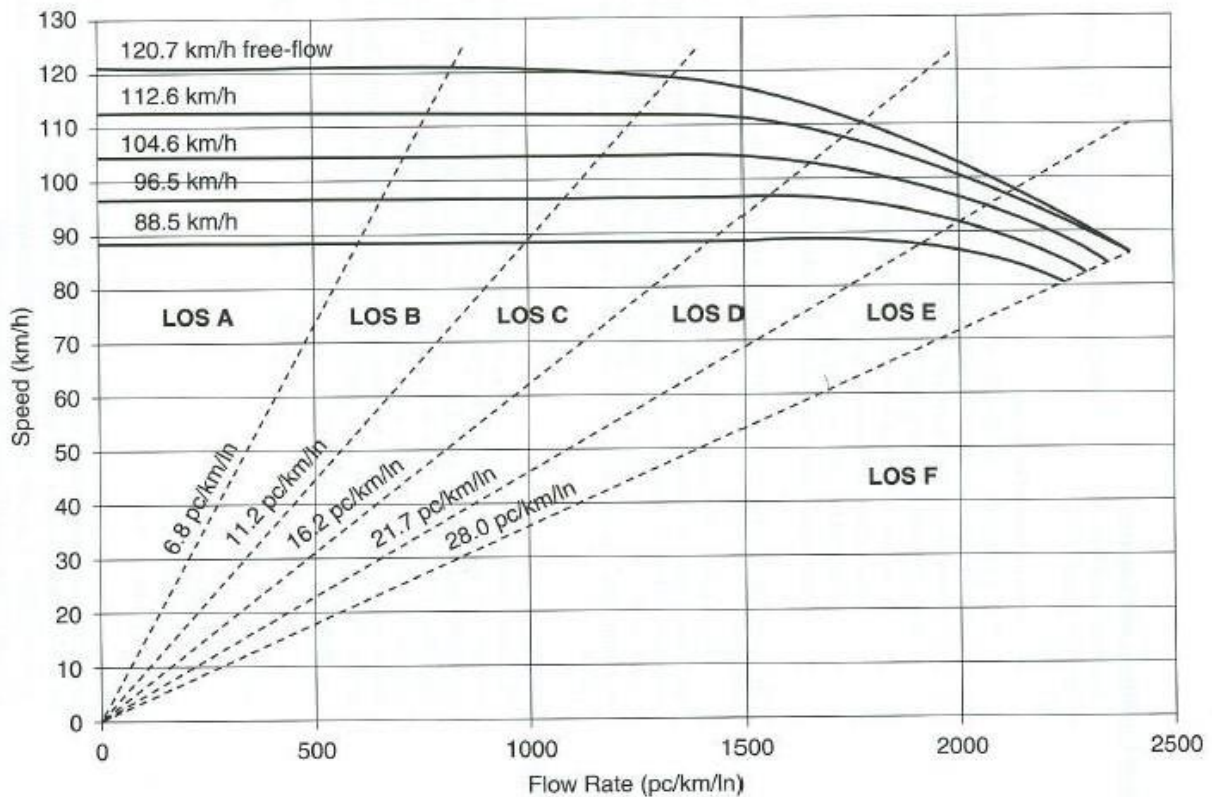
f_{LW} : Factor de ajuste por ancho de carril

f_{LC} : Factor de ajuste por ancho de acotamiento

f_M : Factor de ajuste por tipo de separación de carriles

f_A : Factor de ajuste por densidad de accesos.

Una vez determinada la velocidad a flujo libre (FFS) se busca la curva a flujo libre que mejor se ajuste:



Con la información obtenida de los datos de demanda se obtiene el volumen horario de máxima demanda (VHMD), el cual se obtiene al multiplicar el TDPA por el coeficiente k que representa el porcentaje de vehículos en la 30° hora pico del año.

$$VHMD = K (TDPA)$$

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Cálculo de la tasa de flujo vp

De acuerdo con lo que establece el HCM, se determina la tasa de flujo con la siguiente fórmula que relaciona el volumen horario de máxima demanda (VHMD), el factor de hora pico (FHP), el número de carriles (N), el factor de ajuste por vehículos pesados (f_{HV}) y el factor por conductor fp.

$$v_p = \frac{VHMD}{FHP * N * f_{HV} * f_p}$$

Donde:

Vp= Tasa de flujo

N: Número de carriles

VHMD: Valor Horario de Máxima Demanda

f_{HV} : Factor de vehículos pesados

FHP: Factor de Hora Pico

fp: Factor por conductor

Cálculo de la densidad

Para el cálculo de la densidad se relaciona la tasa de flujo de la autopista con la velocidad media esperada:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

Dónde:

D: Densidad

Vp: Tasa de flujo

S: Velocidad media esperada

Determinación del nivel de servicio actual

Una vez determinada la curva que mejor se ajuste a la velocidad a flujo libre FFS determinada en pasos anteriores y con la densidad, se toma como referencia los parámetros establecidos en el HCM 2010.

Parámetros: Con base a la metodología del HCM 2010 para el análisis del tránsito en Carreteras de múltiples carriles, en la siguiente tabla se presentan los parámetros para la determinación de los niveles de servicio correspondientes:

Tabla 11. Niveles de servicio para carreteras de múltiples carriles.

Nivel de servicio	Velocidad a Flujo Libre FFS (Km/h)	Densidad (automóviles/km/carril)
A	Todas	0-7
B	Todas	7-11
C	Todas	11-16
D	Todas	16-22
E	96	22-25
	88	22-26
	80	22-27
	72	22-28
F	96	>25
	88	>26
	80	>27
	72	>28

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Highway Capacity Manual HCM 2010.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Tabla 12. Interacción oferta-demanda de la red de análisis, en la situación sin proyecto.

Año	Carretera MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila	
	TDPA	Nivel de Servicio
0	1,657	D
1	1,674	
2	1,690	
3	1,707	
4	1,724	
5	1,742	
6	1,759	D
7	1,777	E
8	1,794	
9	1,812	
10	1,830	
11	1,849	E
12	1,867	F
13	1,886	
14	1,905	
15	1,924	
16	1,943	
17	1,962	
18	1,982	
19	2,002	
20	2,022	
21	2,042	
22	2,062	
23	2,083	
24	2,104	
25	2,125	
26	2,146	
27	2,168	
28	2,189	
29	2,211	
30	2,233	F

Fuente: Elaboración propia.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Tabla 13. Costos Generalizados de viaje en la situación sin proyecto.

Año	Carretera MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila			
	COV	Tiempo	Conservación	TOTAL
0	212,887,710	162,268,815	5,198,400	380,354,925
1	219,015,180	168,726,451	5,198,400	392,940,031
2	226,177,975	175,441,075	5,198,400	406,817,451
3	235,060,444	182,422,914	5,198,400	422,681,758
4	246,815,741	189,682,601	5,198,400	441,696,742
5	263,374,633	197,231,195	7,891,200	468,497,027
6	287,960,503	205,080,191	5,198,400	498,239,094
7	325,955,717	213,241,546	5,198,400	544,395,663
8	353,722,065	221,727,689	5,198,400	580,648,154
9	374,668,320	230,551,546	5,198,400	610,418,266
10	393,240,629	239,726,557	12,748,800	645,715,986
11	412,733,567	249,266,695	5,198,400	667,198,662
12	433,192,770	259,186,492	5,198,400	697,577,662
13	454,666,136	269,501,057	5,198,400	729,365,592
14	477,203,936	280,226,099	5,198,400	762,628,435
15	500,858,935	291,377,954	7,891,200	800,128,089
16	525,686,512	302,973,607	5,198,400	833,858,519
17	551,744,793	315,030,720	5,198,400	871,973,913
18	579,094,782	327,567,657	5,198,400	911,860,839
19	607,800,511	340,603,512	5,198,400	953,602,423
20	637,929,182	354,158,142	12,748,800	1,004,836,124
21	669,551,331	368,252,190	5,198,400	1,043,001,922
22	702,740,991	382,907,124	5,198,400	1,090,846,515
23	737,575,862	398,145,265	5,198,400	1,140,919,527
24	774,137,497	413,989,822	5,198,400	1,193,325,719
25	812,511,493	430,464,927	7,891,200	1,250,867,620
26	852,787,688	447,595,674	5,198,400	1,305,581,762
27	895,060,373	465,408,155	5,198,400	1,365,666,928
28	939,428,516	483,929,500	5,198,400	1,428,556,416
29	985,995,988	503,187,918	5,198,400	1,494,382,306
30	1,034,871,809	523,212,744	5,198,400	1,563,282,953

Fuente: Cálculo de Indicadores.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

e) Alternativas de solución

Con base en lo anterior, y con la finalidad de analizar alternativas que permitan mejorar la operación vial en la carretera en estudio, las cuales mejoren las velocidades de operación y por consiguiente reduzcan las demoras vehiculares, y los incidentes de tránsito, se analizó desde los aspectos de:

1. Su viabilidad técnica.
2. La capacidad de resolver la problemática.
3. Su viabilidad económica.
4. Su viabilidad ambiental.
5. Su viabilidad legal.

A continuación, se describen las alternativas analizadas que permitieron dar solución a la problemática presentada.

Alternativa 1. El proyecto consiste en la rehabilitación de la superficie de rodamiento con concreto asfáltico de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, del km 0+000 al km 72+200 en una longitud total de 72.2 kilómetros conforme a lo siguiente:

Del km 0+000 al km 50+000: Consiste en la rehabilitación del cuerpo existente, el cual aloja 2 carriles, 1 por sentido de circulación, en los municipios de Coalcoman y Aquila.

Del km 50+000 al km 72+200: Consiste en la rehabilitación del cuerpo existente, el cual aloja 2 carriles, 1 por sentido de circulación, en el municipio de Aquila.

El tipo de pavimento es de concreto asfáltico con un IRI de 2.5 m/km y una velocidad de operación de 50 km/hr. El proyecto se estima en 90.0 mdp, que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA), en un periodo de un año de construcción y una vida útil de 30 años.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Los principales componentes de la alternativa son:

Tabla 14. *Monto total de inversión*

Componentes/Rubros	Monto sin IVA	IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	1,812,905.01	290,064.80	2,102,969.81
TRABAJOS OBRAS DE DRENAJE	19,393,694.36	3,102,991.10	22,496,685.46
PAVIMENTOS	45,606,140.38	7,296,982.46	52,903,122.84
SEÑALAMIENTO	10,773,467.18	1,723,754.75	12,497,221.93
Total	77,586,206.93	12,413,793.11	90,000,000.04

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de conservación de la alternativa 1 son los siguientes:

Costos de conservación para pavimento hidráulico.

Concepto	Periodicidad	Costo unitario
	Años	\$/km/c
Conservación rutinaria	1	36,000
Riego de sello	4	310,000
Sobrecarpeta	8	1,075,000
Reconstrucción	16	2,750,000

Fuente: Dirección General de Conservación de Carreteras.

La presente alternativa cuenta con un VPC de \$241,768,223, una TIR de 29.59%, y una TRI de 8.96%.

Ventajas:

- Contribuye al mejoramiento de la infraestructura carretera en la zona turística del Estado de Michoacán, contribuyendo al desarrollo económico y social de los habitantes del estado.
- Reducción en los Costos Generalizados de Viaje de los diferentes tipos de vehículos.
- Reducción del tiempo de recorrido para el tránsito proveniente de y hacia los municipios de Ocampo, Zitácuaro, Angangueo y Tlalpujahua.
- Incremento de las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Menores costos de conservación en el horizonte de evaluación

Desventajas:

- Requiere de una inversión mayor con respecto a la Alternativa 2.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Alternativa 2. En este programa 2, consiste en realizar trabajos de conservación rutinarios que refuercen en mayor medida la estructura del pavimento de la superficie de rodamiento.

Los trabajos que se desarrollarán con la contratación de este proyecto son:

- Limpieza de la carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, accesos y acotamientos.
- Bacheo superficial aislado sobre la superficie de rodamiento del puente y sobre los accesos.
- Aplicación de riego de liga con emulsión de rompimiento rápido tipo ECR-65.
- Desazolve de drenes.
- Suministro y aplicación del señalamiento preventivo de la obra.:

Del km 0+000 al km 72+200: Consiste en realizar trabajos de conservación rutinarios que refuercen en mayor medida la estructura del pavimento de la superficie de rodamiento, el cual aloja 2 carriles, 1 por sentido de circulación.

El tipo de pavimento es asfáltico con un IRI de 3.0 m/km y una velocidad de operación de 48 km/hr. El proyecto se estima en 2.146 mdp, que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA), en un periodo de dos años de construcción y una vida útil de 29 años.

Los principales componentes de la alternativa son:

Tabla 15. *Monto total de inversión*

Componentes/Rubros	Monto sin IVA	IVA	Monto con IVA
Total	1,850,000	296,000	2,146,000

Fuente: Elaboración propia.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Los costos de conservación de la alternativa 2 son los siguientes:

Tabla 16 *Costos de conservación para pavimento asfáltico.*

Concepto	Periodicidad	Costo unitario
	Años	\$/km/c
Conservación rutinaria	1	36,000
Riego de sello	4	310,000
Sobrecarpeta	8	1,075,000
Reconstrucción	16	2,750,000

Fuente: Dirección General de Conservación de Carreteras.

La presente alternativa cuenta con un VPC de \$343,618,618.

Ventajas:

- Contribuye al mejoramiento de la infraestructura carretera en la zona turística del Estado de Michoacán, contribuyendo al desarrollo económico y social de los habitantes del estado.
- Reducción en los Costos Generalizados de Viaje de los diferentes tipos de vehículos.
- Reducción del tiempo de recorrido para el tránsito de la zona.
- Incremento de las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos.

Desventajas:

- Presenta mayores costos de conservación a lo largo del horizonte de evaluación en comparativa con la Alternativa 1.
- La presente alternativa tiene un Valor Presente Costo (VPN) mayor en comparación con la alternativa 1.

Además de los beneficios obtenidos, se procedió a realizar el cálculo de indicadores de rentabilidad de ambas alternativas. Adicionalmente, se elaboró una matriz con la comparación entre ambas alternativas.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Tabla 17. Tabla comparativa de la cuantificación de los costos e indicadores de rentabilidad de cada alternativa.

Criterio	Descripción del criterio	Criterio de decisión	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo de inversión (mdp) sin IVA	Refiere al monto total de inversión de la alternativa (mdp).	Mayor costo	77.58	1.85
Técnico	Indica si el proyecto presenta un alineamiento conforme a la normativa de la SCT, el cual cumple con pendientes, grados de curvatura, cortes y terraplenes para el tipo de camino	Viabilidad	Viable	Viable
Legal	Indica si el proyecto requiere derecho de vía adicional	Menor cantidad de afectaciones	Menor afectación	Menor afectación
CAE	Indicador de rentabilidad social	Menor CAE	25,803,457	36,673,754
VPC	Valor presente de los costos	VPC mayor a “0”	241,768,223	343,618,618
		Mejor alternativa	✓	X

Fuente: Elaboración propia.

La alternativa 1 consistente en la rehabilitación mediante concreto asfáltico permite ofrecer una velocidad constante a los usuarios, asimismo, requiere un menor monto de conservación a lo largo del horizonte de evaluación y adicionalmente presenta un VPC de 241,768,223 menor a la alternativa 2. Con respecto a la alternativa 2 si bien presenta un menor monto de inversión en el año 0 requiere mayor costo de conservación y en consecuencia mayores afectaciones para los usuarios en el horizonte de evaluación. Derivado de los anterior, se optó por seleccionar la alternativa número 1.

IV. Situación con el PPI

a) Descripción general

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	☒
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	☐

El proyecto consiste en la rehabilitación de la superficie de rodamiento con concreto asfáltico de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, del km 0+000 al km 72+200 en una longitud total de 72.2 kilómetros conforme a lo siguiente:

Del km 0+000 al km 50+000: Consiste en la rehabilitación del cuerpo existente, el cual aloja 2 carriles, 1 por sentido de circulación, en los municipios de Coalcoman y Aquila.

Del km 50+000 al km 72+200: Consiste en la rehabilitación del cuerpo existente, el cual aloja 2 carriles, 1 por sentido de circulación, en el municipio de Aquila.

El tipo de pavimento es de concreto asfáltico con un IRI de 2.5 m/km y una velocidad de operación de 50 km/hr. El proyecto se estima en 90.0 mdp, que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA), en un periodo de un año de construcción y una vida útil de 30 años.

Figura 20. Sección transversal del tramo: Coalcoman - Aquila, del km 0+000 al km 50+000



Fuente: Proyecto.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

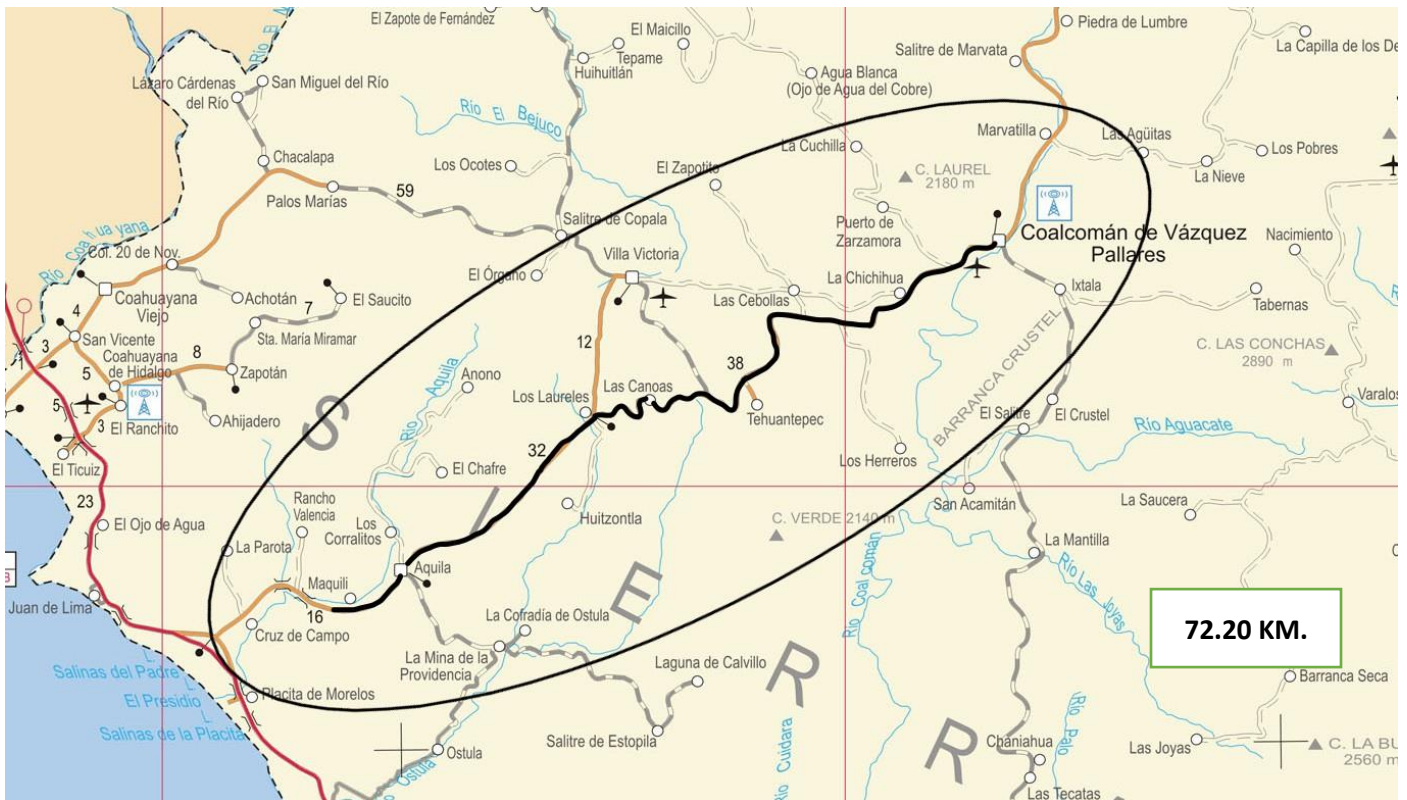
Figura 21. Sección transversal del tramo: Aquila - Maquili, del km 50+000 al km 72+200



Fuente: Proyecto.

La rehabilitación incluye la modernización del pavimento y la carpeta de rodamiento.

Figura 22. Proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Los principales componentes del proyecto son:

Tabla 18. *Monto total de inversión*

Componentes/Rubros	Monto sin IVA	IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	1,812,905.01	290,064.80	2,102,969.81
TRABAJOS OBRAS DE DRENAJE	19,393,694.36	3,102,991.10	22,496,685.46
PAVIMENTOS	45,606,140.38	7,296,982.46	52,903,122.84
SEÑALAMIENTO	10,773,467.18	1,723,754.75	12,497,221.93
Total	77,586,206.93	12,413,793.11	90,000,000.04

Fuente: Elaboración propia.

b) Alineación estratégica

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024.

El presente proyecto se encuentra alineado con el Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024, a través de la Directriz 3. Desarrollo económico incluyente, objetivo 3.6. Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo, el mercado interno y el empleo. Una de las tareas centrales del actual gobierno federal es impulsar la reactivación económica y lograr que la economía vuelva a crecer a tasas aceptables. Para ello se requiere, en primer lugar, del fortalecimiento del mercado interno, lo que se conseguirá con una política de recuperación salarial y una estrategia de creación masiva de empleos productivos, permanentes y bien remunerados. Hoy en día más de la mitad de la población económicamente activa permanece en el sector informal, la mayor parte con ingresos por debajo de la línea de pobreza y sin prestaciones laborales. Esa situación resulta inaceptable desde cualquier perspectiva ética y pernicioso para cualquier perspectiva económica: para los propios informales, que viven en un entorno que les niega derechos básicos, para los productores, que no pueden colocar sus productos por falta de consumidores, y para el fisco, que no puede considerarlos causantes.

El sector público fomentará 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 generan la mayor parte de los empleos) y reduciendo y simplificando los requisitos para la creación de empresas nuevas.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

PROGRAMA SECTORIAL DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES 2020 – 2024.

La transformación del país hacia un desarrollo equitativo e incluyente depende en gran medida del acceso a un transporte seguro, ágil y oportuno, y a una conectividad eficiente y suficiente, que son base del crecimiento económico al ofrecer los medios para movilizar y controlar todos los bienes e insumos que se requieren para la producción y el consumo, y como detonadores del crecimiento regional. Son, además, los medios de acceso a los servicios de educación, salud y cultura, así como a las fuentes de empleo, derivado de los anterior, el presente proyecto se alinea con el Objetivo Prioritario 1: “Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal”, a través de las siguientes estrategias y líneas de acción.

Estrategia prioritaria 1.4 Incrementar la cobertura y accesibilidad de las vías de comunicación para impulsar el desarrollo regional y disminuir la marginación.

Línea de acción 1.4.4 Continuar con la construcción y modernización de la Red Carretera Federal.

Línea de acción 1.4.6 Construir y modernizar la infraestructura carretera para el desarrollo regional.

PLAN DE DESARROLLO INTEGRAL DEL ESTADO DE MICHOACÁN 2021-2027

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Integral del Estado de Michoacán 2021-2027, el proyecto de referencia se alinea con el Eje 3. Prosperidad Económica, 3.2. Impulsar la competitividad del estado y la integración de los territorios con infraestructura, equipamiento, tecnologías digitales e iniciativas estratégicas, incluyentes, sostenibles, eficientes, accesibles y seguros, basadas en una visión de desarrollo regional.

3.2.1. Desarrollo y regeneración de vías de acceso y comunicación:

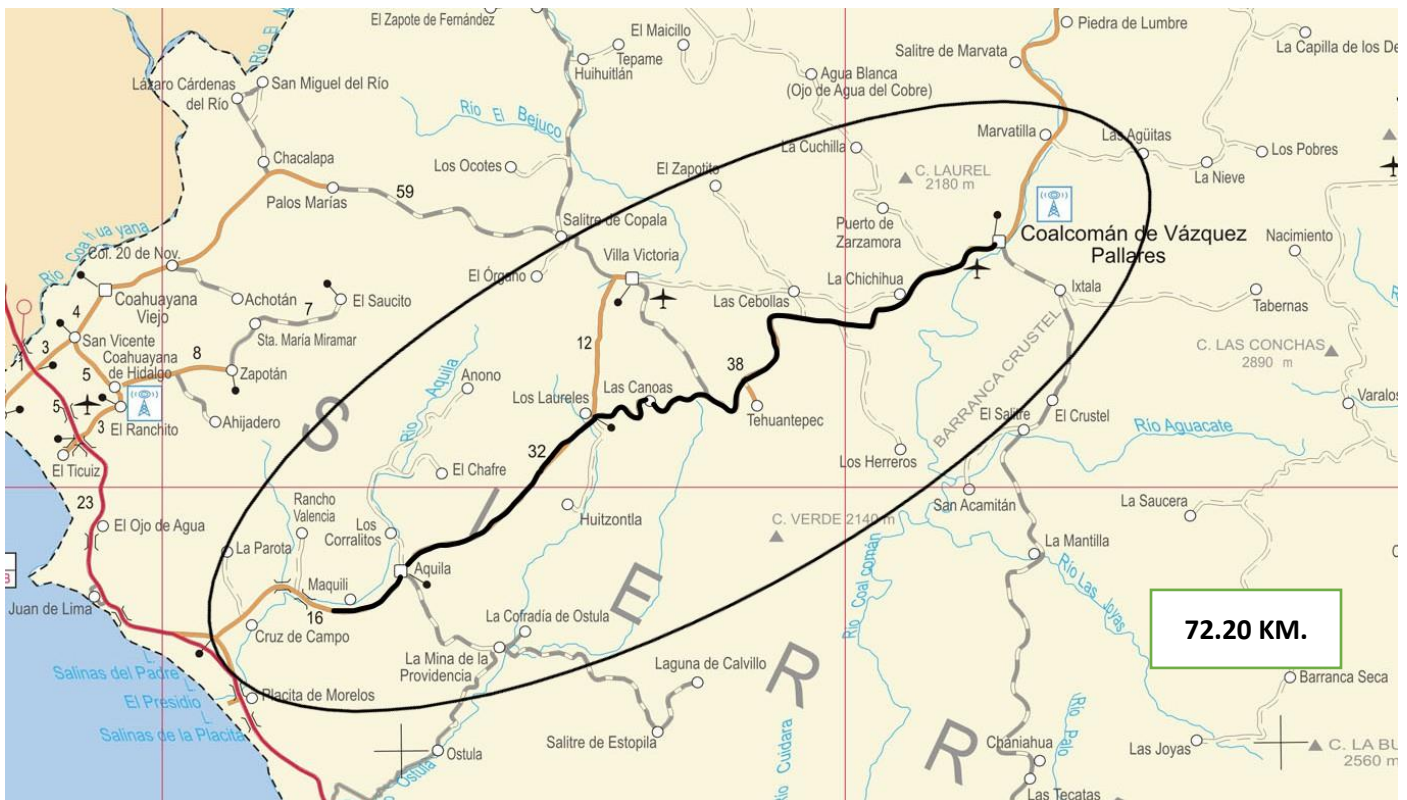
En 2021, solo el 21.6% de la población que habita en áreas urbanas de Michoacán considera en buen estado las carreteras y caminos sin cuota, 32% que comunican de manera rápida y 39% que existen señalamientos claros. Para el 2027, incrementaremos a que al menos el 50% de la población tenga un buen nivel de satisfacción general.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

c) Localización geográfica

El proyecto para la rehabilitación de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, se encuentra ubicado en los municipios de Coalcoman y Aquila en el Estado de Michoacán.

Figura 23. Ubicación regional de la Rehabilitación de la carretera MICH-23 San Felipe-Angangueo -Tlalpujahua.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Ubicación del proyecto.

Rehabilitación de la carretera estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila		
Coordenadas	Inicio	Final
Latitud	18.774556	18.585278
Longitud	-103.167444	-103.515444

Fuente: Proyecto.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

d) Calendario de actividades

Tabla 20. Calendario de actividades.

Año	Monto total de inversión con IVA	Avance financiero (%)	Concepto	Avance físico (km)
2025	90,000,000	100%	Conservación de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, mediante la rehabilitación de una carpeta de concreto asfáltico.	72.2
Total	90,000,000	100 %	Conservación de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, mediante la rehabilitación de una carpeta de concreto asfáltico.	72.2

Fuente: Elaboración propia.

e) Monto total de inversión

El monto total de inversión se estima en 90,000,000 que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

Tabla 21. Monto total de inversión

Componentes/Rubros	Monto sin IVA	IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	1,812,905.01	290,064.80	2,102,969.81
TRABAJOS OBRAS DE DRENAJE	19,393,694.36	3,102,991.10	22,496,685.46
PAVIMENTOS	45,606,140.38	7,296,982.46	52,903,122.84
SEÑALAMIENTO	10,773,467.18	1,723,754.75	12,497,221.93
Total	77,586,206.93	12,413,793.11	90,000,000.04

Fuente: Elaboración propia.

f) Fuentes de financiamiento

La rehabilitación de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, tiene un monto de inversión incluyendo el Impuesto al Valor Agregado (IVA) de 90,000,000, la cual se desarrollará a través de recursos públicos estatales.

Tabla 22. Fuentes de financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto con IVA	Porcentaje
1. Federales			
2. Estatales	FAEISPUM	90,000,000	100%
3. Municipales			
4. Fideicomisos			
5. Otros			
Total, c/IVA		90,000,000	100%

Fuente: Elaboración propia

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

g) Capacidad instalada

Con la puesta en operación del proyecto se tendrán beneficios significativos para los usuarios, de mejorarán las velocidades de operación, y los niveles de servicio en los tramos que conforman el proyecto.

Tabla 23. Capacidad instalada de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila.

Año	Carretera MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila	
	TDPA	Nivel de Servicio
0	1,657	D
1	1,674	C
2	1,690	
3	1,707	C
4	1,724	
5	1,742	
6	1,759	
7	1,777	D
8	1,794	E
9	1,812	
10	1,830	
11	1,849	
12	1,867	E
13	1,886	F
14	1,905	
15	1,924	
16	1,943	
17	1,962	
18	1,982	
19	2,002	
20	2,022	
21	2,042	
22	2,062	
23	2,083	
24	2,104	
25	2,125	
26	2,146	
27	2,168	
28	2,189	
29	2,211	
30	2,233	F

Fuente: Elaboración propia.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

h) Metas anuales y totales de producción

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 24. Metas físicas anuales

Año	Monto total de inversión con IVA	Avance financiero (%)	Concepto	Avance físico (km)
2025	90,000,000	100%	Conservación de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, mediante la rehabilitación de una carpeta de concreto asfáltico.	72.2
Total	90,000,000	100 %	Conservación de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, mediante la rehabilitación de una carpeta de concreto asfáltico.	72.2

Fuente: Elaboración propia.

i) Vida útil

Vida útil del PPI	
Horizonte de evaluación	31 años
Periodo de construcción	1 años
Vida útil en años	30 años

Fuente: Elaboración propia.

j) Descripción de los aspectos más relevantes

Estudios técnicos

El proyecto ejecutivo para la rehabilitación de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, se encuentra en proceso de elaboración con un porcentaje de avance del 100.0%.

Estudios legales

Para la realización del proyecto se cuenta con 100% del derecho de vía en un ancho de superior al requerido, mismo que corresponde al denominado Derecho de Vías Histórico, por lo que no se tendría ningún impedimento para realizar la modernización de esta obra.

Estudios ambientales

La rehabilitación se realizará sobre el trazo existente del camino, por lo que ya se ha cumplido con la

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

regulación ambiental necesaria.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

k) Análisis de la Oferta

Es importante mencionar que, con la realización del proyecto de rehabilitación, se impulsará el desarrollo económico y social, y mejorará el servicio de la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, de tal forma que los costos correspondientes a tiempos de recorrido y operación vehicular se reducirán de forma importante, en beneficio de los usuarios.

En ese sentido, una vez que entre en operación el proyecto, la oferta de infraestructura en el tramo quedaría como sigue:

Tabla 25. Datos de la oferta en la situación con proyecto.

Concepto	MICH-23 San Felipe-Angangueo- Las Papas-Tlalpujahua
No de tramo	1
Longitud, km	72.2
Carriles	2
Ancho de corona, metros	7.0
Tipo de carretera	Asfalto
Ancho de carriles, metros	3.5
Ancho de acotamiento exterior, metros	0.0
Ancho de acotamiento interior, metros	0.0
Velocidad, km/hr	50.0
Tipo de terreno ^{a/}	Lomerío
Estado físico	Bueno
Índice internacional de rugosidad (IRI) ^{b/}	2.5
Tiempo de recorrido (min)	56

Nota:

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

^{b/} En referencia al estado físico de la carretera observado, y dados los parámetros siguientes: $\text{IRI} > 3.5$: No satisfactorio; $2.5 < \text{IRI} \leq 3.5$: Satisfactorio; $\text{IRI} \leq 2.5$: Bueno.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

I) Análisis de la Demanda

Con base en el estudio de demanda, la asignación de tránsito a la carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila en el año base tendrá los valores mostrados en la siguiente tabla en la situación con proyecto.

Tabla 26. Distribución del tránsito en la situación con proyecto.

Carretera	Tramo	TDPA	Composición vehicular		
			A	B	C
MICH-29	Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila	1,657	80.5%	1.9%	17.6%

Fuente: Estudio de demanda.

m) Interacción Oferta-Demanda

Los niveles de servicio sirven para medir la calidad del flujo vehicular, esta medida se considera una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo, y de la percepción por los usuarios que se encuentran en ese momento en la red. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia, la seguridad vial y las demoras. De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, etc. Entre los externos están las características fijas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, acotamientos, pendientes, etc.}

Existen diferentes niveles de análisis, para el presente estudio se realizó un análisis semiurbano que considera carretera libre, autopistas y calles dentro de una población considerando diferentes características como número básico de carriles, sentidos, anchos de carril, acotamientos, volúmenes de tránsito, flujos en hora de máxima demanda, porcentaje de vehículos pesados, etc. Estos datos están basados en los atributos operacionales, por lo que la precisión de esta aplicación es intermedia, más aún por la incertidumbre que existe en pronósticos de la demanda futura de tránsito. El manual de capacidad vial HCM 2000 del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la carretera o calle, al cual se le denomina flujo de servicio. Este flujo va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel E, o capacidad del tramo de carretera o calle. Tradicionalmente se ha considerado la velocidad el principal indicador para identificar el nivel de servicio, sin embargo, se introducen otros factores como densidad y demora. La descripción de los servicios es:

Nivel de servicio A: Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en circulación. Con alta libertad para seleccionar la velocidad deseada y maniobrar dentro del tránsito. La comodidad y conveniencia

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

proporcionada por la circulación es excelente.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Nivel de servicio B: Está aún dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes en la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye la capacidad de maniobra. La presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

Nivel de servicio C: Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios, la velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida, la comodidad y conveniencia desciende notablemente.

Nivel de servicio D: Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, la comodidad y conveniencia son bajas, los incrementos de flujo ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

Nivel de servicio E: El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad, la velocidad es baja y uniforme, a maniobra es difícil y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”, hay frustración en los conductores, la circulación es inestable debido a aumentos de tráfico o perturbaciones del tránsito que producen colapsos.

Nivel de servicio F: Representa condiciones de flujo forzado. Hay formación de colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los cuellos de botella.

Análogamente a la situación actual, la interacción oferta-demanda en la situación optimizada queda determinada por el nivel de servicio y se considera es la misma, ya que no se incrementa la capacidad de la vía.

Análisis de carretera.

Supuestos: Para llevar a cabo el análisis de capacidad, la vía en cuestión se analizó como una carretera de carriles múltiples, que son definidas como *“Son las que tienen dos o más carriles por sentido con características menores a las autopistas, por ejemplo, sin control total de accesos y en algunos casos no divididas o sin faja separadora central. Se encuentran en entornos rurales y zonas suburbanas donde las densidades de desarrollo urbanístico son mayores, aumentando la fricción vehicular por la presencia más frecuente de movimientos de vuelta y retornos, ocasionando que la operación o el nivel de servicio sean de menor calidad que el ofrecido por las autopistas”* (Cal y Mayor, 2018).

Metodología: El proceso para la determinación del nivel de servicio se realizó con base en la metodología del HCM 2010 para el análisis del tránsito en las vías. Lo anterior, permite obtener los indicadores necesarios para conocer el comportamiento en la situación con proyecto de la vialidad y tener los insumos suficientes para proponer mejoras a la carretera en estudio, que permita mantener un nivel de servicio adecuado.

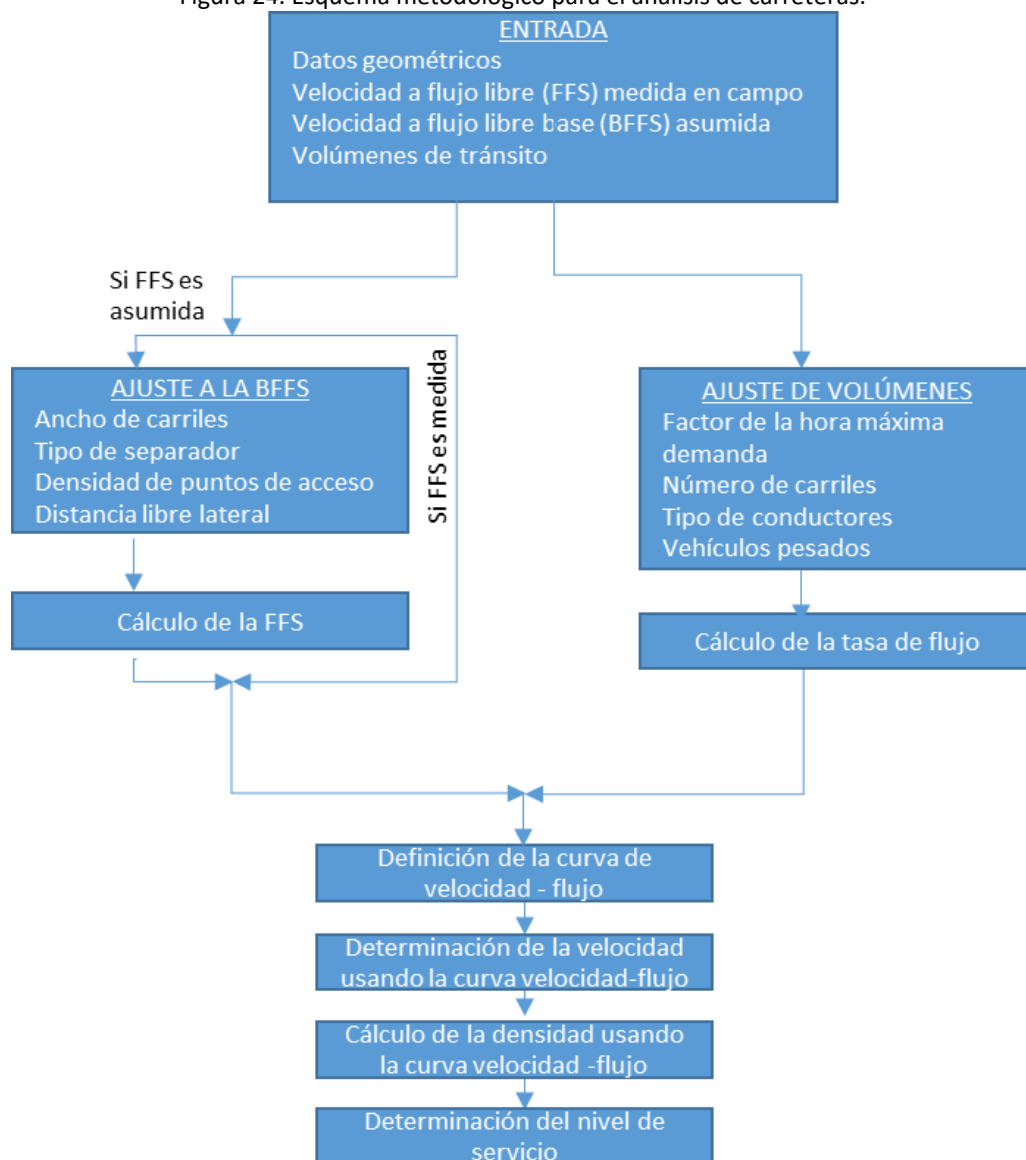
“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Una carretera, puede ser caracterizada por tres medidas:

- La densidad, en términos de vehículos de pasajeros por kilómetro por carril.
- La velocidad, en términos de la velocidad de los vehículos de pasajeros.
- La relación volumen/capacidad (v/c).

En la figura siguiente, se ilustra la **metodología** de análisis para carreteras, desde los datos de entrada y el orden de cómputo, hasta la determinación del nivel de servicio. Estos pasos se describen a continuación:

Figura 24. Esquema metodológico para el análisis de carreteras.



Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2010.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Cálculo de la FFS conforme al HCM

Conforme al modelo del HCM se calcula velocidad a flujo libre (FFS)

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A$$

Dónde:

FFS: velocidad a flujo libre

BFFS: Velocidad a flujo libre base

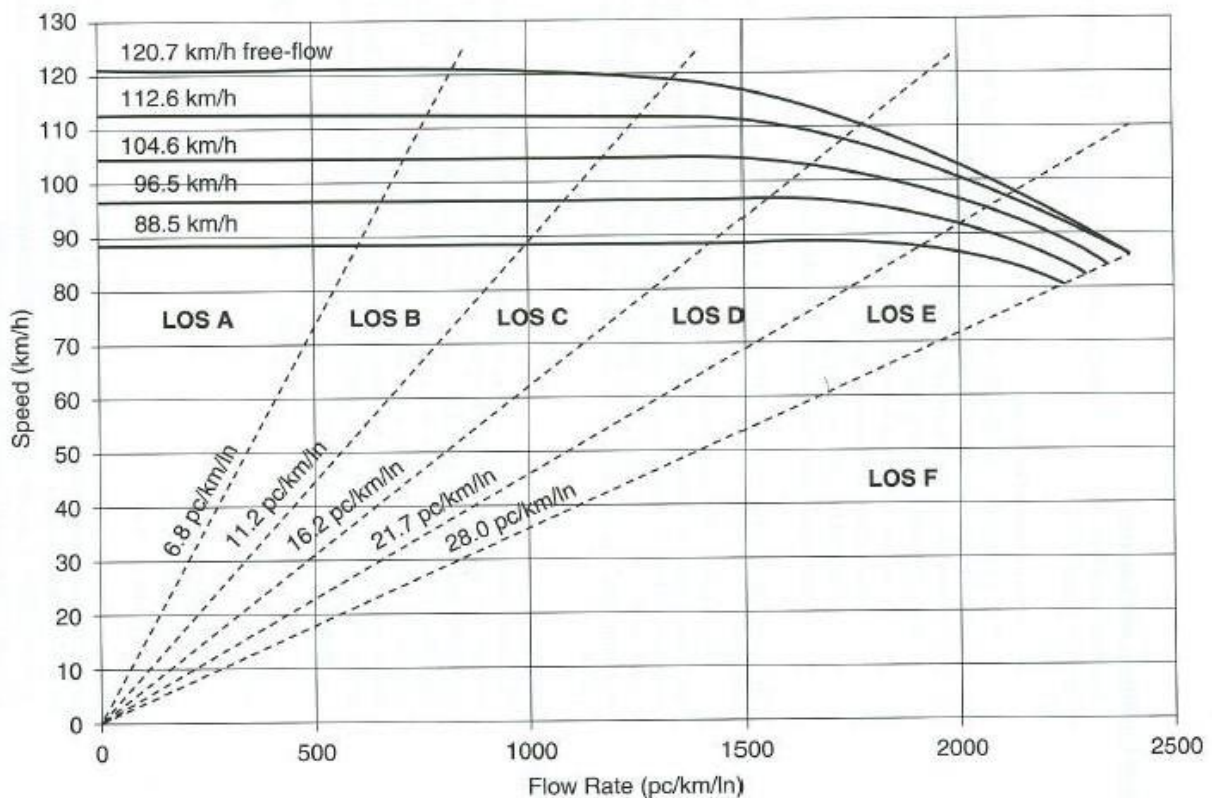
f_{LW} : Factor de ajuste por ancho de carril

f_{LC} : Factor de ajuste por ancho de acotamiento

f_M : Factor de ajuste por tipo de separación de carriles

f_A : Factor de ajuste por densidad de accesos.

Una vez determinada la velocidad a flujo libre (FFS) se busca la curva a flujo libre que mejor se ajuste:



Con la información obtenida de los datos de demanda se obtiene el volumen horario de máxima demanda (VHMD), el cual se obtiene al multiplicar el TDPA por el coeficiente k que representa el porcentaje de vehículos en la 30° hora pico del año.

$$VHMD = K (TDPA)$$

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Cálculo de la tasa de flujo vp

De acuerdo con lo que establece el HCM, se determina la tasa de flujo con la siguiente fórmula que relaciona el volumen horario de máxima demanda (VHMD), el factor de hora pico (FHP), el número de carriles (N), el factor de ajuste por vehículos pesados (f_{HV}) y el factor por conductor fp.

$$v_p = \frac{VHMD}{FHP * N * f_{HV} * f_p}$$

Donde: Vp= Tasa de flujo N: Número de carriles
VHMD: Valor Horario de Máxima Demanda f_{HV} : Factor de vehículos pesados
FHP: Factor de Hora Pico fp: Factor por conductor

Cálculo de la densidad

Para el cálculo de la densidad se relaciona la tasa de flujo de la autopista con la velocidad media esperada:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

Dónde: D: Densidad
Vp: Tasa de flujo
S: Velocidad media esperada

Determinación del nivel de servicio actual

Una vez determinada la curva que mejor se ajuste a la velocidad a flujo libre FFS determinada en pasos anteriores y con la densidad, se toma como referencia los parámetros establecidos en el HCM 2010.

Parámetros: Con base a la metodología del HCM 2010 para el análisis del tránsito en Carreteras de múltiples carriles, en la siguiente tabla se presentan los parámetros para la determinación de los niveles de servicio correspondientes:

Tabla 27. Niveles de servicio para carreteras de múltiples carriles.

Nivel de servicio	Velocidad a Flujo Libre FFS (Km/h)	Densidad (automóviles/km/carril)
A	Todas	0-7
B	Todas	7-11
C	Todas	11-16
D	Todas	16-22
E	96	22-25
	88	22-26
	80	22-27
	72	22-28
F	96	>25
	88	>26
	80	>27
	72	>28

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Highway Capacity Manual HCM 2010.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

De acuerdo con los datos de tránsito pronosticados, se llevó a cabo un análisis de capacidad del proyecto, para conocer su comportamiento a través del horizonte de evaluación, de donde se observa que el proyecto atenderá la demanda durante el horizonte de planeación con un nivel de servicio aceptable.

Tabla 28. Nivel de servicio en la situación con proyecto.

Año	Carretera MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila	
	TDPA	Nivel de Servicio
0	1,657	D
1	1,674	C
2	1,690	C
3	1,707	C
4	1,724	
5	1,742	
6	1,759	
7	1,777	D
8	1,794	E
9	1,812	
10	1,830	
11	1,849	
12	1,867	E
13	1,886	F
14	1,905	
15	1,924	
16	1,943	
17	1,962	
18	1,982	
19	2,002	
20	2,022	
21	2,042	
22	2,062	
23	2,083	
24	2,104	
25	2,125	
26	2,146	
27	2,168	
28	2,189	
29	2,211	
30	2,233	F

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Tabla 29. Costos Generalizados de Viaje de la ruta existente en la situación con proyecto.

Año	Carretera Estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila			
	COV	Tiempo	Conservación	TOTAL
0	250,544,509	220,892,824	5,198,400	476,635,733
1	215,279,409	156,881,021	5,198,400	377,358,831
2	221,291,766	163,124,246	5,198,400	389,614,412
3	228,957,509	169,615,925	5,198,400	403,771,834
4	238,472,080	176,365,946	5,198,400	420,036,426
5	251,923,580	183,384,591	7,891,200	443,199,371
6	271,120,606	190,682,549	5,198,400	467,001,556
7	300,657,561	198,270,937	5,198,400	504,126,898
8	314,458,773	206,161,311	5,198,400	525,818,484
9	327,738,062	214,365,689	5,198,400	547,302,151
10	343,984,037	222,896,569	12,748,800	579,629,406
11	361,035,326	231,766,942	5,198,400	598,000,669
12	378,931,847	240,990,321	5,198,400	625,120,568
13	397,715,499	250,580,752	5,198,400	653,494,651
14	417,430,256	260,552,843	5,198,400	683,181,499
15	438,122,274	270,921,783	7,891,200	716,935,257
16	459,839,995	281,703,364	5,198,400	746,741,759
17	482,634,264	292,914,008	5,198,400	780,746,672
18	506,558,444	304,570,790	5,198,400	816,327,634
19	531,668,546	316,691,464	5,198,400	853,558,410
20	558,023,356	329,294,492	12,748,800	900,066,648
21	585,684,574	342,399,069	5,198,400	933,282,042
22	614,716,958	356,025,154	5,198,400	975,940,512
23	645,188,478	370,193,502	5,198,400	1,020,580,380
24	677,170,471	384,925,692	5,198,400	1,067,294,563
25	710,737,811	400,244,164	7,891,200	1,118,873,175
26	745,969,084	416,172,248	5,198,400	1,167,339,732
27	782,946,772	432,734,205	5,198,400	1,220,879,376
28	821,757,443	449,955,260	5,198,400	1,276,911,103
29	862,491,960	467,861,642	5,198,400	1,335,552,002
30	905,245,686	486,480,626	5,198,400	1,396,924,712

Fuente: Cálculo de indicadores.

V. Evaluación del PPI

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

La metodología para calcular los costos de construcción y conservación depende del nivel al que se encuentra el proyecto; es decir, si se tiene a nivel perfil, se utilizan los costos índices por tipo de obra por tipo de terreno, los cuales se multiplican por la longitud aproximada; si se cuenta con el proyecto ejecutivo, los costos se calculan mediante la multiplicación de los costos unitarios de cada componente por el volumen de obra a realizar.

a.1. Etapa de ejecución

El calendario de inversiones a erogar durante la etapa de ejecución considera los recursos necesarios en un periodo de 1 año, 2023, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 30. Calendario de inversiones

Año	Recursos con IVA
2025	\$90,000,000
Total	\$90,000,000

Fuente: Elaboración propia.

a.2. Etapa de operación

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, y que corresponden a lo siguiente: (i) mantenimiento rutinario, que incluye básicamente la limpieza y bacheo general, así como reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo, de forma anual desde el inicio de operaciones (ii) conservación periódica, que incluye bacheo y riego de sello cada 4 años y tendido de sobrecarpeta cada 8 años; (iii) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 16 años aproximadamente.

Tabla 31. Costos anuales de mantenimiento y conservación para pavimento asfáltico.

Concepto	Periodicidad	Costo unitario
	Años	\$/km/c
Conservación rutinaria	1	36,000
Riego de sello	4	310,000
Sobrecarpeta	8	1,075,000
Reconstrucción	16	2,750,000

Fuente: Dirección General de Conservación de Carreteras

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

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

Los beneficios del proyecto se estimaron en función de dos fuentes: (i) ahorro en tiempo de viaje de los usuarios y (ii) ahorros en costo de operación vehicular.

Ahorro en tiempo de viaje

Para la estimación de los beneficios por este concepto se requiere como primer insumo fundamental las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto. En ambos casos, sin y con proyecto, las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron de las Notas 201, ENERO-FEBRERO 2023, Artículo 1 del Instituto Mexicano del Transporte (IMT). De acuerdo con estudios realizados por el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$60.39 y por motivo de placer de \$36.23 pesos por hora.

Con base en las últimas encuestas origen – destino realizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se determinó que en promedio un 61.8% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 38.2% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús. Así también, se determinó que el número de pasajeros por auto, y por autobús fue de 2.41 y 23.4 pasajeros/vehículo, respectivamente.

Para la determinación del valor del tiempo de la carga, se consultó la Publicación Técnica 455. Estimación del valor económico del tiempo de recorrido de las mercancías como insumo del análisis costo – beneficio de proyectos de inversión en infraestructura carretera. (actualizado a 2023 mediante el indexador correspondiente).

La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 32. Configuración del valor del tiempo

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	60.39	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	36.23	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	61.8	%
Porcentaje de viajeros por motivo de ocio	38.2	%
Número de pasajeros auto	2.41	pas/veh
Número de pasajeros autobús	23.40	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	247.34	\$/hr/veh

Fuente: Publicación Técnica 455 (IMT).

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, elevado al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. La siguiente tabla muestra los resultados y beneficios para el primer año de operación del proyecto.

Tabla 33. Beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación del proyecto

Costos (MDP)	Sin Proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Rehabilitación MICH-29 Coalcoman - Aquila	168,726,451	156,881,021	11,845,430

Fuente: Cálculo de indicadores.

Ahorro en costos de operación vehicular.

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el IMT en su Publicación Técnica 699¹, sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran en la siguiente tabla.

1 Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2022; José Antonio Arroyo Osorno, Guillermo Torres Vargas, José Alejandro González García, Salvador Hernández García; IMT Publicación Técnica 699.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Tabla 34. Datos de entrada para el cálculo de los costos de operación vehicular por tipo de vehículo.

Concepto	Tipo de vehículo ^{a/}		
	Automóvil	Autobús	Camión
Características de la carretera			
1. Tipo de superficie (1=pavimentada, 0=no pavimentada)	1.00	1.00	1.00
2. Rugosidad promedio (IIR), m/km	Variable que depende del estado físico de la carretera en cada tramo y de la situación que se esté evaluando (sin proyecto o con proyecto).		
3. Pendiente media ascendente, fracción			
4. Pendiente media descendente, fracción	Valores propuestos por la SCT a partir del tipo de terreno.		
5. Proporción de viaje ascendente, fracción			
6. Curvatura horizontal promedio, grados/km	Valor asignado por el programa a partir de los valores asignados en 3, 4, 5 y 6.		
7. Sobreelevación promedio (peralte), fracción			
8. Altitud del terreno, msnm	Promedio, en el mejor de los casos ponderado, para cada uno de los tramos		
9. Número efectivo de carriles (1=uno, 0=más de uno)	1	1	1
Características del vehículo			
1. Peso del vehículo vacío, kg	1,680.00	17,500.00	29,436.00
2. Carga útil, kg	1,030.00	7,500.00	48,000.00
3. Potencia máxima en operación, HP métrico	63.87	288.95	342.18
4. Potencia máxima del freno, HP métrico	51.91	333.56	996.13
5. Velocidad deseada, km/h	110.00	95.00	100.00
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre, adimensional	0.46	0.65	0.63
7. Área frontal proyectada, m ²	2.58	6.98	9.14
8. Velocidad calibrada del motor, RPM	3,700.00	1,700.00	1,700.00
9. Factor de eficiencia energética, adimensional	0.80	0.80	0.65
10. Factor de ajuste de combustible, adimensional	1.16	1.15	1.15
Características de los neumáticos			
1. Número de llantas por vehículo	4.00	10.00	34.00
2. Volumen de hule utilizable por llanta, dm ³	0.00	6.85	8.39
3. Costo de renovación/costo llanta nueva, fracción	0.38	0.33	0.33
4. Máximo de número de renovaciones	0.00	2.39	3.57
5. Término constante del modelo de desgaste, m ³ /m	0.00	0.16	0.16
6. Coeficiente de desgaste, 10E-3 dm ³ /kj	0.00	12.78	12.78
Utilización del vehículo			
1. Kilómetros conducidos por año	25,000.00	240,000.00	180,000.00
2. Horas conducidas por año	2,808.00	2,860.00	2,860.00
3. Índice de utilización horaria, fracción	0.60	0.80	0.85
4. Vida útil promedio de servicio, años	6.00	8.00	8.00
5. ¿Usar vida útil constante? (si=1, no=0)	1.00	1.00	1.00

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Concepto	Tipo de vehículo ^{a/}		
	Automóvil	Autobús	Camión
6. Edad del vehículo, km	75,000.00	750,000.00	600,000.00
7. Pasajeros por vehículo	2.00	23.00	0.00
Costos unitarios			
1. Precio del vehículo nuevo, \$	392,241.69	2'362,224.00	1'494,724.00
2. Costo del combustible, \$/l	18.26	19.59	19.59
3. Costo de los lubricantes, \$/l	41.64	42.25	42.25
4. Costo por llanta nueva, \$/llanta	1,090.52	3,000	2,800
5. Tiempo de los operarios, \$/h	35.35	92.68	74.14
6. Tiempo de los pasajeros, \$/h	0.00	0.00	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento, \$/h	32.76	81.90	57.33
8. Retención de la carga, \$/h	0.00	0.00	0.00
9. Tasa de interés anual real, %	4.75	4.75	4.75
10. Costos indirectos por veh-km, \$	0.57	1.53	2.47
Coefficientes adicionales			
11. KP	0.31	0.48	0.37
12. Cpo	32.49	1.77	13.94
13. CPq	13.70	3.56	15.65
14. QIPo	120.00	190.00	0.00
15. Clo	77.14	293.44	652.51
16. CLp	0.55	0.52	0.52
17. CLq	0.00	0.01	0.00
18. Co	1.55	3.07	5.15
19. FRATIO0	0.22	0.23	0.18
20. FRATIO1	0.00	0.00	0.02
21. ARVMAX	239.70	212.80	130.90
22. BW	1.00	1.00	1.00
23. BETA	0.31	0.27	0.24
24. E0	1.00	1.01	1.02
25. A0	6014.00	-7276.00	-30559.00
26. A1	37.60	63.50	156.10
27. A2	0.00	0.00	0.00
28. A3	3846.00	4323.00	4002.00
29. A4	1.40	0.00	0.00
30. A5	0.00	8.64	4.41
31. A6	3604.0	2479.00	4435.00
32. A7	0.00	11.50	26.08
33. NHO	-12.00	-50.00	-85.00

Fuente: Elaboración con datos de la *Publicación Técnica 699* del IMT.

Nota: ^{a/} Selección en el programa VOC de los tipos de vehículo 4, 5 y 10 para los casos de automóvil, autobús y camión, correspondientemente.

Después de obtener los resultados arrojados por el programa VOC por tipo de vehículo y para el horizonte de evaluación, solo resta multiplicar el resultado por el número de días al año (365). De la diferencia de

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

los costos conseguidos en las situaciones sin proyecto y con proyecto, se obtiene el beneficio atribuible al mismo. La siguiente tabla muestra los resultados y beneficios obtenidos en el primer año de operación.

Tabla 35. Beneficios por ahorro en costos de operación para el primer año de operación del proyecto

Costos (MDP)	Sin Proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Rehabilitación Carretera Estatal MICH-29	219,015,180	215,279,409	3,735,771

Fuente: Cálculo de indicadores.

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Tabla 36. Indicadores de rentabilidad.

Indicadores de Rentabilidad	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN) (pesos)	331,687,301
Tasa interna de retorno (TIR) (%)	29.59%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) (%)	8.96%

Fuente: Cálculo de indicadores.

Se recomienda iniciar la rehabilitación de la Carretera estatal MICH-29, en su tramo Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, debido a que el momento óptimo para operar es en el año 2024, cuando el valor de la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es de 8.96%, el cual es mayor a la tasa social de descuento.

Uno de los criterios de inversión para determinar el costo – beneficio de tomar una decisión, es el Valor Presente Neto (VPN), en el caso del presente proyecto, debido a que el valor del VPN resulta mayor a cero, éste se acepta; además, representa beneficios adicionales por \$331,687,301.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es una tasa que resume toda la información de un proyecto y que vuelve cero al VPN, es decir, depende propiamente del proyecto y de los flujos de éste. Con relación al presente proyecto, el resultado del valor de la TIR 29.59% es mayor que la tasa social de descuento (la cual corresponde al 10.0%), por lo anterior, el presente proyecto es socioeconómicamente factible.

d) Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad. Para ello se

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

consideraron 3 variables que se consideraron como las más relevantes para este tipo de proyectos, que son:

Inversión inicial. - Se refiere al costo de construcción del proyecto, es indudable la importancia de esta variable en un análisis costo beneficio, dado que con un incremento en ella podría dejar de ser rentable el proyecto, por lo que el análisis de sensibilidad a la inversión nos permitirá identificar hasta qué costo de inversión seguiría siendo rentable.

Costos de mantenimiento. - Los costos de mantenimiento conforman el segundo grupo de costos para el análisis costo-beneficio, considerando este grupo se tendría entonces analizada la sensibilidad del proyecto a los costos que incurriría el proyecto durante el horizonte de análisis, de ahí la importancia de considerarlo.

Demanda del proyecto. - Todo proyecto de inversión económica está dirigido a la satisfacción de una demanda, asimismo la demanda y su comportamiento en el período de análisis es un valor estimado que conlleva un cierto grado de incertidumbre, por lo que es necesario ver qué pasaría con la rentabilidad del proyecto si la demanda aumenta o disminuye, a fin de tomar las decisiones adecuadas en el tamaño óptimo del mismo o la posibilidad de postergarlo.

El análisis de sensibilidad arrojó los siguientes resultados para cada uno de los tramos que conforman el proyecto:

Tabla 37. Indicadores de rentabilidad y análisis de sensibilidad, para VPN=0.

Tramo	Variación respecto a su valor original	
	Inversión, incremento en:	Demanda, decremento en:
Rehabilitación Carretera MICH-29	181%	65.25%

Fuente: Cálculo de indicadores.

El análisis de sensibilidad demuestra que la rehabilitación de la Carretera Estatal MICH-29, es un proyecto que soporta incrementos en el costo de inversión por más del 181% y es prácticamente insensible a los incrementos en costos de mantenimiento. El hecho de soportar una disminución de hasta un 12.92% de su demanda lo hace aceptable, dado que es una viabilidad existente que mejoraría sus condiciones de operación por lo que, en ese caso, es sumamente difícil que disminuya su volumen de tránsito, además de que a fin de efectuar un análisis conservador no se consideraron tránsitos atraídos o generados por su nueva condición.

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

Tabla 38. Sensibilidad a la inversión.

Variación	Inversión	TIR	VPN	TRI
1.4	108,620,690	19.2%	74,604,930	8.3%
1.3	100,862,069	19.5%	79,859,997	8.5%
1.2	93,103,448	19.8%	84,589,557	8.5%
1.1	85,344,828	20.2%	90,370,130	8.7%
1.0	77,586,207	20.6%	331,687,302	9.0%
0.9	69,827,586	21.0%	100,880,262	9.3%
0.8	62,068,966	21.4%	106,135,329	9.6%
0.7	54,310,345	21.9%	111,390,395	9.9%
0.6	46,551,724	22.4%	116,645,462	10.3%
2.8	218,767,986	10.0%	0	6.3%

Fuente: Cálculo de indicadores.

Tabla 39. Sensibilidad al mantenimiento.

Variación	Mantenimiento	TIR	VPN	TRI
1.4	179,131,197	20.6%	331,687,299	9.0%
1.3	179,131,198	20.6%	331,687,300	9.0%
1.2	179,131,199	20.6%	331,687,301	9.0%
1.1	179,131,200	20.6%	331,687,302	9.0%
1.0	179,131,200	20.6%	331,687,302	9.0%
0.9	179,131,200	20.6%	331,687,302	9.0%
0.8	179,131,201	20.6%	331,687,303	9.0%
0.7	179,131,202	20.6%	331,687,304	9.0%
0.6	179,131,203	20.6%	331,687,305	9.0%

Fuente: Cálculo de indicadores.

Tabla 40. Sensibilidad a la demanda.

Variación	TDPA	TIR	VPN	TRI
1.4	2,320	21.9%	154,895,539	10.1%
1.3	2,154	21.6%	140,077,954	9.9%
1.2	1,988	21.3%	125,276,034	9.6%
1.1	1,823	21.0%	110,442,781	9.3%
1.0	1,657	20.6%	331,687,302	9.0%
0.9	1,491	20.2%	80,807,609	8.7%
0.8	1,326	19.7%	65,990,022	8.5%
0.7	1,160	19.1%	51,172,437	8.5%
0.6	994	18.6%	36,354,852	8.3%
0.35	587	10.0%	0	6.3%

Fuente: Cálculo de indicadores.

e) Análisis de riesgos

Tabla 41. Análisis y mitigación de riesgos.

Descripción	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Mitigación
Fluctuación de divisas	Incremento en costo de maquinaria y equipo	Medio	Adoptar una política de cobertura para la tasa de cambio en la deuda financiera de largo plazo, con coberturas para amortizaciones futuras.
Cambios de las tasas de interés.	Insolvencia económica por parte de empresas constructoras	Bajo	Las empresas constructoras deberán fortalecerse a través de crédito a costo y plazos competitivos y que se implementen políticas públicas para evitar la insolvencia.
Fenómenos inflacionarios	Incremento en costos (construcción o de operación)	Alto	La propuesta de presupuesto se ajustará a precios del año en el que se realice la contratación de la obra. Se adquirirán seguros e instrumentos de cobertura de riesgos financieros.
Incremento en el monto de inversión	El incremento de 41.85% en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable	Medio	Se realizará la obra conforme al proyecto ejecutivo, y con una supervisión, a efecto de establecer un proceso formal de seguimiento con el fin de identificar a tiempo las variaciones en costo y definir medidas correctivas.
Riesgo de baja o nula rentabilidad del proyecto si el TDPA es menor al esperado	El proyecto deja de ser rentable si el TDPA es 64.55% menor al esperado	Media	Verificar el método, supuestos e información para la proyección del TDPA.
Solicitud de obras adicionales	Posibilidad de retraso en la obra por la necesidad de obras adicionales solicitadas por la comunidad	Medio	Asignar claramente la responsabilidad de relaciones públicas y relación con las comunidades a una persona con experiencia.

VI. Conclusiones y Recomendaciones

La rehabilitación de la carretera estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, cumple con el propósito de hacer más seguro y eficiente el movimiento de bienes y personas, entre la zona.

Además, permitirá un desplazamiento con mayores velocidades, contribuyendo en la disminución de los costos de operación vehicular y tiempos de recorrido, lo cual se traduce en una mayor competitividad del transporte carretero. De acuerdo con los indicadores obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

Se recomienda iniciar la rehabilitación de la de la carretera estatal MICH-29 Tepalcatepec – Coalcoman - Aquila, debido a que el momento óptimo para operar es en el año 2025, cuando el valor de la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es de 8.96%, el cual es mayor a la tasa social de descuento.

Uno de los criterios de inversión para determinar el costo – beneficio de tomar una decisión, es el Valor Presente Neto (VPN), en el caso del presente proyecto, debido a que el valor del VPN resulta mayor a cero, éste se acepta; además, representa beneficios adicionales por 331,687,301.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es una tasa que resume toda la información de un proyecto y que vuelve cero al VPN, es decir, depende propiamente del proyecto y de los flujos de éste. Con relación al presente proyecto, el resultado del valor de la TIR 29.59% es mayor que la tasa social de descuento (la cual corresponde al 10.0%), por lo anterior, el presente proyecto es socioeconómicamente factible.

VII. Anexos

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Memoria de cálculo	Contiene el análisis que conforma el proyecto para la obtención de los indicadores de rentabilidad.

VIII. Bibliografía

1. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Raúl Coss Bu, Editorial Limusa, 2006.
2. Boletín Notas Número 201, Enero-Febrero de 2023, artículo 1, Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2023, Torres Guillermo, Hernández Salvador, González Alejandro y Arroyo Antonio, Instituto Mexicano del Transporte.
3. Publicación Técnica No. 699, Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2022; José Antonio Arroyo Osorno, Guillermo Torres Vargas, José Alejandro González García, Salvador Hernández García, Instituto Mexicano del Transporte.
4. Criterios de Evaluación de Proyectos, Nassir Sapag Chain, Mc Graw Hill, 1993.
5. Datos Viales de 2012 a 2022, Secretaría de Comunicaciones y Transportes
6. Estimating Vehicle Operating Costs, Rodrigo S. Archondo Callao y Asif Faiz, World Bank Technical Paper Number 234, Washington, D. C. 1994.
7. Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina, Editorial Mc Graw Hill, 2000.
8. La Conservación de Carreteras en México, la experiencia reciente, Cédric Iván Escalante Sauri, Asociación Mexicana de Ingeniería en Vías Terrestres A. C., 2002.
9. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. DOF, 2013.
10. Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D. C. 2006.
11. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, 1991.
12. Metodología General para la Evaluación de Proyectos, CEPEP Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, D. F. 2008.
13. Propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México, el caso del transporte de pasajeros, Dr. Guillermo Torres Vargas y Salvador Hernández García. IMT Publicación Técnica 291. 2006.

"REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO."

ATENTAMENTE



LIC. JUSTO HUMBERTO VIRGEN CERRILLOS
PRESIDENTE MUNICIPAL DE CHINICUILA



Miguel espinoza m.

C. MIGUEL ESPINOZA MENDOZA
DIRECTOR DE OBRAS PUBLICAS DE
CHINICUILA



Memoria de cálculo

DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS DE CHINICUILA



Nombre del proyecto "REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO."

Flujo de costos de la alternativa 1				
Año	Costos			
	Fase de inversión	Fase de operación	Otros	Totales
	\$			
0	\$77,586,206.9	\$0.00		\$77,586,207
1		5,198,400		5,198,400
2		5,198,400		5,198,400
3		5,198,400		5,198,400
4		5,198,400		5,198,400
5		49,962,400		49,962,400
6		5,198,400		5,198,400
7		5,198,400		5,198,400
8		5,198,400		5,198,400
9		5,198,400		5,198,400
10		49,962,400		49,962,400
11		5,198,400		5,198,400
12		5,198,400		5,198,400
13		5,198,400		5,198,400
14		5,198,400		5,198,400
15		205,192,400		205,192,400
16		5,198,400		5,198,400
17		5,198,400		5,198,400
18		5,198,400		5,198,400
19		5,198,400		5,198,400
20		49,962,400		49,962,400
21		5,198,400		5,198,400
22		5,198,400		5,198,400
23		5,198,400		5,198,400
24		5,198,400		5,198,400
25		49,962,400		49,962,400
26		5,198,400		5,198,400
27		5,198,400		5,198,400
28		5,198,400		5,198,400
29		5,198,400		5,198,400
30		205,192,400		205,192,400
31		-		-
32		-		-
33		-		-
34		-		-
35		-		-
36		-		-
37		-		-
38		-		-
39		-		-
40		-		-

Fuente: Elaboración propia.

Aplican CAE en la fase de operación
Si
No

Resumen						
Inversión total	COM	Periodo de ejecución	Vida útil	Horizonte de evaluación	VPC	CAE
\$		años			\$	
77,586,207		1	29	30	\$241,768,223	25,803,457

Datos generales de la alternativa 1						
Descripción general						

	Técnicas	Económicas	Legales	Ambientales	Financieras	Otras
Ventajas						
Desventajas						

Costos en la fase de operación		
Concepto	Costo	Periodicidad
	\$	años
A	5,198,400	1
B	44,764,000	5
C	155,230,000	15
D	0	1
E	0	1
F	0	1
G	0	1
H	0	1
I	0	1
J	0	1

CONFIGURACION COSTOS DE CONSERVACION		
Tipo de pavimento	Asfalto	
Rutinaria	36,000	\$/km/carril
Periódica	310,000	\$/km/carril
Rehabilitación	1,075,000	\$/km/carril
Número de km	72.2	
Carriles	2.0	

Datos generales de la evaluación	
Concepto	Valor
Tasa Social de Descuento (TSD)	10%
Años de inversión	1
Vida útil, años	29
Horizonte de evaluación	30

Supuestos de la evaluación	
Aplican CAE en la fase de operación	No



Miguel Espinoza M.
C. MIGUEL ESPINOZA MENDOZA
DIRECTOR DE OBRAS PUBLICAS DE
CHINICUILA



LIC. JUSTO HUMBERTO VIRGEN CERRILLO
PRESIDENTE MUNICIPAL DE CHINICUILA



Gobierno de
Michoacán
HONESTIDAD Y TRABAJO

Memoria de cálculo

DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS DE CHINICUILA



Nombre del proyecto "REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO."

Flujo de costos de la alternativa 2				
Año	Costos			
	Fase de inversión	Fase de operación	Otros	Totales
	\$			
0	1,850,000	-	-	1,850,000
1	-	5,198,400	-	5,198,400
2	-	49,962,400	-	49,962,400
3	-	5,198,400	-	5,198,400
4	-	49,962,400	-	49,962,400
5	-	5,198,400	-	5,198,400
6	-	49,962,400	-	49,962,400
7	-	5,198,400	-	5,198,400
8	-	49,962,400	-	49,962,400
9	-	5,198,400	-	5,198,400
10	-	205,192,400	-	205,192,400
11	-	5,198,400	-	5,198,400
12	-	49,962,400	-	49,962,400
13	-	5,198,400	-	5,198,400
14	-	49,962,400	-	49,962,400
15	-	5,198,400	-	5,198,400
16	-	49,962,400	-	49,962,400
17	-	5,198,400	-	5,198,400
18	-	49,962,400	-	49,962,400
19	-	5,198,400	-	5,198,400
20	-	205,192,400	-	205,192,400
21	-	5,198,400	-	5,198,400
22	-	49,962,400	-	49,962,400
23	-	5,198,400	-	5,198,400
24	-	49,962,400	-	49,962,400
25	-	5,198,400	-	5,198,400
26	-	49,962,400	-	49,962,400
27	-	5,198,400	-	5,198,400
28	-	49,962,400	-	49,962,400
29	-	5,198,400	-	5,198,400
30	-	205,192,400	-	205,192,400
31	-	-	-	-
32	-	-	-	-
33	-	-	-	-
34	-	-	-	-
35	-	-	-	-
36	-	-	-	-
37	-	-	-	-
38	-	-	-	-
39	-	-	-	-
40	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Aplican CAE en la fase de operación
Si
No

Resumen						
Inversión total	COM	Periodo de ejecución	Vida útil	Horizonte de evaluación	VPC	CAE
\$		años	años			\$
1,850,000		1	29	30	343,618.618	36,673,754

Datos generales de la alternativa 2						
Costo Total Nominal						
1,294,952,000						
Ventajas						
Técnicas	Económicas	Legales	Ambientales	Financieras	Otras	
Desventajas						

Costos en la fase de operación		
Concepto	Costo	Periodicidad
	\$	años
A	5,198,400	1
B	44,764,000	2
C	155,230,000	10
D	0	1
E	0	1
F	0	1
G	0	1
H	0	1
I	0	1
J	0	1

Datos generales de la evaluación	
Concepto	Valor
Tasa Social de Descuento (TSD)	10%
Años de inversión	1
Vida útil, años	29
Horizonte de evaluación	30

Supuestos de la evaluación	
Aplican CAE en la fase de operación	No

CONFIGURACION COSTOS DE CONSERVACION		
Tipo de pavimento	Asfalto	
Rutinaria	36,000	\$/km/carril
Periódica	310,000	\$/km/carril
Rehabilitación	1,075,000	\$/km/carril
Número de km	72.2	
Carriles	2.0	



LIC. JUSTO HUMBERTO VIRGEN CERRILLO
PRESIDENTE MUNICIPAL DE CHINICUILA

Miguel Espinoza M.



C. MIGUEL ESPINOZA MENDOZA
DIRECTOR DE OBRAS PUBLICAS DE
CHINICUILA



“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”

DATOS BASICOS DE LA EVALUACION

TRAMOS	LONGITUD (Km)	TPDA	TIPO DE TERRENO	ESTADO FISICO	COMPOSICION (A,B,C)			TCMA (%)	TIPO DE VIA	CARRILES	ANCHO (m)	Tipo pavimento	Pendiente media	Curvatura horizontal	Costos por molestias
CONDICION ACTUAL SIN PROYECTO															
1.- Tepaltapec - Coalcoman - Aquila	72.20	1,657	P	4.0	80.50%	1.90%	17.60%	1.90%	C	2	7	Asfalto	2.0%	100.0	
CONDICIONES DEL PROYECTO															
CONDICION ACTUAL CON PROYECTO															
1.- Tepaltapec - Coalcoman - Aquila	72.20	1,657	P	2.5	80.50%	1.90%	17.60%	1.90%	C	2	7	Asfalto	2.0%	100.0	Si

1.- Inversión

Años de construcción	AÑO	INVERSION (pesos S/TVA)	TIR	VPN (pesos)	TRI
1	1	77,586,206.93	20.59%	331,687,301.82	8.96%
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	TOTAL	77,586,206.93			



Miguel espinoza m.
C. MIGUEL ESPINOZA MENDOZA
DIRECTOR DE OBRAS PUBLICAS DE CHINICUILA




LIC. JUSTO HUMBERTO VIRGEN CERRILLO
PRESIDENTE MUNICIPAL DE CHINICUILA



Tepaltapac - Coalcoman - Aquila

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS	
LONGITUD	72.20
TDPA 1.057 A% 80.5% B% 1.0% C% 17.0%	
TERRENO	P (p, l, m)
CRECIMIENTO	1.90%
ESTADO FISICO ORD	4.00
CONFIGURACION VALOR DEL TIEMPO	
Valor del tiempo viaje de trabajo	60.39 \$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	36.23 \$/hr
% de viajeros por motivo de trabajo	61.8%
Número de pasajeros auto	2.41 pas/veh
Número de pasajeros autobas	23.40 pas/veh
Valor tiempo de la carga	243.74 \$/hr/vehículo
Tasa de Descuento	10%
CONFIGURACION COSTOS DE CONSERVACION	
Tipo de pavimento	Asfalto
Conservación normal	36.000 \$/km/carril
Reparación superficial de losas de concreto	510.000 \$/km/carril
Reparación mayor de losas de concreto	1,430.000 \$/km/carril
-	-
Número de carriles	2 7 METROS
Factor Acoctam/Puente	1.0

[A la Página Principal](#)

SITUACION SIN PROYECTO

AÑO	Tránsito (Veh/Día)			Velocidad de Operación (km/hr)			Costos de Operación Vehicular (\$/km)			Costos Totales de Operación (Pesos por Día)			Tiempo de Recorrido (Horas)			Costos por Tiempos de Recorrido (Pesos por Día)			Costos de Mantenimiento (Pesos por Año)			Costos Totales (Pesos por Año)				
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	Rutinario	(op. Superficial)	Rep. Mayor	Situación con congestión	COV	Tiempo	Subtotal	Conservación
0	1,334	31	292	47	44	40	3.47	9.15	10.85	334,025	20,790	228,439	1.55	1.65	1.80	254,515.93	62,035.57	128,020.59	5,198,400.00			212,887,710	162,268,815	375,156,525	5,198,400	380,354,925
1	1,359	32	297	46	43	39	3.51	9.20	10.91	344,674	21,314	234,054	1.58	1.68	1.84	264,644.62	64,564.34	133,115.29	5,198,400.00			219,015,180	168,726,451	387,741,631	5,198,400	392,940,031
2	1,385	33	303	45	42	39	3.57	9.29	11.00	357,204	21,933	240,529	1.61	1.71	1.88	275,176.40	67,071.35	138,412.73	5,198,400.00			226,177,975	175,441,075	401,619,051	5,198,400	406,817,451
3	1,411	33	309	44	41	38	3.66	9.44	11.15	372,941	22,709	248,351	1.64	1.75	1.91	286,127.30	69,740.51	143,921.00	5,198,400.00			235,060,444	182,422,914	417,483,358	5,198,400	422,681,758
4	1,438	34	314	43	40	37	3.80	9.69	11.38	394,149	23,746	258,315	1.68	1.78	1.95	297,514.00	72,515.90	149,648.46	5,198,400.00			246,815,741	189,682,601	436,498,342	5,198,400	441,696,742
5	1,466	35	320	42	40	36	4.01	10.09	11.79	424,641	25,209	271,724	1.71	1.82	1.99	309,353.84	75,401.74	155,653.86	5,198,400.00	2,692,800		263,374,633	197,231,195	460,605,827	7,891,200	468,497,027
6	1,493	35	326	41	39	36	4.37	10.75	12.35	470,795	27,368	296,770	1.75	1.86	2.02	321,664.90	78,402.42	161,796.26	5,198,400.00			287,960,503	205,080,191	493,040,694	5,198,400	498,239,094
7	1,522	36	333	41	38	35	4.494	11.82	13.29	543,230	30,660	319,139	1.78	1.90	2.07	334,655.81	81,522.51	168,235.69	5,198,400.00			325,955,717	213,241,546	539,197,263	5,198,400	544,395,663
8	1,551	37	339	40	37	34	5.09	13.54	14.84	570,158	35,781	363,162	1.82	1.93	2.12	347,776.18	84,766.78	174,830.16	5,198,400.00			353,722,065	221,727,689	575,449,754	5,198,400	580,648,154
9	1,580	37	345	39	37	33	5.25	14.21	15.63	598,421	38,275	389,792	1.86	1.97	2.16	361,616.25	88,140.15	181,891.67	5,198,400.00			374,608,320	230,551,546	605,219,860	5,198,400	610,418,260
10	1,610	38	352	38	36	33	5.40	14.64	16.10	628,085	40,172	409,114	1.89	2.01	2.20	376,007.10	91,647.77	189,130.21	5,198,400.00	7,550,400		393,240,629	239,726,537	632,967,186	12,748,800	645,715,986
11	1,641	39	359	37	35	32	5.56	15.08	16.36	659,219	42,164	426,394	1.93	2.06	2.24	390,970.65	95,294.97	196,656.82	5,198,400.00			412,733,567	249,266,055	662,000,262	5,198,400	667,198,662
12	1,672	39	366	37	34	31	5.73	15.53	17.08	691,897	44,254	450,979	1.97	2.10	2.30	406,529.69	99,087.33	204,482.96	5,198,400.00			433,192,770	259,186,492	692,379,262	5,198,400	697,577,662
13	1,704	40	372	36	34	31	5.90	16.00	17.59	726,194	46,447	473,030	2.01	2.14	2.34	422,707.91	103,030.60	212,620.55	5,198,400.00			454,606,136	269,501,057	724,107,192	5,198,400	729,305,592
14	1,736	41	380	35	33	30	6.08	16.48	18.12	762,191	48,750	496,467	2.05	2.18	2.39	439,529.96	107,130.79	221,081.98	5,198,400.00			477,203,936	280,226,099	757,430,035	5,198,400	762,628,435
15	1,769	42	387	34	32	30	6.26	16.97	18.66	799,973	51,166	521,077	2.10	2.23	2.44	457,021.46	111,394.16	229,880.14	5,198,400.00	2,692,800		500,858,933	291,377,954	792,236,889	7,891,200	800,128,089
16	1,803	43	394	34	32	29	6.45	17.49	19.22	839,626	53,762	546,967	2.14	2.27	2.49	475,309.05	115,827.20	239,026.43	5,198,400.00			523,686,514	302,977,907	828,664,119	5,198,400	833,854,519
17	1,837	43	402	33	31	28	6.64	18.01	19.80	881,248	56,364	574,017	2.18	2.32	2.54	494,120.43	120,436.65	248,540.79	5,198,400.00			551,744,793	315,030,720	866,775,513	5,198,400	871,973,913
18	1,872	44	409	33	30	28	6.84	18.55	20.39	924,932	59,158	602,471	2.23	2.37	2.59	513,784.40	125,229.53	258,431.70	5,198,400.00			579,694,782	327,567,057	906,662,439	5,198,400	911,860,839
19	1,907	45	417	32	30	27	7.05	19.10	21.00	970,781	62,091	632,335	2.27	2.42	2.64	534,230.93	130,213.16	268,716.22	5,198,400.00			607,809,511	340,003,512	948,404,023	5,198,400	953,602,423
20	1,944	46	425	31	29	27	7.26	19.68	21.63	1,018,902	65,169	661,680	2.32	2.47	2.70	555,491.14	135,395.11	279,410.63	5,198,400.00	7,550,400		637,929,182	354,158,142	992,087,322	12,748,800	1,004,836,124
21	1,981	47	433	31	29	26	7.48	20.27	22.28	1,069,409	68,399	696,579	2.37	2.52	2.74	577,597.42	140,783.28	290,529.41	5,198,400.00			660,551,331	368,252,190	1,027,803,522	5,198,400	1,033,001,922
22	2,018	48	441	30	28	26	7.70	20.87	22.95	1,122,420	71,790	731,108	2.41	2.57	2.81	600,583.44	146,383.88	302,091.30	5,198,400.00			702,740,991	382,907,124	1,085,648,115	5,198,400	1,090,846,515
23	2,056	49	450	29	28	25	7.93	21.50	23.64	1,178,058	75,348	767,349	2.46	2.62	2.87	624,484.21	152,211.44	314,113.30	5,198,400.00			737,575,862	398,145,265	1,135,721,127	5,198,400	1,140,919,527
24	2,096	49	458	29	27	25	8.17	22.15	24.35	1,236,454	79,083	805,387	2.51	2.67	2.92	648,336.13	158,568.84	326,613.72	5,198,400.00			774,137,497	413,989,822	1,188,127,319	5,198,400	1,193,325,719
25	2,135	50	467	28	26	24	8.42	22.81	25.08	1,297,745	83,004	845,310	2.56	2.73	2.98	675,177.06	164,567.29	339,611.62	5,198,400.00	2,692,800		812,511,493	430,464,927	1,242,976,420	7,891,200	1,250,867,620
26	2,176	51	476	28	26	24	8.67	23.49	25.83	1,362,075	87,118	887,212	2.62	2.78	3.05	702,046.35	171,116.40	353,126.77	5,198,400.00			852,787,688	447,395,674	1,300,383,362	5,198,400	1,305,581,762
27	2,217	52	485	27	25	23	8.93	24.20	26.61	1,429,503	91,436	931,191	2.67	2.84	3.11	729,984.93	177,926.13	367,176.78	5,198,400.00			895,060,373	465,498,155	1,360,458,528	5,198,400	1,365,656,728
28	2,259	53	494	26	25	23	9.20	24.93	27.40	1,500,458	95,969	977,350	2.72	2.90	3.17	759,035.35	185,006.86	381,792.03	5,198,400.00			939,428,516	483,929,500	1,423,358,016	5,198,400	1,428,556,416
29	2,302	54	503	26	24	22	9.47	25.67	28.23	1,574,835	100,726	1,025,797	2.78	2.96	3.24	789,241.86	192,369.38	396,985.80	5,198,400.00			985,995,988	503,187,018	1,489,183,006	5,198,400	1,494,382,406
30	2,346	55	513	25	24	22	9.76	26.44	29.07	1,652,900	105,719	1,076,646	2.84	3.02	3.30	820,650.46	200,024.90	412,784.21	5,198,400.00			1,034,871,809	523,212,744	1,558,084,553	5,198,400	1,563,282,953



Miguel Espinosa M.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS												
LONGITUD		72.20										
<table><tr><td colspan="2">Hira Pico</td></tr><tr><td>TDPA</td><td>1.637</td></tr><tr><td>A%</td><td>80.5%</td></tr><tr><td>C%</td><td>1.9%</td></tr><tr><td>B%</td><td>17.0%</td></tr></table>			Hira Pico		TDPA	1.637	A%	80.5%	C%	1.9%	B%	17.0%
Hira Pico												
TDPA	1.637											
A%	80.5%											
C%	1.9%											
B%	17.0%											
TIENEBO		P (p. l. m)										
CRECIMIENTO		1.90%										
ESTADO SUP. KODAM (IRI)	2.50	Molestias Si										
IRI S/P	4.00											
CONFIGURACION VALOR DEL TIEMPO												
Valor del tiempo viaje de traza		60.30 \$/hr										
Valor del tiempo viaje de planeo		36.23 \$/hr										
% de vijerues por motivo de trabajo		61.8%										
Número de pasajeros dentro		24.41 pasajeh										
Número de pasajeros autotaxi		23.40 pasajeh										
Valor tiempo de la carga		243.74 \$/hr/vehículo										
Tasa de Descuento		10%										
CONFIGURACION COSTOS DE CONSERVACION												
Tipo de pavimento		Asfalto										
Conservación normal		36,000 \$/km/carril										
Reparación superficial de losas de concreto		510,000 \$/km/carril										
Reparación mayor de losas de concreto		1,430,000 \$/km/carril										
Número de carriles		2										
		7 METROS										

[A la Página Principal](#)

AÑO	Tránsito (Veh./Día)			Velocidad de Operación (Km/hr)		
	A	B	C	A	B	C
0	1334	31	202	35	30	29
1	1350	32	207	49	45	43
2	1385	33	303	48	45	43
3	1411	33	309	47	44	42
4	1438	34	314	46	43	41
5	1466	35	320	45	42	40
6	1493	35	326	44	41	39
7	1522	36	333	43	40	38
8	1551	37	339	42	39	38
9	1580	37	345	41	39	37
10	1610	38	352	41	38	36
11	1641	39	359	40	37	35
12	1672	39	366	39	36	35
13	1704	40	372	38	36	34
14	1736	41	380	37	35	33
15	1769	42	387	37	34	33
16	1803	43	394	36	34	32
17	1837	43	402	35	33	31
18	1872	44	409	35	32	31
19	1907	45	417	34	32	30
20	1944	46	425	33	31	30
21	1981	47	433	33	30	29
22	2018	48	441	32	30	28
23	2056	49	450	31	29	28
24	2096	49	458	31	29	27
25	2135	50	467	30	28	27
26	2176	51	476	29	27	26
27	2217	52	485	29	27	26
28	2259	53	494	28	26	25
29	2302	54	503	28	26	25
30	2346	55	513	27	25	24



Miguel Espinoza M.

• • • • •

Con un TRI de: 2.5					
Costos de Operación Vehicular (\$/km)			Costos Totales de Operación (Pesos por Día)		
A	B	C	A	B	C
4.23	10.50	12.11	407,540	23,874	255,009
3.45	8.98	10.74	330,570	20,800	230,436
3.50	9.00	10.75	330,003	21,242	233,035
3.59	9.05	10.76	365,862	21,771	239,648
3.72	9.07	10.77	384,649	22,223	246,476
3.95	9.09	10.79	419,590	22,692	253,919
4.31	9.11	10.83	461,750	23,186	254,869
4.91	9.15	10.85	539,360	23,720	260,304
5.00	9.20	11.00	579,135	24,300	267,035
5.25	9.30	11.20	658,421	25,058	274,463
5.40	9.57	11.23	628,085	26,269	288,068
5.56	9.88	11.67	650,210	27,571	302,345
5.73	10.16	12.02	691,897	28,908	317,335
5.90	10.46	12.38	736,100	30,372	333,665
6.08	10.78	12.76	762,191	31,878	349,735
6.26	11.10	13.14	799,973	33,458	366,004
6.45	11.43	13.53	839,628	35,117	383,091
6.64	11.77	13.94	881,248	36,857	401,380
6.84	12.16	14.38	924,938	38,684	421,113
7.05	12.49	14.79	970,781	40,602	442,534
7.26	12.87	15.23	1,018,902	42,615	467,314
7.48	13.25	15.69	1,069,409	44,727	490,809
7.70	13.65	16.16	1,122,420	46,944	514,792
7.93	14.00	16.64	1,178,008	49,271	540,310
8.17	14.48	17.14	1,236,454	51,714	567,694
8.42	14.99	17.64	1,297,754	54,277	596,944
8.67	15.56	18.19	1,362,075	56,968	628,700
8.93	15.82	18.73	1,429,550	59,791	655,673
9.20	16.30	19.30	1,500,458	62,755	688,177
9.47	16.70	19.87	1,574,835	65,866	720,094
9.76	17.29	20.47	1,652,900	69,131	758,004

Tempo de Recorde (horas)		
A	B	C
2.04	2.39	2.52
1.88	1.59	1.66
1.51	1.62	1.70
1.54	1.05	1.73
1.57	1.89	1.77
1.61	1.72	1.80
1.64	1.70	1.84
1.02	1.70	1.88
1.71	1.83	1.92
1.74	1.87	1.96
1.78	1.90	2.00
1.81	1.94	2.04
1.85	1.98	2.08
1.88	2.02	2.12
1.93	2.06	2.16
1.97	2.11	2.21
2.01	2.15	2.25
2.05	2.19	2.30
2.09	2.24	2.35
2.13	2.28	2.39
2.17	2.33	2.44
2.22	2.38	2.49
2.26	2.43	2.54
2.31	2.48	2.60
2.36	2.53	2.65
2.41	2.58	2.70
2.45	2.63	2.75
2.50	2.68	2.81
2.61	2.80	2.93
2.66	2.85	2.99

Costos por Tiempo de Inactividad (Costos por Día)	A	B	C
330,420.724	89,990.25	170,152.82	
218,421.75	90,984.97	127,436.78	
258,120.80	65,411.92	192,708.83	
208,308.05	95,935.45	112,372.60	
270,079.30	68,550.42	135,361.90	
200,770.69	71,287.80	140,955.84	
212,121.75	74,121.76	137,999.99	
113,735.41	2,074.65	152,968.83	
326,220.80	80,141.38	156,823.81	
339,403.06	83,331.20	164,700.89	
292,592.18	86,647.45	171,928.13	
295,738.01	89,990.25	174,741.76	
381,339.73	95,681.10	185,263.83	
358,068.41	97,402.22	166,603.17	
442,887.02	101,285.71	200,970.27	
355,738.01	105,316.47	174,414.53	
415,275.30	109,962.61	210,927.70	
455,494.15	113,965.59	225,144.56	
481,039.73	118,396.98	234,101.81	
501,118.99	123,108.70	242,430.18	
521,601.45	127,987.72	253,393.73	
541,579.27	133,102.12	259,170.95	
563,396.81	138,396.03	263,981.77	
585,778.29	143,976.75	281,554.73	
609,020.88	148,633.65	298,867.41	
633,229.17	153,522.63	307,644.72	
657,403.76	158,730.23	316,673.53	
684,740.01	168,218.44	316,521.57	
711,980.87	174,032.81	334,851.42	
740,424.16	181,875.67	350,619.48	
769,786.14	188,111.49	373,926.10	

[illegible]

Cuentos Totales (Pesos por Año)				
Situación con conexión			Conservadas	TOTAL
COV	Tiempo	Subtotal		
250,544,509	220,802,824	471,437,333	5,198.40	476,635,733
215,270,499	156,881,021	372,160,431	5,198.40	377,358,881
221,291,766	163,124,616	384,416,012	5,198.40	389,614,612
228,607,509	165,615,925	398,573,534	5,198.40	403,771,834
235,422,080	176,365,944	413,808,024	5,198.40	420,036,424
232,978,288	183,584,591	416,562,771	7,891.20	434,199,371
230,103,326	190,480,544	420,581,068	5,198.40	425,801,568
300,657,501	188,270,337	498,929,498	5,198.50	504,126,808
234,578,711	198,567,731	520,620,084	5,198.40	525,818,484
327,738,062	215,685,689	543,105,751	5,198.40	547,301,151
334,984,037	222,996,660	558,800,690	12,748.80	570,629,460
311,053,326	220,480,544	531,533,870	5,198.40	536,032,690
378,931,847	240,990,321	619,928,166	5,198.60	625,126,566
397,715,499	250,580,752	648,496,251	5,198.40	653,694,451
410,428,256	260,532,843	671,983,099	5,198.40	683,181,499
420,770,473	270,479,768	691,250,241	5,198.40	696,488,561
431,693,899	273,703,364	705,413,250	5,198.40	710,613,650
462,634,264	292,014,008	754,578,272	5,198.40	760,776,672
506,598,544	330,470,780	837,110,323	5,198.40	842,308,723
531,685,546	316,091,454	848,300,001	5,198.40	853,558,401
538,635,336	329,284,492	867,919,828	12,748.80	880,668,628
585,054,734	342,399,099	929,885,642	5,198.93	935,292,422
614,776,958	356,093,154	970,742,112	5,198.40	975,940,512
615,488,178	370,192,502	1,015,381,980	5,198.40	1,020,580,580
770,770,811	384,945,912	1,092,968,961	5,198.40	1,097,264,361
775,757,491	400,224,050	1,186,981,541	7,891.20	1,194,873,171
775,757,491	416,480,544	1,192,238,038	5,198.40	1,197,436,438
796,967,742	423,794,205	1,215,680,970	5,198.40	1,220,879,370
831,757,443	439,305,200	1,271,712,703	5,198.40	1,276,913,103
862,491,890	467,861,642	1,330,355,536	5,198.40	1,335,552,932
905,245,698	486,486,626	1,391,726,312	5,198.40	1,396,924,712





Gobierno de
Michoacán
HONESTIDAD Y TRABAJO

DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS DE CHINICUILA



**"REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO:
COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD
INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE**

COSTOS TOTALES SIN PROYECTO (pesos/año)

AÑO	SITUACION SIN PROYECTO (Costos totales)			
	COV	Tiempo	Conservación	TOTAL
0	212,887,710	162,268,815	5,198,400	380,354,925
1	219,015,180	168,726,451	5,198,400	392,940,031
2	226,177,975	175,441,075	5,198,400	406,817,451
3	235,060,444	182,422,914	5,198,400	422,681,758
4	246,815,741	189,682,601	5,198,400	441,696,742
5	263,374,633	197,231,195	7,891,200	468,497,027
6	287,960,503	205,080,191	5,198,400	498,239,094
7	325,955,717	213,241,546	5,198,400	544,395,663
8	353,722,065	221,727,689	5,198,400	580,648,154
9	374,668,320	230,551,546	5,198,400	610,418,266
10	393,240,629	239,726,557	12,748,800	645,715,986
11	412,733,567	249,266,695	5,198,400	667,198,662
12	433,192,770	259,186,492	5,198,400	697,577,662
13	454,666,136	269,501,057	5,198,400	729,365,592
14	477,203,936	280,226,099	5,198,400	762,628,435
15	500,858,935	291,377,954	7,891,200	800,128,089
16	525,686,512	302,973,607	5,198,400	833,858,519
17	551,744,793	315,030,720	5,198,400	871,973,913
18	579,094,782	327,567,657	5,198,400	911,860,839
19	607,800,511	340,603,512	5,198,400	953,602,423
20	637,929,182	354,158,142	12,748,800	1,004,836,124
21	669,551,331	368,252,190	5,198,400	1,043,001,922
22	702,740,991	382,907,124	5,198,400	1,090,846,515
23	737,575,862	398,145,265	5,198,400	1,140,919,527
24	774,137,497	413,989,822	5,198,400	1,193,325,719
25	812,511,493	430,464,927	7,891,200	1,250,867,620
26	852,787,688	447,595,674	5,198,400	1,305,581,762
27	895,060,373	465,408,155	5,198,400	1,365,666,928
28	939,428,516	483,929,500	5,198,400	1,428,556,416
29	985,995,988	503,187,918	5,198,400	1,494,382,306
30	1,034,871,809	523,212,744	5,198,400	1,563,282,953
	11,203,795,721.90	6,739,286,914.92	150,446,400.00	18,093,529,036.83



Miguel espinoza m.



C. MIGUEL ESPINOZA MENDOZA
DIRECTOR DE OBRAS PUBLICAS DE CHINICUILA

LIC. JUSTO HUMBERTO VIRGEN CERRILLO
PRESIDENTE MUNICIPAL DE CHINICUILA

"REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO."



**Gobierno de
Michoacán**
HONESTIDAD Y TRABAJO

DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS DE CHINICUILA

[A la Página Principal](#)



INDICADORES

AÑO	INDICADORES						
	AHORROS	INVERSIÓN	Conservación	COSTOS POR MOLESTIAS	BENEFICIOS TOTALES	VPN (MDP)	TIR (%)
0	-	77,586,207	-	96,280,809	(173,867,016)		
1	15,581,201	-	-	-	15,581,201	(159,702,288)	-91.0%
2	17,203,038	-	-	-	17,203,038	(145,484,901)	-63.7%
3	18,909,924	-	-	-	18,909,924	(131,277,595)	-41.9%
4	21,660,316	-	-	-	21,660,316	(116,483,308)	-26.4%
5	25,297,656	-	-	-	25,297,656	(100,775,454)	-15.3%
6	31,237,538	-	-	-	31,237,538	(83,142,678)	-7.0%
7	40,268,765	-	-	-	40,268,765	(62,478,434)	-0.5%
8	54,829,671	-	-	-	54,829,671	(36,899,988)	5.0%
9	63,116,115	-	-	-	63,116,115	(10,132,594)	8.8%
10	66,086,579	-	-	-	66,086,579	15,346,643	11.5%
11	69,197,993	-	-	-	69,197,993	39,600,117	13.5%
12	72,457,094	-	-	-	72,457,094	62,687,180	14.9%
13	75,870,941	-	-	-	75,870,941	84,664,289	16.1%
14	79,446,935	-	-	-	79,446,935	105,585,150	16.9%
15	83,192,832	-	-	-	83,192,832	125,500,853	17.6%
16	87,116,760	-	-	-	87,116,760	144,459,998	18.2%
17	91,227,241	-	-	-	91,227,241	162,508,821	18.6%
18	95,533,205	-	-	-	95,533,205	179,691,308	19.0%
19	100,044,012	-	-	-	100,044,012	196,049,304	19.3%
20	104,769,476	-	-	-	104,769,476	211,622,619	19.5%
21	109,719,879	-	-	-	109,719,879	226,449,128	19.7%
22	114,906,003	-	-	-	114,906,003	240,564,868	19.9%
23	120,339,147	-	-	-	120,339,147	254,004,123	20.1%
24	126,031,156	-	-	-	126,031,156	266,799,511	20.2%
25	131,994,445	-	-	-	131,994,445	278,982,070	20.3%
26	138,242,030	-	-	-	138,242,030	290,581,330	20.4%
27	144,787,552	-	-	-	144,787,552	301,625,389	20.4%
28	151,645,313	-	-	-	151,645,313	312,140,983	20.5%
29	158,830,304	-	-	-	158,830,304	322,153,552	20.5%
30	166,358,240	-	-	-	166,358,240	331,687,302	20.6%
						TRI	8.96%

inversion	ACUMULADO
173,867,016	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
0	173,867,016
Tasa	10.0%
TIMA	1.
años	1.
tri	9.0%
Benef inicial	15,581,207
costos	173,867,016
7.000	
\$C7	
\$C7	
77,586,207	

SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN

Variación	Inversión	TIR	VPN	TRI
1.4	108,620,690	19.2%	74,604,930	8.3%
1.3	100,862,069	19.5%	79,859,997	8.5%
1.2	93,103,448	19.8%	84,589,557	8.5%
1.1	85,344,828	20.2%	90,370,130	8.7%
1.0	77,586,207	20.6%	331,687,302	9.0%
0.9	69,827,586	21.0%	100,880,262	9.3%
0.8	62,068,966	21.4%	106,135,329	9.6%
0.7	54,310,345	21.9%	111,390,395	9.9%
0.6	46,551,724	22.4%	116,645,462	10.3%
2.8	218,767,986	10.0%	0	6.3%

VPN=0, TIR=10%

181.97%

SENSIBILIDAD AL MANTENIMIENTO

Variación	Mantenim	TIR	VPN	TRI
1.4	179,131,197	20.6%	331,687,299	9.0%
1.3	179,131,198	20.6%	331,687,300	9.0%
1.2	179,131,199	20.6%	331,687,301	9.0%
1.1	179,131,200	20.6%	331,687,302	9.0%
1.0	158,337,600	20.6%	331,687,302	9.0%
0.9	179,131,200	20.6%	331,687,302	9.0%
0.8	179,131,201	20.6%	331,687,303	9.0%
0.7	179,131,202	20.6%	331,687,304	9.0%
0.6	179,131,203	20.6%	331,687,305	9.0%

SENSIBILIDAD AL TDPA BASE (1 año)

Variación	TDPA	TIR	VPN	TRI
1.4	2,320	21.9%	154,895,539	10.1%
1.3	2,154	21.6%	140,077,954	9.9%
1.2	1,988	21.3%	125,276,034	9.6%
1.1	1,823	21.0%	110,442,781	9.3%
1.0	1,657	20.6%	331,687,302	9.0%
0.9	1,491	20.2%	80,807,609	8.7%
0.8	1,326	19.7%	65,990,022	8.5%
0.7	1,160	19.1%	51,172,437	8.5%
0.6	994	18.6%	36,354,852	8.3%
0.35	587	10.0%	0	6.3%

VPN=0, TIR=10%



Miguel Espinoza M.

C. MIGUEL ESPINOZA MENDOZA



[Handwritten signature]

LIC. JUSTO HUMBERTO VIRGEN CERRILLO

-64.55%

“REHABILITACIÓN DEL CAMINO: TEPALCATEPEC-COALCOMÁN-AQUILA, TRAMO: COALCOMÁN-AQUILA, (PRIMERA ETAPA) EN TRAMOS AISLADOS EN LA LOCALIDAD INTERMUNICIPAL, MUNICIPIO COBERTURA ESTATAL, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.”



Gobierno de Michoacán
HONESTIDAD Y TRABAJO

DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS DE CHINICUILA



AHORROS (pesos/año)

AÑO	AHORROS TOTALES			
	COV	Tiempo	Conservación	TOTAL
0	(37,656,799)	(58,624,010)	-	(96,280,809)
1	3,735,771	11,845,430	-	15,581,201
2	4,886,209	12,316,830	-	17,203,038
3	6,102,935	12,806,989	-	18,909,924
4	8,343,661	13,316,655	-	21,660,316
5	11,451,052	13,846,604	-	25,297,656
6	16,839,897	14,397,642	-	31,237,538
7	25,298,156	14,970,609	-	40,268,765
8	39,263,293	15,566,378	-	54,829,671
9	46,930,259	16,185,857	-	63,116,115
10	49,256,592	16,829,988	-	66,086,579
11	51,698,241	17,499,753	-	69,197,993
12	54,260,923	18,196,171	-	72,457,094
13	56,950,637	18,920,305	-	75,870,941
14	59,773,680	19,673,256	-	79,446,935
15	62,736,661	20,456,171	-	83,192,832
16	65,846,517	21,270,243	-	87,116,760
17	69,110,529	22,116,712	-	91,227,241
18	72,536,338	22,996,867	-	95,533,205
19	76,131,964	23,912,048	-	100,044,012
20	79,905,826	24,863,650	-	104,769,476
21	83,866,758	25,853,122	-	109,719,879
22	88,024,033	26,881,970	-	114,906,003
23	92,387,384	27,951,763	-	120,339,147
24	96,967,027	29,064,129	-	126,031,156
25	101,773,682	30,220,763	-	131,994,445
26	106,818,604	31,423,426	-	138,242,030
27	112,113,602	32,673,950	-	144,787,552
28	117,671,073	33,974,240	-	151,645,313
29	123,504,028	35,326,276	-	158,830,304
30	129,626,123	36,732,118	-	166,358,240
	1,913,811,452.28	662,089,912.37	0.00	2,575,901,364.65

COSTOS POR MOLESTIAS (miles de pesos/año)

Año	Situación actual		Periodo de obra		Costos por molestia		TOTAL
	COV	Tiempo	COV	Tiempo	COV	Tiempo	
0	212,887,710	162,268,815	250,544,509	220,892,824	37,656,799	58,624,010	96,280,809
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
Total	212,887,710	162,268,815	250,544,509	220,892,824	37,656,799	58,624,010	96,280,809



[Signature]

LIC. JUSTO HUMBERTO VIRGEN CERRILLO
PRESIDENTE MUNICIPAL DE CHINICUILA



Miguel Espinoza M.

C. MIGUEL ESPINOZA MENDOZA
DIRECTOR DE OBRAS PUBLICAS DE CHINICUILA