

## Análisis Costo-Beneficio

### Oaxaca-Puerto Escondido-Huatulco COMPROMISO DE GOBIERNO CG-213

#### Antecedentes

Registro en la Cartera de Programas y Proyectos de Inversión

El proyecto en estudio se encuentra registrado en la Cartera de Programas y Proyectos de Inversión de la SHCP con la clave no. 08096400015, misma que fue actualizada en agosto del 2015.

Inversiones y fuentes de recursos

Las inversiones y las fuentes de recursos definidas en la actualización de 2015 son las que se indican a continuación:

**Tabla 1 – Costos de inversión**

Año	Pesos corrientes c/IVA		Actualizados 2015 c/IVA		Actualizados 2015 s/IVA	
	Recursos fiscales	Recursos privados	Recursos fiscales	Recursos privados	Recursos fiscales	Recursos privados
2008	133,193,711		174,921,038		152,105,250	
2009	269,576,756		337,815,433		293,752,550	
2010	490,231,352	75,864,000	586,148,740	90,707,352	505,300,638	78,195,993
2011	375,930,948	67,048,000	432,196,541	77,083,076	372,583,225	66,450,927
2012	226,675,459	38,396,000	251,791,671	42,650,374	217,061,785	36,767,563
2013	254,619,856	950,455,203	273,246,889	1,019,986,938	235,557,663	879,299,085
2014	740,952,998	958,707,828	766,146,141	991,304,853	660,470,811	854,573,149
2015	101,526,789	2,707,192,172	101,526,789	2,707,192,172	87,523,094	2,333,786,356
2016	500,219,514		500,219,514		431,223,719	
2017	470,091,200		470,091,200		405,251,034	
2018	43,039,996		43,039,996		37,103,445	
<b>TOTAL</b>	<b>3,606,058,579</b>	<b>4,797,663,203</b>	<b>3,937,143,952</b>	<b>4,928,924,765</b>	<b>3,397,933,214</b>	<b>4,249,073,073</b>
		<b>\$8,403,721,782</b>		<b>\$8,866,068,717</b>		<b>\$7,647,006,287</b>

Indicadores de rentabilidad

Los indicadores obtenidos en la actualización 2015 fueron:

TIR = 17.13%  
VPN = 6,441,911,379.63  
TRI = 16.56%

Actualización 2017

El presente estudio costo-beneficio se realiza para actualizar las inversiones y modificar las fuentes de recursos necesarias para terminar las obras. Esto incluye recursos fiscales de los años 2017 a 2019 para terminar los tramos Pto.

Escondido-Pochutla y Pochutla-Huatulco, así como recursos de Fonadin para concluir la autopista Barranca Larga-Ventanilla.

Situación de los componentes del proyecto y montos

A continuación se muestra la situación de cada uno de los componentes del proyecto, así como la variación de los costos estimados en el año 2015 con respecto al 2017:

**Tabla 2 – Situación de los componentes del proyecto y modificación de los montos de inversión**

Componente	Situación	Monto original Actualización 2015 (MDP con IVA)	Monto modificado Actualización 2017 (MDP con IVA)
La "Y"-Entronque Libramiento Ocotlán I	Concluida	122.8	130.9
Libramiento de Ocotlán	Concluida	513.1	546.8
Entronque Libramiento Ocotlán II-Entronque Libramiento Ejutla I	Concluida	429.5	398.1
Entronque Libramiento Ejutla II-Barranca Larga	Concluida	110.2	76.1
Barranca Larga-Ventanilla	En construcción	5,290.8	9,582.4
Pochutla-Ventanilla-Puerto Escondido	En construcción	1,368.6	1,750.3
Pochutla-Ent. Aeropuerto-Huatulco	En construcción	1,031.0	1,390.5
<b>TOTAL</b>		<b>8,866.0</b>	<b>13,875.1</b>

**Justificaciones**

El aumento en los costos de inversión se debe principalmente al incremento en los precios de los insumos (materiales, diésel, etc.), reconstrucción de obras ya realizadas, daños ocasionados por los huracanes Ingrid y Manuel, derecho de vía, conflictos sociales, gastos indirectos por mayor permanencia, cambio de trazo por hallazgo de vestigios arqueológicos, obras adicionales solicitadas por las comunidades (pasos, entronques), entre otros aspectos.

El aumento en la longitud del tramo Barranca Larga-Ventanilla, de 101.4 a 104.2 km, se debió a la modificación del trazo realizada como consecuencia del hallazgo de vestigios arqueológicos durante la construcción.

La integración de los tramos de ampliación Pochutla-Ent. Aeropuerto y Ent. Aeropuerto-Huatulco (tramos 10 y 11) en lugar de la construcción del tramo Pochutla-Huatulco (antes tramo 8) se realizó debido a la dificultad de adquisición de los derechos de vía en esa zona.

# 1. Resumen Ejecutivo

## Problemática, objetivo y descripción del PPI

**Objetivo del PPI** Disminuir los costos generalizados de viaje y los tiempos de recorrido de los usuarios, mediante la construcción y modernización de la infraestructura carretera entre los poblados de Oaxaca, Pto. Escondido y Huatulco, para beneficiar la calidad de vida de los habitantes, lo cual impactará en un beneficio económico y social de la región.

**Problemática Identificada** La problemática que se presenta son los altos costos generalizados de viaje que experimentan los usuarios de largo itinerario, originados por las bajas velocidades y elevados tiempos de recorrido de la ruta actual, la cual corre a través de la carretera federal MEX-175 Oaxaca-Puerto Ángel, de 7 m de ancho de corona, sin acotamientos laterales, que cruza por diversos poblados y que, a partir de Ejutla de Crespo, se desarrolla a través de un terreno montañoso con una topografía muy complicada, con altos grados de curvatura horizontal y vertical. Esta situación provoca que las velocidades de operación sean muy bajas, lo que incrementa significativamente los tiempos de recorrido, además del alto grado de inseguridad existente por lo sinuoso del camino y por la dificultad para rebasar. Esta vialidad ha incrementado su tránsito vehicular de forma considerable al paso del tiempo y con él las cargas a que se sujeta, por lo que se encuentra saturado. Lo cual resulta en un nivel de servicio E, en donde el conductor tiene escasa libertad de maniobra, con su consecuente pérdida de comodidad.

Otra alternativa de acceso a la costa del Pacífico, es la carretera federal MEX-131 Oaxaca-Puerto Escondido. Sin embargo, esta ruta es aún más difícil debido a las características físicas y operativas de la infraestructura, que corresponden a un trazo antiguo diseñado para la conexión de diversas localidades rurales ubicadas a lo largo de la Sierra Madre del Sur.

**Breve descripción del PPI** El proyecto consiste en la construcción y modernización de diversos tramos carreteros entre Oaxaca, Pto. Escondido y Huatulco, los cuales se describen a continuación:

**La “Y”-Entronque Libramiento Ocotlán I:** Ampliación a 21 m de ancho de corona para alojar cuatro carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 8.6 km. Incluye 1 PSV.

**Libramiento de Ocotlán:** Construcción con una sección de 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 16.0 km. Incluye 2 entronques a desnivel, 20 PSV, 2 PIV y 1 puente.

**Entronque Libramiento Ocotlán II-Entronque Libramiento Ejutla I:** Ampliación de su sección a 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 18.6 km. Incluye 6 PSV, 1 PIV y 2 puentes.

**Entronque Libramiento Ejutla II-Barranca Larga:** Ampliación de su sección a 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 3.6 km. Incluye 1 PSV.

**Barranca Larga-Ventanilla:** Construcción de una autopista con una sección de 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 104.2 km. Incluye la construcción de 9 entronques, 3 túneles y 11 viaductos.

**Pochutla-Ventanilla:** Construcción de un cuerpo nuevo, paralelo al actual, con un ancho de corona de 10.5 metros, para alojar dos carriles de circulación de 3.50 m cada uno, y acotamientos interior y exterior de 1.0 y 2.5 m, respectivamente, en una longitud de 56.5 km. Con el cuerpo existente de 7.0 m se tendrá una sección de 17.5 m de ancho de corona y 4 carriles de circulación. Incluye 22 puentes.

**Ventanilla-Puerto Escondido:** Construcción de un cuerpo nuevo, paralelo al actual, con un ancho de corona de 10.5 metros, para alojar dos carriles de circulación de 3.50 m cada uno, y acotamientos interior y exterior de 1.0 y 2.5 m, respectivamente, en una longitud de 13.5 km. Con el cuerpo existente de 7.0 m se tendrá una sección de 17.5 m de ancho de corona y 4 carriles de circulación. Incluye 1 puente.

**Pochutla-Ent. Aeropuerto:** Construcción de un cuerpo nuevo, paralelo al actual, con un ancho de corona de 10.5 metros, para alojar dos carriles de circulación de 3.50 m cada uno, y acotamientos interior y exterior de 1.0 y 2.5 m, respectivamente, en una longitud de 27.7 km. Con el cuerpo existente de 7.0 m se tendrá una sección de 17.5 m de ancho de corona y 4 carriles de circulación. Incluye 3 puentes.

**Ent. Aeropuerto-Huatulco:** Ampliación de su sección a 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 15.8 km. Incluye 6 puentes.

**Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI**

Horizonte de Evaluación      El horizonte de evaluación comprende 31 años, 12 de inversión y 19 de operación.

Descripción de los principales costos del PPI      *Etapa de construcción.*- Los costos de inversión se indican en la siguiente tabla para los principales tramos:

Tabla 3 – Costos de inversión

Costos de inversión			
Tramos	Pesos corrientes sin IVA	Pesos constantes sin IVA	Pesos constantes con IVA
La Y-Ent. Lib. Ocotlán I	89,526,957	112,813,557	130,863,726.5
Lib. Ocotlán	372,996,364	472,075,163	546,825,714.7
Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	273,374,933	344,011,505	398,070,874.6
Ent. Ejutla II-Barranca Larga	54,132,693	65,607,908	76,105,172.8
Barranca Larga-Ventanilla	7,837,640,693	8,260,650,426	9,582,354,493.7
Pochutla-Ventanilla-Pto. Escondido	1,358,549,293	1,510,815,044	1,750,324,622.5
Pochutla-Ent. Aeropuerto-Huatulco	1,148,750,070	1,198,725,072	1,390,521,083.6
<b>Total</b>	<b>11,134,971,003</b>	<b>11,964,698,675</b>	<b>13,875,065,688.4</b>

Tabla 3.a – Montos reportados en la Cuenta Pública

Año	Pesos corrientes con IVA	Pesos constantes 2017 con IVA	Calendario Fiscal (pesos 2017)
2008	70,197,113	98,244,115	<b>98,244,115</b>
2009	269,576,756	360,004,936	<b>360,004,936</b>
2010	490,231,352	624,650,088	<b>624,650,087</b>
2011	375,930,948	460,585,496	<b>460,585,495</b>
2012	226,675,459	268,330,679	<b>268,330,679</b>
2013	254,619,856	291,195,191	<b>291,195,191</b>
2014	740,952,998	816,470,668	<b>816,470,669</b>
2015	42,670,116	45,472,915	<b>45,472,916</b>
2016	372,193,099	384,528,077	<b>384,528,077</b>
<b>Total (\$)</b>	<b>2,843,047,697</b>	<b>3,349,482,165</b>	<b>3,349,482,165</b>

*Etapa de operación.*- Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación que corresponden a lo siguiente: (i) mantenimiento rutinario, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; (ii) conservación periódica, que incluye bacheo general y riego de sello cada 4 años con una sobrecarpeta cada 8 años; y (iii) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 15 años.

Descripción de los principales 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.
Monto total de inversión (con IVA)	La inversión total, incluyendo el IVA, asciende a 13,875,065,688 pesos.
Riesgos asociados al PPI	<p>Entre los principales riesgos se consideran los siguientes:</p> <p>Riesgos en la administración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos en la licitación (PO Baja, PM 0.3)</li> <li>• Riesgos legales (PO Baja, PM 0.1)</li> </ul> <p>Riesgos en la fase de ejecución:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgo de adquisición del derecho de vía (PO Media, PM 0.8).</li> <li>• Riesgo de sobrecostos en la construcción (PO Baja, PM 0.6).</li> <li>• Riesgo de atrasos en la construcción (PO Media, PM 0.5).</li> <li>• Riesgos ambientales (PO Media, PM 0.5).</li> <li>• Riesgos de catástrofes naturales (PO Baja, PM 0.3).</li> </ul> <p>PO = Probabilidad de ocurrencia PM = Porcentaje de mitigación</p>

### Indicadores de Rentabilidad del PPI

Valor Presente Neto (VPN)	16,203,513,423 pesos
Tasa Interna de Retorno (TIR)	21.43%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	20.91%

### Conclusión

Conclusión del Análisis del PPI	La evaluación del proyecto Oaxaca-Pto. Escondido-Huatulco indica que es una obra de infraestructura económicamente rentable. El proyecto presenta ahorros significativos en tiempos de recorrido y costos de operación
---------------------------------	--

vehicular para los usuarios en comparación con la inversión requerida; mejorará el nivel de servicio ofrecido a los usuarios de largo itinerario, al garantizar una circulación rápida, fluida y segura de los vehículos. De esta manera, la obra contribuye al cumplimiento de lo establecido en el Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018. El proyecto permitirá dar continuidad y una mejor comunicación al tránsito que actualmente circula en la región.

Como resultado de la evaluación se obtuvieron los siguientes indicadores: TIR = 21.43%, VPN = 16,203,513,423 pesos, TRI = 20.91%, lo cual indica que es un proyecto rentable económicamente y es el momento adecuado para su realización.

En síntesis, con la realización de estas obras, la operación vehicular se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Aumentar las velocidades de operación.
- Reducir los tiempos de recorrido.
- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios, al contar con acotamientos y un trazo más suave.
- Mejorar los niveles de servicio.

## 2. Situación Actual del PPI

### a) Diagnóstico de la situación actual

El Estado de Oaxaca se ha caracterizado por ser un Estado turístico. En la parte central del Estado se ubican las zonas arqueológicas de Monte Albán, Yagul y Mitla, así como otras zonas de importancia turística, tales como Hierve el Agua y Santa María del Tule; sin embargo, derivado de la carencia de infraestructura carretera que ofrezca condiciones aceptables de operación, se ha inhibido el flujo de turistas hacia el sur del Estado, principalmente a la Costa del Pacífico, donde se ubican importantes destinos de playa, tales como Huatulco, Puerto Escondido y Puerto Ángel, entre otros.

Los movimientos vehiculares desde la capital del Estado hacia la costa del Pacífico se realizan a través de la carretera federal MEX-175 Oaxaca-Puerto Ángel, que cruza por diversos poblados y que, a partir de Ejutla de Crespo, se desarrolla a través de un terreno montañoso con una topografía muy complicada, con altos grados de curvatura horizontal y vertical. Esta situación provoca que las velocidades de operación sean muy bajas, lo que incrementa significativamente los tiempos de recorrido, además del alto grado de inseguridad existente por lo sinuoso del camino y por la dificultad para rebasar. En su mayor parte, su trazo se desarrolla en terreno montañoso; en más del 60% del tramo el estado físico del pavimento es bueno, en pequeños tramos presenta deterioros (desprendimientos, agrietamientos y deformaciones) y curvas cerradas, lo cual conlleva a que las velocidades de circulación vehicular sean bajas. Además de ser una carretera angosta, las vías urbanas no están debidamente conectadas a las carreteras que dan salida al tránsito de largo itinerario. Por ejemplo, al ingresar a la zona urbana de Ocotlán los usuarios deben atravesar todo el poblado a través de las calles urbanas para continuar su recorrido; incluso, tomar calles alternas al encontrarse con señalamientos donde la circulación está prohibida por la presencia de mercados en las calles. Para los vehículos ligeros, las alternativas de cruce por la ciudad ofrecen ciertas restricciones, tanto por el trazo urbano como por las secciones transversales que se ofrecen, la falta o limitaciones en los sistemas de información a usuarios (señalamiento) o la realización de eventos que con cierta regularidad interrumpen la adecuada operación de las vías. Aunado a lo anterior, en las ciudades de Ocotlán de Morelos y Ejutla de Crespo acuden los ganaderos y agricultores a vender su ganado, así como productos agrícolas de la región, tales como café, papaya, plátano, coco, maíz y frijol.

Por otro lado, las condiciones del pavimento en la zona urbana no son buenas porque presenta un gran deterioro debido al paso de vehículos pesados a través de la zona urbana, además, en Ocotlán los vehículos de pasajeros tienen sus terminales sobre la misma vía, en donde suben y bajan pasajeros, lo cual aumenta aún más el congestionamiento.

Otra alternativa de acceso a la costa del Pacífico, es la carretera federal MEX-131 Oaxaca-Puerto Escondido. Sin embargo, esta ruta es aún más difícil debido a las características físicas y operativas de la infraestructura, que corresponden a un trazo antiguo diseñado para la conexión de diversas localidades rurales ubicadas a lo largo de la Sierra Madre del Sur.

Asimismo, la carretera MEX-200 que conecta Huatulco, Puerto Escondido y Puerto Ángel cuenta con 2 carriles de circulación sin acotamiento, con una corona de 7 m de ancho. Esto ocasiona que el alto flujo vehículos circule a baja velocidad.

Con el paso del tiempo, estas vialidades han incrementado su tránsito vehicular de forma considerable, por lo que se encuentra saturado, lo cual se ve reflejado en las bajas velocidades de operación y los altos tiempos de recorrido, lo que resulta en un nivel de servicio E, en donde el conductor tiene escasa libertad de maniobra, con su consecuente pérdida de comodidad.

A continuación se muestran algunas fotografías donde se muestra la situación actual de los tramos de la red de análisis, en donde se observa el congestionamiento vial que se presenta al pasar por las zonas urbanas, y los tramos de carretera en terreno montañoso.

**Fotografía 1. Paso por Ocotlán.**



Fotografía 2. Paso por Ocotlán.



Fotografía 3. Carretera Ocotlán-Ejutla.



**Fotografía 4. Sitio de venta de ganado “El Baratillo”.**



**Fotografía 5. Topes a lo largo de la carretera.**



Fotografía 6. Carretera Miahuatlán-Pochutla.



### b) Análisis de la oferta existente

La oferta actual de carreteras está conformada por los tramos de las carreteras MEX-175 "Oaxaca-Pochutla", MEX-131 "La Y-Pto. Escondido" y MEX-200 "Pto. Escondido-Pochutla", los cuales son utilizados por los usuarios para trasladarse del centro del Estado de Oaxaca a la costa del Pacífico y viceversa.

La red de carreteras actual está compuesta por 11 tramos que se encuentran dentro de la zona de estudio. La tramificación se determinó de acuerdo a los cambios en las características de las carreteras, tales como tipo de terreno, número de carriles, tipo de vía y entronques importantes, lo que permite modelar la operación del tránsito de manera adecuada (figura 1). La tabla 4 indica las características de los tramos que conforman la oferta actual.

Figura 1- Tramificación de la red actual



Tabla 4 – Oferta existente (principales características)

Tramo	Longitud (km)	Velocidad año base (km/hr)	No. de carriles	Estado físico	IRI (m/km)	Acotamientos	Tipo de terreno
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	8.6	80	4	Regular	3.5	No	Lomerío
2. Paso por Ocotlán	13.5	30	2	Malo	5.0	No	Plano
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	18.6	80	2	Regular	3.5	No	Plano
4. Libramiento Ejutla	11.6	80	2	Bueno	2.5	Sí	Plano
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	3.6	80	2	Malo	5.0	No	Lomerío
6. Barranca Larga-Pochutla	159.5	45	2	Malo	5.0	No	Montañoso
7. Pochutla-Ventanilla	56.5	75	2	Regular	3.5	No	Lomerío
8. Ventanilla-Pto. Escondido	13.5	65	2	Regular	3.5	No	Plano
9. La Y-Pto-Escondido	228.2	45	2	Malo	5.0	No	Montañoso
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	27.7	55	2	Malo	5.0	No	Montañoso
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	15.8	75	2	Malo	5.0	No	Montañoso

**METODOLOGÍA PARA ESTIMAR EL IRI**

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida y el IRI puede definirse como la suma de las

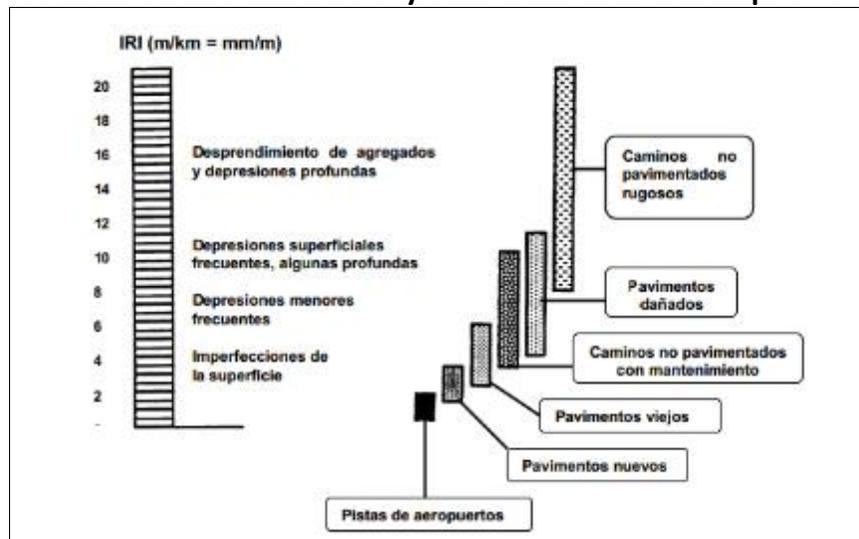
irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud del mismo, su unidad de medida es m/km.

En la figura siguiente se muestra la escala de dicho índice con una breve descripción del estado cualitativo del pavimento correspondiente a ciertos rangos. Un método muy accesible para realizar estimaciones de la rugosidad en campo consiste en colocar manualmente una regla de 2 o 3 m de largo, longitudinalmente, sobre una de las huellas de camino; medir la desviación máxima bajo la regla, en mm; y repetir la operación a distancias convenientemente espaciadas. Con los datos de las mediciones, calcular las frecuencias acumuladas, y sustituir el valor del 95 percentil resultante (aquel que es mayor al 95% de las observaciones e inferior al 5%) en la fórmula siguiente, que corresponda, para conocer el valor del IRI en m/km:

$$\text{IRI (m/km)} = 0.35 \text{ DMR3}; \text{ DMR3} = 95 \text{ percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 3 m de largo}$$

$$\text{IIR (m/km)} = 0.437 \text{ DMR2}; \text{ DMR2} = 95 \text{ percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 2 m de largo}''^1$$

**Figura 2- Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos.**



Asimismo, cuando no se cuenta con medición láser, cuarto de carro y no hay posibilidad de usar la regla de 3 m, una forma viable de hacer una estimación del IRI es en base a la observación de los daños y del estado superficial del pavimento, para que a través de la experiencia del ingeniero, en lo relativo a evaluación de pavimentos, se utilice la escala anterior para asignar un IRI representativo.

<sup>1</sup> Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2012; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 368.

### **METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LAS VELOCIDADES**

Para el estudio de tiempos de recorrido se empleó el método del vehículo flotante, durante horas de máxima demanda y en horas valle, un día entre semana y uno en fin de semana en ambos sentidos de circulación. La distancia de los tramos se determinó con el odómetro del automóvil.

Uno de los medios preferidos para recolectar esta información es el método del “vehículo flotante”. Este método consiste en recorrer varias veces el tramo de la carretera en estudio, en el que el conductor del vehículo trata de “flotar en la corriente vehicular”, procurando que el número de vehículos que rebasan sea igual a los que rebase el vehículo flotante, tomando como referencia un tipo de vehículo representativo. Durante el recorrido se mide el tiempo que tarda el vehículo entre dos puntos que conforman un tramo, del cual se conoce previamente su longitud. El tiempo y la distancia recorrida, permiten determinar la velocidad de recorrido en el tramo.

Existen dos tipos de velocidades para medir la tasa de movimiento del tránsito. El primer tipo son las velocidades instantáneas y la segunda es la velocidad media en una carretera, ésta última es considerada la velocidad media de viaje, que se calcula como la distancia de viaje dividida por el tiempo promedio de viaje de varios viajes realizados sobre la carretera en estudio.

Los usos que se le dan a las velocidades medidas en carreteras son los siguientes:

- ❖ Cálculo de volúmenes de servicio y capacidades para tránsito vehicular
- ❖ Estimación de velocidades o tiempos de recorrido a lo largo de segmentos carreteros para la aplicación de modelos de distribución de viajes y/o asignación de viajes en planeación de transporte
- ❖ Cálculo de costos de operación (COV's) del usuario en la evaluación económica de carreteras y mejoras al tránsito.

De acuerdo a los objetivos del estudio, los recorridos se realizarían en días típicos de una semana cualquiera, generalmente de martes a jueves, y también en los dos días del fin de semana, en los periodos de horas pico y horas valle observados en campo, con el propósito de abarcar condiciones de comportamiento normal en la corriente del tránsito.

#### **Trabajos de campo realizados en el vehículo flotante.**

En un estudio de campo, el método del vehículo flotante consiste en cronometrar el tiempo de recorrido de cada tipo de vehículo seleccionado. Los responsables del estudio de campo realizan esta medición por persecución, es decir, se da seguimiento al tipo de vehículo que se está muestreando, procurando reproducir el comportamiento del tipo de vehículo estudiado. Cuando se trate de vehículos de carga y de pasajeros, los responsables de medir los tiempos

de recorrido siguen al vehículo objeto de la muestra, cronometrando los recorridos sin considerar los tiempos muertos por paradas continuas, en caso de existir congestión. Una vez realizados todos los recorridos de la muestra seleccionada, se hace un acopio de los datos medidos por las diferentes brigadas que participaron en el estudio.

Posteriormente, el cálculo del tiempo de recorrido en una red en la que se presenta la situación de ruta con proyecto (situación deseable o futura), se realiza en gabinete con base en la velocidad de proyecto, misma que dependerá de las características geométricas de los tramos que integran la nueva ruta.

#### **Análisis en gabinete.**

Una vez calculadas las diferentes velocidades para los diferentes vehículos, se agrupan por día y por periodo de tiempo (horas valle y horas pico o bien con congestión y sin descongestión). Después que el primer grupo de velocidades de viaje ha sido observado, se obtiene un conjunto de diferencias absolutas entre el primer y el segundo valor, el segundo y el tercer valor, etc. Estas diferencias se suman y el total se divide entre el número de diferencias, de esta manera se calcula la media del rango en velocidades de viaje para los datos iniciales. En el Anexo de Velocidades se adjuntan los archivos Excel con los recorridos realizados en campo.

Este procedimiento es representado por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\sum S}{N - 1}$$

Donde:

R = rango medio en velocidades de viaje (km/h)

S = sumatoria de los valores de las diferencias en velocidad

N = número de recorridos

#### **c) Análisis de la demanda actual**

Los datos de tránsito se obtuvieron del estudio “Estudio de Demanda y Factibilidad de la Autopista Barranca Larga-Ventanilla, Oax.”, contratado por la SCT, mismo que se adjunta al sistema. Para llevar a cabo dicho estudio se siguió la metodología siguiente:

- Realizar un inventario de las características de la red de carreteras en la zona de influencia del proyecto (oferta de infraestructura).
- Emprender una investigación documental para obtener las características demográficas y socio-económicas del entorno regional o zona de influencia del proyecto considerado.
- Con la anterior información analizar el comportamiento de la actividad económica de la zona de influencia (localización de zonas turísticas e industriales, tipos de uso de suelo, dinámica poblacional, actividad económica a nivel municipal y regional).

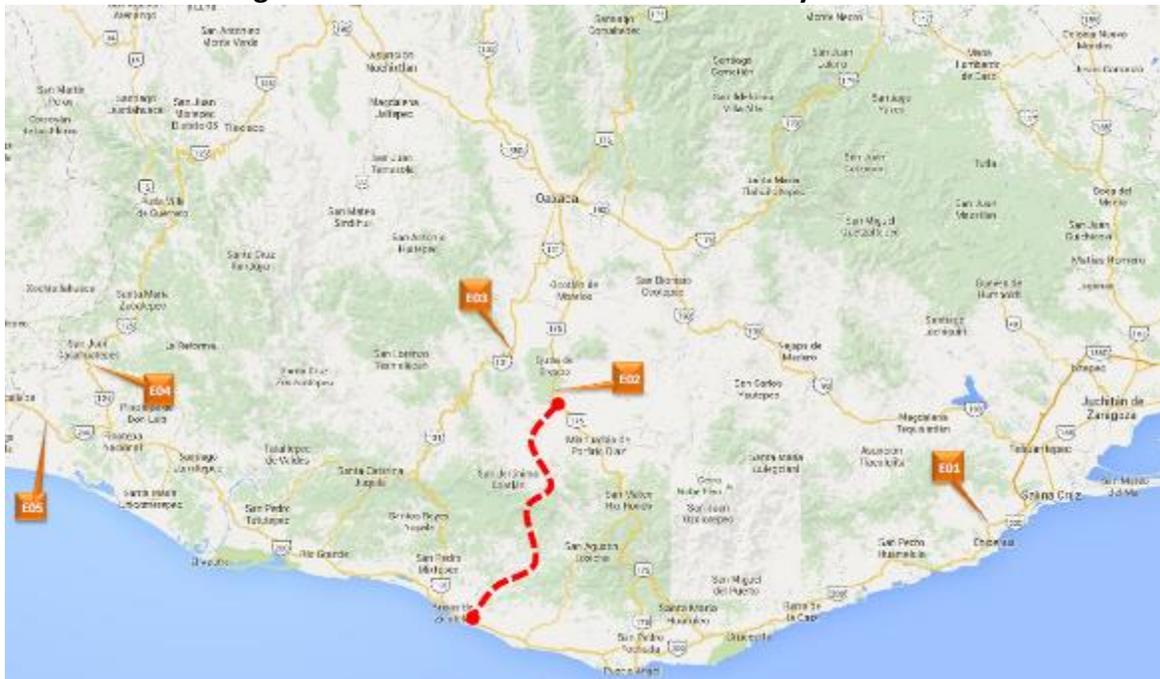
- Complementar este análisis con la caracterización del entorno local, regional y nacional de la zona de influencia de los proyectos, ubicación geográfica, características climáticas o medioambientales, poblaciones, circuitos viales, rutas alternas y condiciones del transporte actual, potencialidad local, nacional e internacional.
- Mediante la aplicación de encuestas de Origen y Destino, conocer el perfil y comportamiento de los usuarios potenciales del proyecto.
- Con la aplicación de encuestas de Preferencias Declaradas, identificar segmentos de los mercados según el tipo de usuario (en función del volumen de demanda, frecuencias, estacionalidad, etc.), necesidades del usuario (motivo de viaje, servicios, etc.), características del pago (efectivo, telepeaje).
- Con estas dos encuestas, analizar el comportamiento y las características del mercado actual y potencial del proyecto (demanda).
- Construcción y calibración de un modelo de redes para simulación de transporte.
- Estimar mediante dicho modelo la demanda potencial y futura del tránsito y la composición vehicular atraída por el proyecto.

Para estimar la demanda que existe actualmente en la red de análisis, se instalaron 5 estaciones de aforo automático con clasificación vehicular, las cuales se indican en la tabla 5 y se ubican en la figura 3. Los equipos empleados registran los volúmenes y la composición del tránsito vehicular en función del número y distancia entre ejes. El período de las mediciones fue de siete días continuos, durante las 24 horas, realizando cortes de información por hora, por día y por sentido de circulación.

**Tabla 5 – Estaciones de aforo**

Clave	Carretera	Punto generador	Km	Fecha de inicio	Fecha de fin
E01	Huatulco-Salina Cruz	Sta. Gertrudis	350	11/06/16	18/06/16
E02	Oaxaca-Pto. Ángel	Barranca Larga	74	11/06/16	18/06/16
E03	Oaxaca-Pto. Escondido	San Martín Lachila	47	11/06/16	18/06/16
E04	Putla-Pinotepa Nacional	La Muralla	229	11/06/16	18/06/16
E05	Acapulco-Pinotepa Nal.	San José	60	11/06/16	18/06/16

**Figura 3- Ubicación de estaciones de aforo y encuesta**



Los aforos tomados en campo se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 6 – Aforos obtenidos en campo (demanda actual)**

Estación	TDPs	Autos	Autobuses	Camiones Unitarios	Camiones Articulados
E02	3,354	3,043	13	274	24
E03	2,026	1,795	38	182	10
E04	1,139	1,093	2	43	0
E05	1,752	1,400	65	214	73

Con objeto de conocer las características de los viajes, se realizaron encuestas origen-destino y de preferencia declarada en las cinco estaciones, en las que se aplicó la encuesta directa a los conductores, durante el periodo comprendido entre el 11 y el 18 de junio de 2016. Se expandieron los datos de la encuesta con los aforos correspondientes y se desestacionalizaron los datos con la información de la caseta Huitzo, de la autopista Cuacnopalan-Oaxaca, la cual representa la estacionalidad de la región.

Los principales viajes obtenidos de la encuesta de origen-destino se muestran en las siguientes figuras.

Figura 4- Líneas de deseo Autos

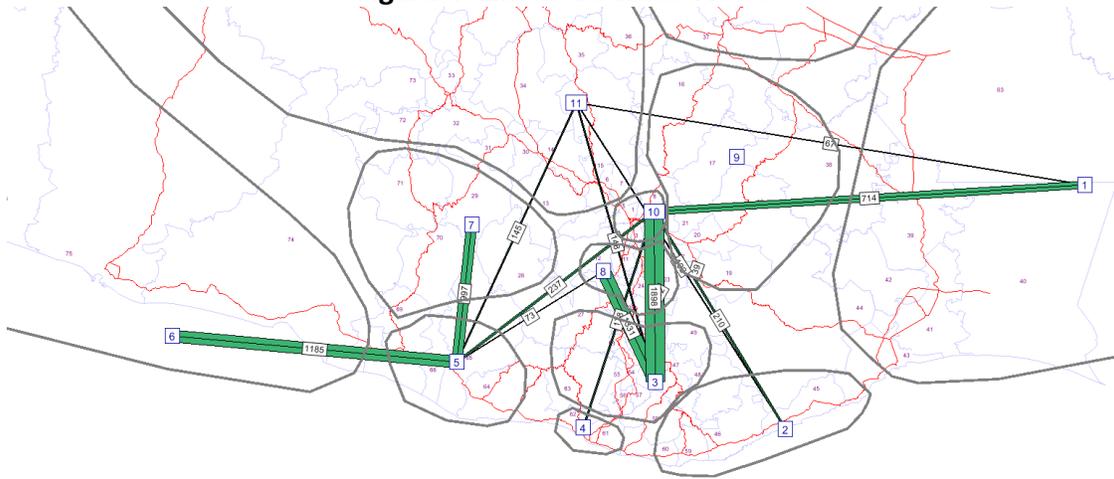


Figura 5- Líneas de deseo Camiones Unitarios

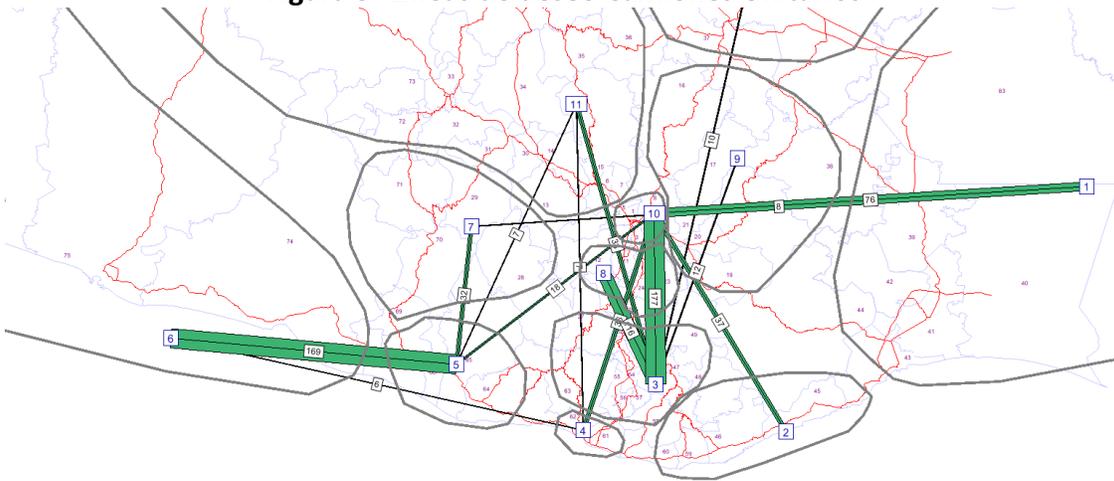
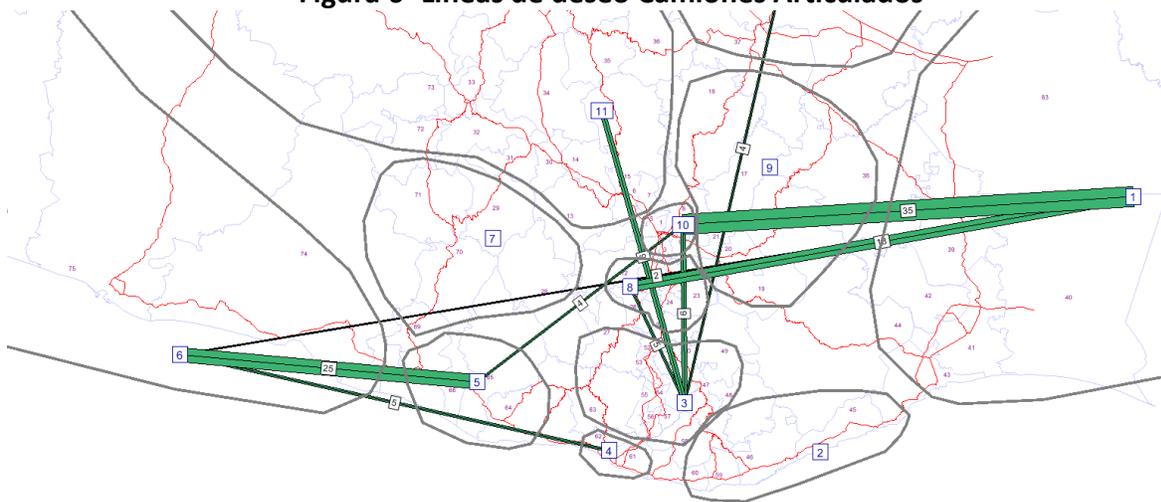


Figura 6- Líneas de deseo Camiones Articulados



**Tabla 7 – Principales pares origen-destino**

Origen	Destino	Viajes por día
Oaxaca	Miahuatlán	1,177
Miahuatlán	Oaxaca	906
Miahuatlán	Ocotlán	895
Zona Oeste	Pinotepa Nacional	698
Pinotepa Nacional	Zona Oeste	682
Ocotlán	Miahuatlán	557
Putla	Pinotepa Nacional	537
Pinotepa Nacional	Putla	491
Zona Este	Oaxaca	420
Oaxaca	Zona Este	407
Oaxaca	Pto. Escondido	162
Oaxaca	Pinotepa Nacional	152
Oaxaca	Pochutla, Pto. Ángel, Huatulco	150
Zona Noroeste	Pinotepa Nacional	110
Pinotepa Nacional	Oaxaca	107
Pochutla, Pto. Ángel, Huatulco	Oaxaca	98
Miahuatlán	Zona Noroeste	96
Zona Noroeste	Miahuatlán	93
Zona Noroeste	Pochutla, Pto. Ángel, Huatulco	55
Pto. Escondido	Oaxaca	53
Pochutla, Pto. Ángel, Huatulco	Zona Noroeste	49
Pinotepa Nacional	Zona Noroeste	42
Pinotepa Nacional	Ocotlán	39
Ocotlán	Pinotepa Nacional	38
Zona Noroeste	Pto. Escondido	35
Zona Noroeste	Zona Este	34
Zona Este	Zona Noroeste	33
Ocotlán	Pochutla, Pto. Ángel, Huatulco	29
Zona Oeste	Pto. Escondido	27
Mitla	Miahuatlán	26
Miahuatlán	Mitla	25
Mitla	Pto. Escondido	23
Pto. Escondido	Zona Oeste	22
Ocotlán	Zona Este	20
Zona Este	Ocotlán	20
Miahuatlán	Putla	20
Pto. Escondido	Mitla	20
Putla	Zona Este	18
Zona Este	Putla	18
Otros		242

En el modelo de simulación se integran las matrices origen-destino y la red de carreteras y se lleva a cabo el proceso de asignación, del cual se obtienen los volúmenes de tránsito para cada tramo de la red de análisis. La demanda de la situación actual se indica en la tabla siguiente:

**Tabla 8 – Demanda Situación Actual**

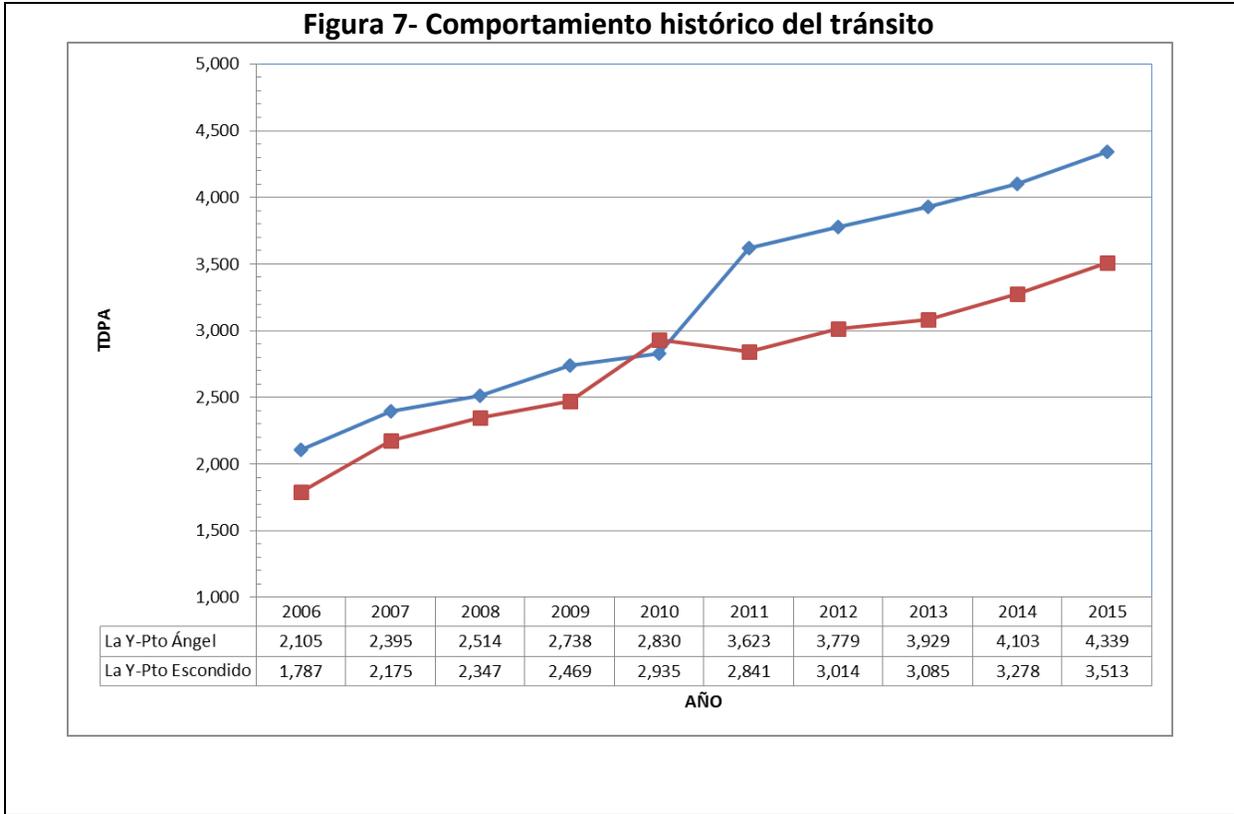
Tramo	TDPA 2017 (vehículos/día)	Autos	Autobuses	Camiones
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	15,947	12,997	96	2,855
2. Paso por Ocotlán	15,059	12,273	90	2,696
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	5,744	4,699	115	931
4. Libramiento Ejutla	4,887	3,778	127	982
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	4,030	3,115	105	810
6. Barranca Larga-Pochutla	2,932	2,545	53	334
7. Pochutla-Ventanilla	5,773	4,907	92	774
8. Ventanilla-Pto. Escondido	17,500	15,925	70	1,505
9. La Y-Pto-Escondido	5,436	4,560	98	777
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	4,618	3,916	88	614
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	7,987	6,853	96	1,038

### Crecimiento del Aforo Vehicular

Para determinar la tendencia histórica del crecimiento del tránsito, se utilizaron los registros de los Datos Viales de los últimos 10 años en 17 puntos de las carreteras La “Y”-Pto. Ángel y La “Y”-Pto. Escondido (tabla 9 y figura 7), las cuales se encuentran dentro del área de influencia del proyecto. Las tasas de crecimiento obtenidas, fueron de 6.22% para la primer carretera y 7.13% para la segunda, sin embargo, para la evaluación se consideró una tasa conservadora de 3.5% anual para el horizonte de evaluación.

**Tabla 9 – Tránsitos históricos (TDPA)**

Punto	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TCMA (%)
La “Y”-Pto. Ángel	2,105	2,395	2,514	2,738	2,830	3,623	3,779	3,929	4,103	4,339	6.22
La “Y”-Pto. Escondido	1,787	2,175	2,347	2,469	2,935	2,841	3,014	3,085	3,278	3,513	7.13



**d) Interacción de la oferta-demanda**

De acuerdo con la TCMA obtenida, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación de 31 años y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda, como se muestra en la siguiente tabla, para conocer la problemática que se presentaría en caso de no hacer el proyecto.

Para estimar el nivel de servicio se utilizan variables tales como el volumen de tránsito, la composición vehicular, el número y ancho de carriles, la existencia y ancho de acotamientos, y el tipo de terreno. Se observa que los tramos 2, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 se encuentran en niveles E y F, lo que significa que el funcionamiento está en el límite de su capacidad, la velocidad de operación es baja, las maniobras son difíciles, los niveles de comodidad y conveniencia son extremadamente bajos y la circulación es inestable, produciéndose colapsos frecuentes.

**Tabla 10 – Interacción oferta-demanda de todos los tramos de la red**

Año	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		Tramo 6	
	TDPA	NS										
2009	12,111	A	11,486	E	4,861	C	3,712	B	3,060	C	2,226	D
2010	12,534	A	11,836	E	4,514	C	3,841	B	3,168	C	2,304	D
2011	12,973	A	12,250	E	4,672	C	3,976	B	3,278	C	2,385	D
2012	13,427	B	12,679	E	4,836	C	4,115	B	3,393	C	2,468	D
2013	13,897	B	13,123	E	5,005	C	4,259	B	3,512	C	2,555	D
2014	14,384	B	13,582	E	5,180	C	4,408	B	3,635	C	2,644	D
2015	14,887	B	14,057	E	5,361	C	4,562	B	3,762	C	2,737	D
2016	15,408	B	14,549	E	5,549	C	4,722	B	3,894	D	2,832	D
2017	15,947	B	15,059	E	5,743	C	4,887	B	4,030	D	2,932	D
2018	16,505	B	15,586	E	5,944	C	5,058	B	4,171	D	3,034	D
2019	17,083	B	16,131	E	6,152	C	5,235	B	4,317	D	3,140	D
2020	17,681	B	16,696	E	6,368	D	5,419	B	4,468	D	3,250	E
2021	18,300	B	17,280	E	6,591	D	5,608	B	4,625	D	3,364	E
2022	18,940	B	17,885	E	6,821	D	5,805	B	4,786	D	3,482	E
2023	19,603	C	18,511	E	7,060	D	6,008	C	4,954	D	3,604	E
2024	20,289	C	19,159	E	7,307	D	6,218	C	5,127	D	3,730	E
2025	20,999	C	19,829	E	7,563	D	6,436	C	5,307	D	3,860	E
2026	21,734	C	20,523	E	7,827	D	6,661	C	5,493	D	3,995	E
2027	22,495	C	21,242	F	8,101	D	6,894	C	5,685	D	4,135	E
2028	23,283	C	21,985	F	8,385	D	7,135	C	5,884	E	4,280	E
2029	24,097	C	22,755	F	8,678	D	7,385	C	6,090	E	4,430	E
2030	24,941	C	23,551	F	8,982	D	7,644	C	6,308	E	4,585	E
2031	25,814	D	24,375	F	9,297	D	7,911	C	6,523	E	4,745	E
2032	26,717	D	25,228	F	9,622	D	8,188	C	6,752	E	4,911	E
2033	27,652	D	26,111	F	9,959	D	8,475	C	6,988	E	5,083	E
2034	28,620	D	27,025	F	10,307	E	8,771	C	7,233	E	5,261	E
2035	29,622	D	27,971	F	10,668	E	9,078	C	7,486	E	5,445	E
2036	30,659	D	28,950	F	11,041	E	9,396	C	7,748	E	5,636	E
2037	31,732	E	29,964	F	11,428	E	9,725	D	8,019	E	5,833	E
2038	32,842	E	31,012	F	11,828	E	10,065	D	8,300	E	6,037	E

Año	Tramo 7		Tramo 8		Tramo 9		Tramo 10		Tramo 11	
	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS
2009	4,384	D	13,289	E	4,128	E	3,507	E	6,065	E
2010	4,538	D	13,755	E	4,272	E	3,629	E	6,277	E
2011	4,697	D	14,236	E	4,422	E	3,756	E	6,497	E
2012	4,861	D	14,734	E	4,576	E	3,888	E	6,724	F
2013	5,031	D	15,250	E	4,736	E	4,024	E	6,960	F
2014	5,207	D	15,784	E	4,902	E	4,165	E	7,203	F
2015	5,389	D	16,336	E	5,074	E	4,310	E	7,456	F
2016	5,578	D	16,908	E	5,251	E	4,461	E	7,717	F
2017	5,773	D	17,500	E	5,435	E	4,617	E	7,987	F
2018	5,975	E	18,112	E	5,625	E	4,779	E	8,266	F
2019	6,184	E	18,746	E	5,822	E	4,946	E	8,555	F
2020	6,401	E	19,402	E	6,026	E	5,120	E	8,855	F
2021	6,625	E	20,081	E	6,237	E	5,299	E	9,165	F
2022	6,857	E	20,784	F	6,455	E	5,484	E	9,486	F
2023	7,097	E	21,511	F	6,681	F	5,676	E	9,818	F
2024	7,345	E	22,264	F	6,915	F	5,875	E	10,161	F
2025	7,602	E	23,044	F	7,157	F	6,080	E	10,517	F
2026	7,868	E	23,850	F	7,408	F	6,293	E	10,885	F
2027	8,144	E	24,685	F	7,667	F	6,513	E	11,266	F
2028	8,429	E	25,549	F	7,935	F	6,741	F	11,660	F
2029	8,724	E	26,443	F	8,213	F	6,977	F	12,068	F
2030	9,029	E	27,369	F	8,500	F	7,222	F	12,491	F
2031	9,345	E	28,327	F	8,798	F	7,474	F	12,928	F
2032	9,672	E	29,318	F	9,106	F	7,736	F	13,380	F
2033	10,011	E	30,344	F	9,425	F	8,007	F	13,849	F
2034	10,361	E	31,406	F	9,754	F	8,287	F	14,333	F
2035	10,724	E	32,505	F	10,096	F	8,577	F	14,835	F
2036	11,099	E	33,643	F	10,449	F	8,877	F	15,354	F
2037	11,488	E	34,821	F	10,815	F	9,188	F	15,892	F
2038	11,890	E	36,039	F	11,193	F	9,509	F	16,448	F

La expresión básica para calcular el flujo de servicio en análisis de la operación de segmentos de carreteras es la siguiente:

$$FS_i = c_j (v/c)_i (N)(f_A)(f_{VP})(f_C)$$

En donde:

$FS_i$  = Flujo de servicio al nivel i, bajo las condiciones prevalecientes del camino y tránsito en vehículos equivalentes.

$c_j$  = Capacidad por carril en condiciones ideales.

$(v/c)_i$  = Máxima relación volumen/capacidad asociada al nivel de servicio i

$N$  = Número de carriles por sentido

$f_A$  = Factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales

$f_{vp}$  = Factor de ajuste por vehículos pesados (autobuses y camiones)

$f_c$  = Factor de ajuste por el tipo de conductor (relacionado con el conocimiento de la carretera en que circula)

**Tabla 11 – Tabla resumen de costos y velocidades (primer año de operación)**

Tramo	Costo de operación vehicular (\$/km)			Costo de oportunidad del tiempo (miles de \$/día)			Velocidad (km/hr)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	4.97	17.12	19.76	157.50	10.97	140.74	72	67	56
2. Paso por Ocotlán	7.68	19.98	21.56	831.38	57.87	620.34	20	19	19
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	4.50	13.77	15.82	118.99	27.57	96.77	74	69	58
4. Libramiento Ejutla	4.37	13.50	15.23	57.47	18.36	62.02	77	71	59
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	5.18	17.59	20.71	16.41	5.22	17.19	69	64	55
6. Barranca Larga-Pochutla	6.28	22.07	25.97	1,105.94	215.57	522.43	37	35	33
7. Pochutla-Ventanilla	5.01	17.04	19.74	452.70	80.28	280.11	62	58	50
8. Ventanilla-Pto. Escondido	5.00	14.50	16.61	527.09	21.77	181.73	41	39	36
9. La Y-Pto-Escondido	7.25	23.70	27.22	3,890.39	786.72	2,305.01	27	25	25
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	6.24	22.00	25.92	290.22	61.11	164.10	38	35	33
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	7.23	23.66	27.20	402.67	53.08	212.19	27	25	25

### 3. Situación sin el PPI

En caso de no hacerse el proyecto, los tramos en estudio requerirán de ciertas acciones de bajo costo que permitan optimizar la circulación por la red en la medida de lo posible.

Con estas obras se mejorarán las condiciones de operación del tránsito de manera marginal, debido a que las velocidades de operación optimizadas no serán adecuadas para lograr un nivel de servicio eficiente.

#### a) Optimizaciones

En el caso de que el proyecto no se realice, la SCT deberá realizar algunas acciones que permitan mejorar las condiciones de circulación, tales como correcciones geométricas menores y mejoramiento del señalamiento, bacheo.

Sin embargo, con estas acciones no se solventa la necesidad de mejorar las condiciones físicas de la infraestructura en la zona, ya que las velocidades y los tiempos de recorrido no mejorarían de manera significativa. Con estas acciones sólo se incrementarán de manera marginal la seguridad de los tramos de estudio y la velocidad de operación, y se seguiría conservando un IRI elevado, de 3.5 m/km.

La mejora de las velocidades de operación optimizadas y los tiempos de recorrido no serían adecuadas para lograr un nivel de servicio eficiente; además, el usuario que transita por carreteras federales (fuera de las ciudades) busca continuidad, comodidad, seguridad y rapidez en su viaje, lo cual no se logra en la situación actual optimizada. Además, la optimización no es la opción más recomendable, ya que debido al volumen vehicular que se registra en este proyecto, sería una solución temporal y de muy corto plazo, lo que obligaría a reconsiderar nuevamente alguna otra alternativa que solucione de forma permanente los problemas derivados del mal estado físico que guarda la infraestructura en la zona de estudio.

**Tabla 12 - Optimizaciones para el escenario sin proyecto**

Tramo	Acciones por realizar	Costo de la optimización (MDP)	Periodicidad
Todos	Correcciones geométricas menores.	3.63	Una vez
	Rehabilitación del señalamiento.	1.76	Cada 5 años
	Bacheo.	0.10	Cada año

## b) Análisis de la oferta

En la situación sin el PPI (optimizada), las características básicas de la red de carreteras serían las que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 13 – Características de la oferta con la situación optimizada**

Tramo	Longitud (km)	Velocidad año base (km/hr)	No. de carriles	Estado físico	IRI (m/km)	Acotamientos	Tipo de terreno
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	8.6	85	4	Regular	3.5	No	Lomerío
2. Paso por Ocotlán	13.5	35	2	Malo	5.0	No	Plano
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	18.6	83	2	Regular	3.5	No	Plano
4. Libramiento Ejutla	11.6	83	2	Bueno	2.5	Sí	Plano
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	3.6	83	2	Malo	5.0	No	Lomerío
6. Barranca Larga-Pochutla	159.5	47	2	Malo	5.0	No	Montañoso
7. Pochutla-Ventanilla	56.5	78	2	Regular	3.5	No	Lomerío
8. Ventanilla-Pto. Escondido	13.5	68	2	Regular	3.5	No	Plano
9. La Y-Pto-Escondido	228.2	47	2	Malo	5.0	No	Montañoso
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	27.7	58	2	Malo	5.0	No	Montañoso
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	15.8	78	2	Malo	5.0	No	Montañoso

## c) Análisis de la demanda

Se considera que dado que los trabajos de optimización presentan un efecto marginal en las condiciones de operación de la red, además de tratarse de vialidades existentes, la demanda permanece prácticamente constante. En este sentido, la demanda para la situación optimizada será la misma que la situación actual.

**Tabla 14 – Demanda Situación Optimizada**

Tramo	TDPA 2017 (vehículos/día)	Autos	Autobuses	Camiones
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	15,947	12,997	96	2,855
2. Paso por Ocotlán	15,059	12,273	90	2,696
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	5,744	4,699	115	931
4. Libramiento Ejutla	4,887	3,778	127	982
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	4,030	3,115	105	810
6. Barranca Larga-Pochutla	2,932	2,545	53	334
7. Pochutla-Ventanilla	5,773	4,907	92	774
8. Ventanilla-Pto. Escondido	17,500	15,925	70	1,505
9. La Y-Pto-Escondido	5,436	4,560	98	777
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	4,618	3,916	88	614
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	7,987	6,853	96	1,038

#### d) Diagnóstico de la interacción oferta-demanda

En virtud de que el cambio en las velocidades de operación de los tramos es marginal, los niveles de servicio observados en el horizonte de planeación en todos los tramos son los mismos que en la situación actual (ver tabla 10).

Asimismo, se presentan pequeñas variaciones en los costos de operación, los costos de oportunidad del tiempo y las velocidades, para el primer año de operación del proyecto, los cuales se muestran a continuación.

**Tabla 15 – Tabla resumen de costos y velocidades (primer año de operación)**

Tramo	Costo de operación vehicular (\$/km)			Costo de oportunidad del tiempo (miles de \$/día)			Velocidad (km/hr)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	4.94	17.15	19.79	148.23	10.36	134.68	76	71	59
2. Paso por Ocotlán	7.03	18.67	20.51	712.61	49.52	537.67	23	22	22
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	4.48	13.78	15.83	114.69	26.63	94.25	77	71	59
4. Libramiento Ejutla	4.34	13.50	15.24	55.40	17.73	60.43	80	74	61
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	5.16	17.61	20.72	15.82	5.04	16.73	71	67	56
6. Barranca Larga-Pochutla	6.19	21.91	25.85	1,058.88	206.35	503.04	39	36	34
7. Pochutla-Ventanilla	5.00	17.06	19.74	435.29	77.27	271.76	64	60	52
8. Ventanilla-Pto. Escondido	4.91	14.32	16.46	503.84	20.80	174.86	43	40	37
9. La Y-Pto-Escondido	7.09	23.43	27.02	3,724.85	752.91	2,215.84	28	26	26
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	6.13	21.83	25.78	275.21	57.94	156.71	40	37	35
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	7.09	23.42	27.01	387.19	51.02	204.77	28	26	26

#### e) Alternativas de solución

A fin de dar solución a la problemática detectada se procedió a generar un listado de posibles soluciones, las cuales posteriormente se analizarían de manera técnica y económica, a fin de determinar la mejor de ellas. De este ejercicio se obtuvieron 2 posibles soluciones, las cuales fueron analizadas de acuerdo a los siguientes criterios.

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

Se describen a continuación las 2 alternativas:

**Alternativa 1.-** Consiste en la ampliación de la carretera actual en una longitud de 557.1 km, para pasar a una sección de 12 m de ancho de corona para alojar 2 carriles de circulación de 3.5 m y acotamientos laterales de 2.5 m cada uno. Esta alternativa tiene un CAE de 625.8 MDP.

Tabla 16 – Costos de inversión alternativa 1.

Costos de inversión	
Componentes/Rubros	Monto de inversión (pesos sin IVA)
Excavaciones	1,122,510,500.00
Obras de drenaje	1,004,351,500.00
Base y subrasante	3,426,611,000.00
Pavimentación	5,789,791,000.00
Señalamiento	472,636,000.00
<b>Total sin IVA</b>	<b>11,815,900,000.00</b>
IVA	1,890,544,000.00
<b>Total con IVA</b>	<b>13,706,444,000.00</b>

Tabla 17 – Costos de mantenimiento alternativa 1.

Costos de inversión	
Componentes/Rubros	Monto de inversión (miles de pesos por año sin IVA)
Conservación rutinaria	33,546
Riego de sello	162,139
Sobrecarpeta	894,560
Reconstrucción	2,460,040

*Ventajas:*

- Representa una solución a la problemática del tránsito vehicular en la región.
- Vida útil de 21 años con el mantenimiento adecuado.
- Cumple con el propósito de incrementar las velocidades de operación.

*Desventajas:*

- Mayor costo de construcción.
- En virtud de que se trata de una modernización del trazo actual, persistirá el paso a través de los poblados.
- Es una solución de corto plazo.

**Alternativa 2.-** Las acciones previstas consisten en modernizar el tramo carretero La "Y"-Barranca Larga, mediante la ampliación a cuatro carriles de circulación en el subtramo La "Y"-Ocotlán, la construcción del Libramiento de Ocotlán, la ampliación a 12 m de ancho de corona de los subtramos Ocotlán-Ejutla, Ejutla-Barranca Larga y Ent. Aeropuerto-Huatulco, la construcción de la autopista Barranca Larga-Ventanilla, con un ancho de corona de 12 m, para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, y la modernización a 4 carriles de la carretera costera MEX-200, en el tramo Puerto Escondido-Pochutla-Ent. Aeropuerto.

La modernización y construcción de estos tramos carreteros sentará las bases para mejorar la situación de la población que reside en los municipios por los que atraviesa, además, mejorará el nivel de servicio y circulación del tránsito local, de mediano y de largo itinerario. Esta alternativa tiene un CAE de 521.85 MDP.

**Tabla 18 – Costos de inversión alternativa 2.**

Costos de inversión	
Componentes/Rubros	Monto de inversión (pesos sin IVA)
Terracerías	3,060,402,517
Estructuras	1,879,934,668
Túneles	1,262,010,548
Obras de drenaje	729,062,295
Pavimentos	3,311,570,351
Obras complementarias	362,050,921
Obra marginal	265,729,948
Señalamiento	797,099,247
Derecho de vía	296,838,179
<b>Total sin IVA</b>	<b>11,964,698,675</b>
<i>IVA 15% (años 2008-2009)</i>	<i>59,771,615</i>
<i>IVA 16% (años 2010-2019)</i>	<i>1,850,595,398</i>
<b>Total con IVA</b>	<b>13,875,065,688</b>

**Tabla 19 – Costos de mantenimiento alternativa 2.**

Costos de inversión	
Componentes/Rubros	Monto de inversión (miles de pesos por año sin IVA)
Conservación rutinaria	51,589
Riego de sello	249,624
Sobrecarpeta	1,372,932
Reconstrucción	3,744,360

**Ventajas:**

- Representa una solución integral a la problemática del tránsito vehicular en la región.
- Contribuye satisfactoriamente a la solución de la problemática actual.
- Es una solución de largo plazo.
- Cumple con el propósito de incrementar las velocidades de operación.
- Uso eficiente de los recursos.
- Mejora en la circulación entre la zona turística de Pto. Escondido y Huatulco con la ciudad de Oaxaca, así como diversas poblaciones de la región.

*Desventajas:*

- Se requiere adquirir derecho de vía para la ampliación y construcción de los diversos tramos.

Por lo anterior expuesto, la mejor alternativa es llevar a cabo la alternativa 2, es decir, el proyecto en estudio, ya que es la mejor opción, tanto técnica como económica.

## 4. Situación con el PPI

### a) Descripción general

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

El proyecto consiste en la ampliación de la sección transversal de los tramos La Y-Barranca Larga y Pochutla-Puerto Escondido-Huatulco en 144.3 km, la construcción del Libramiento 3Ocotlán de 16.0 km y de la autopista Barranca Larga-Ventanilla de 104.2 km, incluye la construcción de 11 entronques, 11 viaductos, 35 puentes, 3 túneles, 28 PSV's y 3 PIV's. A continuación se describen cada uno de los tramos:

**La "Y"-Entronque Libramiento Ocotlán I:** Ampliación a 21 m de ancho de corona para alojar cuatro carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 8.6 km. Incluye 1 PSV (tramo 1).

**Libramiento de Ocotlán:** Construcción con una sección de 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 16.0 km. Incluye 2 entronques a desnivel, 20 PSV, 2 PIV y 1 puente (tramo A).

**Entronque Libramiento Ocotlán II-Entronque Libramiento Ejutla I:** Ampliación de su sección a 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 18.6 km. Incluye 6 PSV, 1 PIV y 2 puentes (tramo 3).

**Entronque Libramiento Ejutla II-Barranca Larga:** Ampliación de su sección a 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 3.6 km. Incluye 1 PSV (tramo 5).

**Barranca Larga-Ventanilla:** Construcción de una autopista con una sección de 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 104.2 km. Incluye la construcción de 9 entronques, 3 túneles y 11 viaductos (tramo B). Este tramo será de cuota, cuyo monto máximo será de: \$123 para autos, \$246 para autobuses y camiones unitarios, \$277 para camiones articulados 1 y \$615 para camiones articulados 2, es decir, \$1.20, \$2.40, \$2.65 y \$5.90 pesos por km, respectivamente.

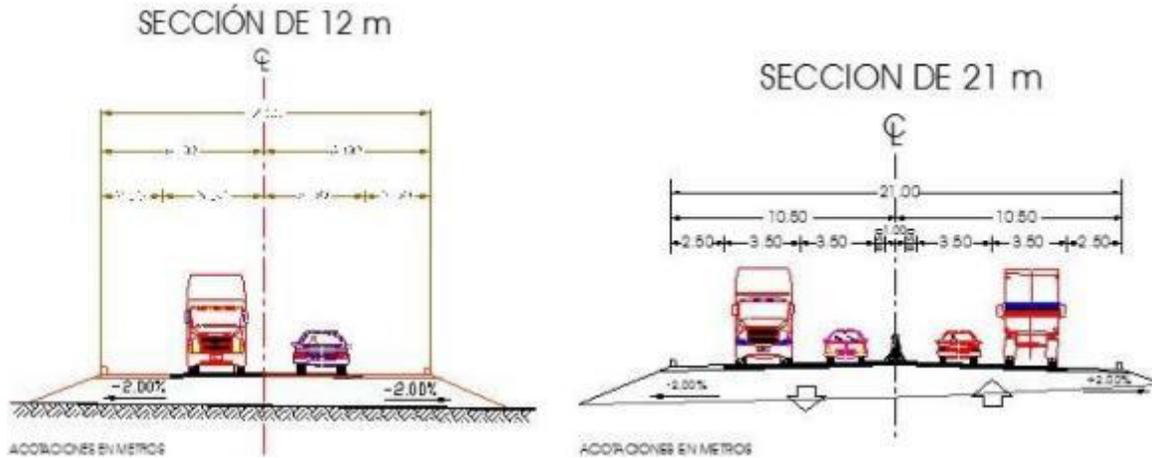
**Pochutla-Ventanilla:** Ampliación a 17.5 m de ancho de corona, mediante la construcción de un cuerpo nuevo de 10.5 m de ancho, para alojar cuatro carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 56.5 km. Incluye 22 puentes (tramo 7).

**Ventanilla-Puerto Escondido:** Ampliación a 17.5 m de ancho de corona, mediante la construcción de un cuerpo nuevo de 10.5 m de ancho, para alojar cuatro carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 13.5 km. Incluye 1 puente (tramo 8).

**Pochutla-Ent. Aeropuerto:** Ampliación a 17.5 m de ancho de corona, mediante la construcción de un cuerpo nuevo de 10.5 m de ancho, para alojar cuatro carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 27.7 km. Incluye 3 puentes (tramo 10).

**Ent. Aeropuerto-Huatulco:** Ampliación de su sección a 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación y acotamientos laterales, en una longitud de 15.8 km. Incluye 6 puentes (tramo 11).

**Figura 8 –Secciones transversales del proyecto**



A continuación se presenta la relación de estructuras del proyecto, así como una breve descripción de las mismas.

**RELACIÓN DE ESTRUCTURAS**

**Tabla 20 – Relación de estructuras**

TRAMO	LA "Y" - ENTR. OCOTLAN I	
No.	PASOS A DESNIVEL	
1	Psv Guardado	15+650
2	PSG	19+860
3	PSG	20+721

TRAMO	ENTRO. LB. EJUTLA II - BARRANCA LARGA	
No.	PASOS A DESNIVEL	
1	Yogana (PSV)	72+000

<b>TRAMO</b>		<b>LIBRAMIENTO DE OCOTLAN</b>
<b>No.</b>	<b>PUENTES</b>	
1	Rio Ocotlan	34+400
<b>ENTRONQUES</b>		
1	Ocotlan I	27+254
2	(PSV) Minas	37+665
3	Ocotlan II	42+773
<b>PASOS A DESNIVEL</b>		
1	PSPG	27+760
2	PSPG	28+628
3	PSPG	29+143
4	PSPG	29+327
5	PSPG	29+648
6	PSPG	30+368
7	PSPG	30+994
8	PSPG	31+180
9	PSPG	31+535
10	PSPG	33+406
11	PSPG	34+094
12	PSPG	35+510
13	PSPG	35+690
14	PSPG	36+649
15	PSPG	37+120
16	PSPG	38+797
17	PSPG	39+306
18	PSPG	40+036
19	Cultivos	40+960
20	Cultivos	42+400

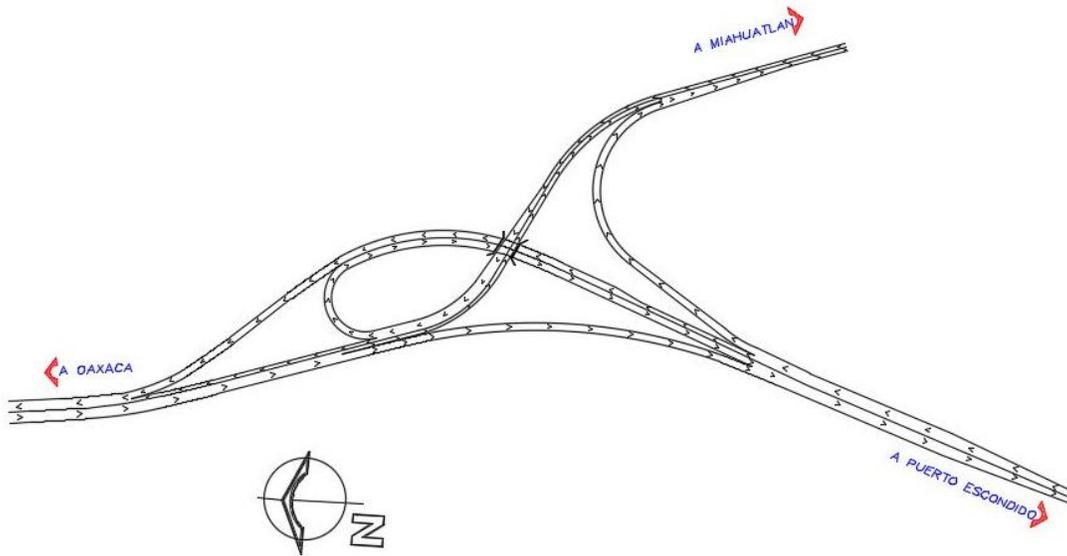
<b>TRAMO</b>		<b>ENTRO. LB. OCOTLAN II - ENTR. LIB. EJUTLA I</b>
<b>No.</b>	<b>PUENTES</b>	
1	Rio San Dionisio	37+383
2	Rio Santa Lucia	37+660
3	Rio El Capitan	38+595
4	Rio La Garzona	39+176
5	Rio Magdalena	41+900
6	Rio Coapa	54+643
<b>ENTRONQUES A NIVEL</b>		
1	Santa Lucia	38+000
2	San Pedro Martir	38+620
3	San Pedro Apostol	40+000
4	sin nombre	69+850
5	sin nombre	71+500
<b>PASOS A DESNIVEL</b>		
1	San Dionisio (PSV)	37+050
2	San Martín de los Cansecos (PSV)	
3	San José del Progreso (PIV)	43+155

**DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS**

**Entronque Barranca Larga**

Entronque que conecta el inicio del tramo Barranca Larga-Ventanilla con la carretera federal Oaxaca-Miahuatlán, el cruce es desnivel y se resuelve mediante un PSV de 23 m de largo y 16 m de ancho de calzada con traveses de concreto prefabricado y presforzado Aashto tipo III, las cuales se apoyan en dos caballetes extremos.

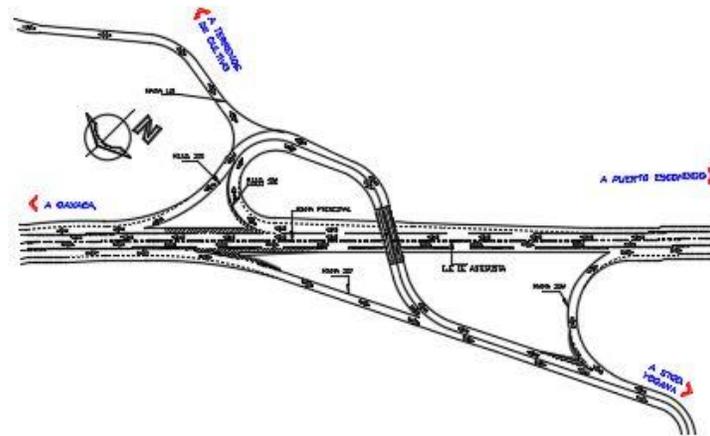
**Figura 9 – Croquis del entronque Barranca Larga**



**Entronque Yogana**

Entronque que conecta la autopista Barranca Larga-Ventanilla con la comunidad de Santiago Yogana en el km 105+060 de la autopista, el cruce es desnivel y se resuelve mediante un PIV de 28 m de largo y 6.3 m de ancho de calzada con traveses de concreto presforzado Aashto tipo III, las cuales se apoyan en dos estribos extremos.

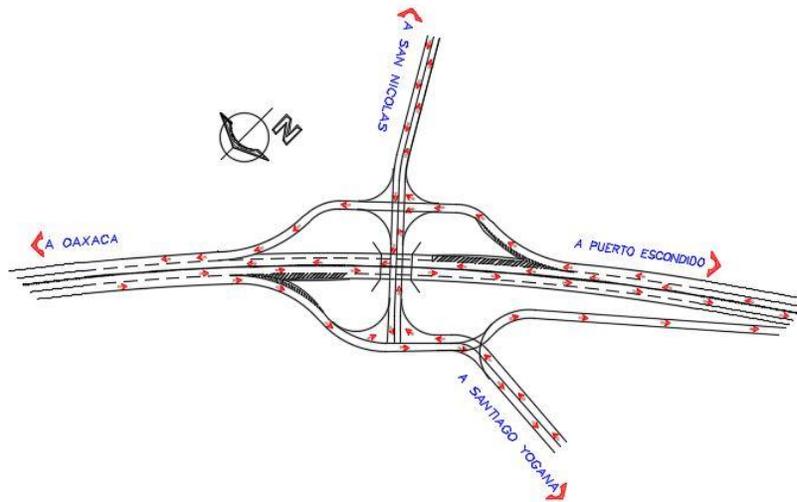
Figura 10 – Croquis del entronque Yogana



**Entronque San Nicolás**

Entronque que conecta la autopista Barranca Larga-Ventanilla con las comunidades de Santiago Yogana y San Nicolás en el km 107+612 de la autopista, el cruce es desnivel y se resuelve mediante un PSV de 10.2 m de largo y 12.7 m de ancho de calzada, el PSV se construye como un cajón de concreto armado con un gálibo de 7.28 m.

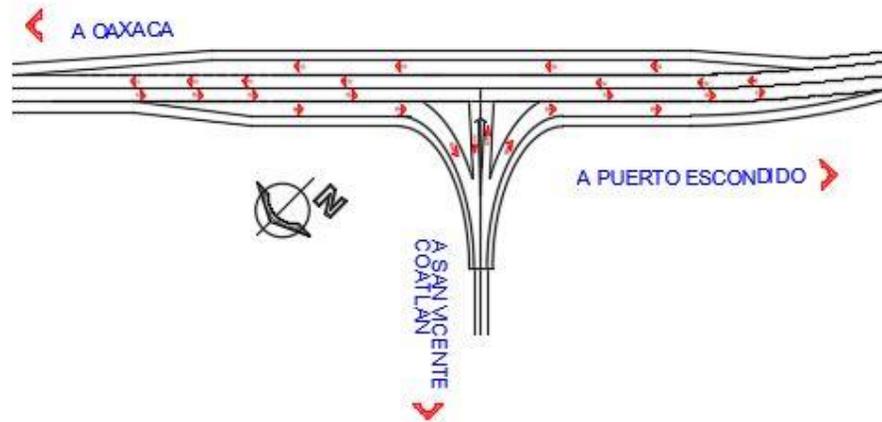
Figura 11 – Croquis del entronque San Nicolás



**Entronque San Vicente**

Es un entronque a Nivel que conectará la autopista Barranca Larga-Ventanilla con la comunidad de San Vicente Coatlán, el proyecto original considera un paso a nivel, el cual es muy peligroso para la operación, por lo que la dirección General de Carreteras elaborará un proyecto para realizar la conexión a nivel.

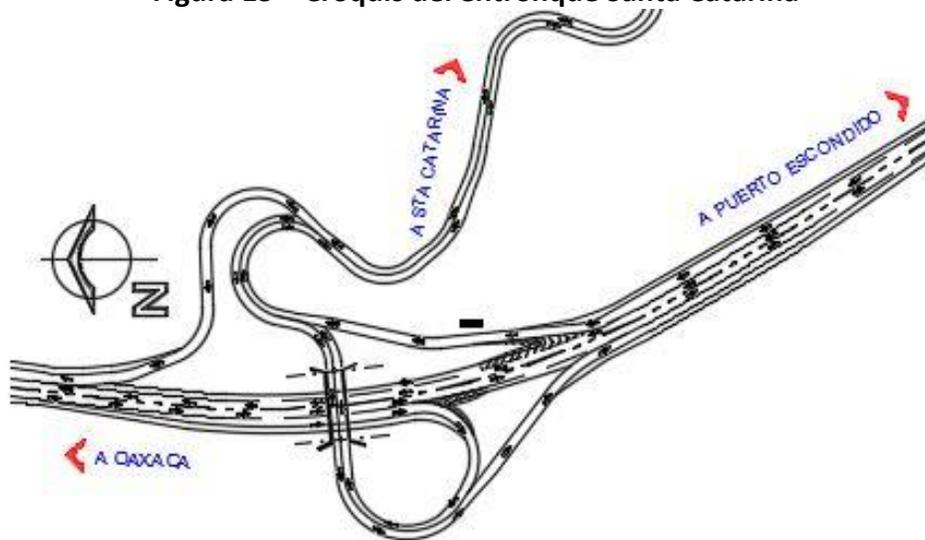
Figura 12 – Croquis del entronque San Vicente



**Entronque Santa Catarina**

Entronque que conecta la autopista Barranca Larga-Ventanilla con la comunidades de Santa Catarina Coatlán, en el km 127+820 de la autopista, el cruce es desnivel y se resuelve mediante un PIV de 28.0 m de largo y 6.8 m de ancho de calzada, el PIV se resuelve por medio de traveses Aashto tipo III apoyadas en dos estribos.

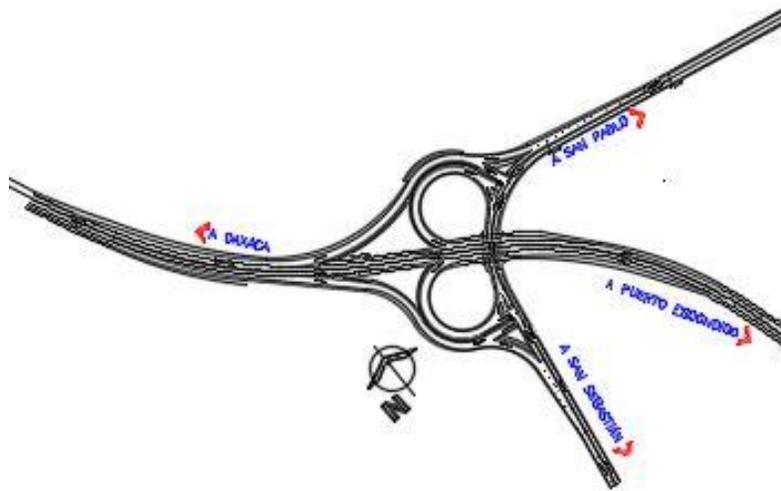
Figura 13 – Croquis del entronque Santa Catarina



**Entronque San Pablo**

Entronque que conecta la autopista Barranca Larga-Ventanilla con la comunidades de San Sebastián y San Pablo, en el km 135+796 de la autopista, el cruce es desnivel y se resuelve mediante un PIV de 360.0 m de largo y 6.8 m de ancho de calzada, el PIV se estructura a base de traveses Aashto tipo IV apoyadas en dos caballetes.

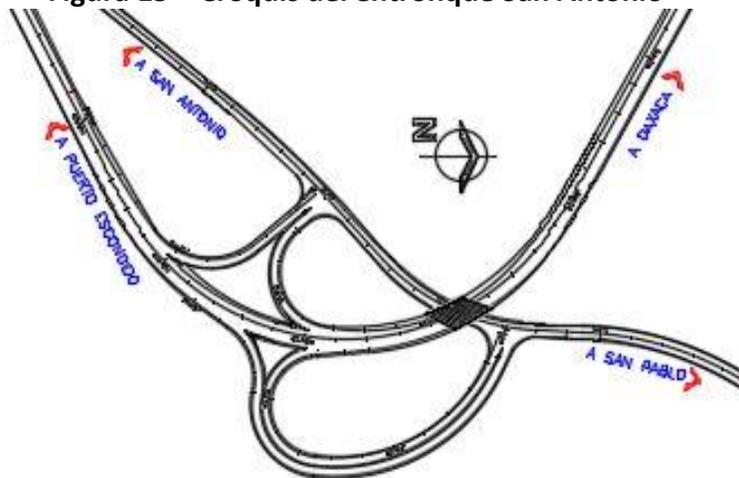
**Figura 14 – Croquis del entronque San Pablo**



**Entronque San Antonio**

Entronque que conecta la autopista Barranca Larga-Ventanilla con la comunidades de San Antonio y San Pablo, en el km 162+600 de la autopista, el cruce es desnivel y se resuelve mediante un PSV de 6.0 m de largo y 38.0 m de ancho, la losa de concreto tiene dimensiones internas de 6.0 x 5.0 m.

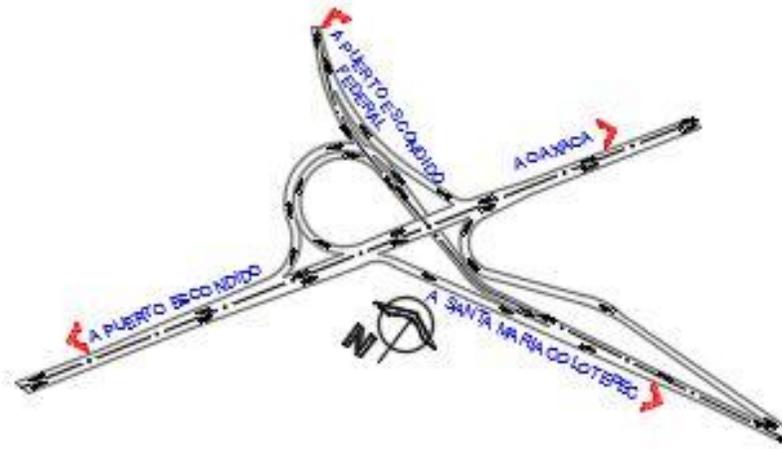
**Figura 15 – Croquis del entronque San Antonio**



**Entronque Colotepec**

Entronque que conecta la autopista Barranca Larga-Ventanilla con la comunidades de Santa Maria Colotepec y la carretera federal a Puerto Escondido, en el km 193+120 de la autopista, el cruce es a desnivel y se resuelve mediante un PSV de 30.0 m de largo y 15.5 m de ancho de calzada, el PSV se estructura a base de travesaños tipo IV apoyadas en dos pilares que a su vez se apoyan en pilas.

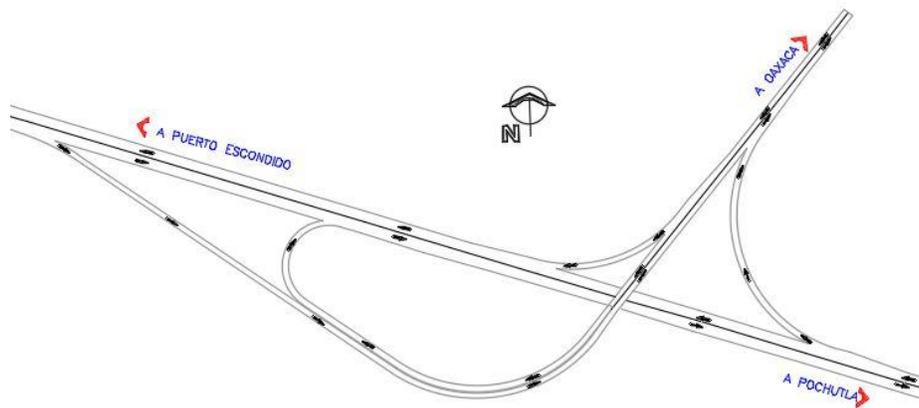
Figura 16 – Croquis del entronque Colotepec



### Entronque Ventanilla

Entronque final del tramo, conecta la autopista Barranca Larga-Ventanilla con la carretera Puerto Escondido-Pochutla, en el km 204+270 de la autopista, el cruce es a desnivel y se resuelve mediante un PSV de 47.0 m de largo y 13.0 m de ancho de calzada, el PSV cuenta con tres claros y se estructura a base de travesaños Aashto tipo III apoyadas en dos caballetes que a su vez se apoyan en 4 ejes de pilas.

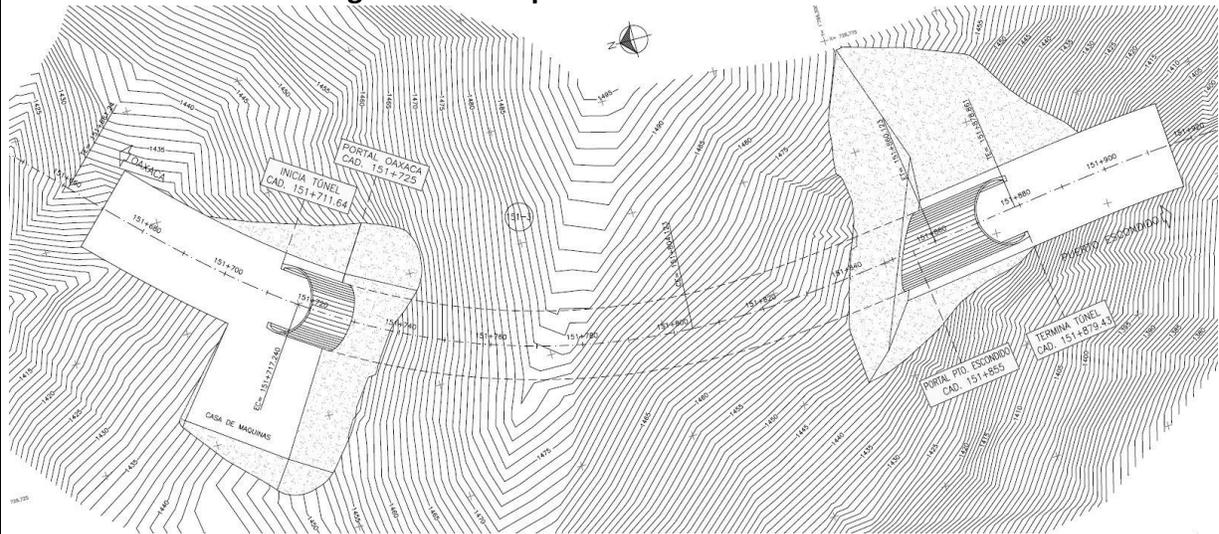
Figura 17 – Croquis del entronque Ventanilla



### Túnel San Sebastián

Túnel ubicado entre el km 151+711 al km 151+879, con una longitud de 167.80 m, sección de 11.80 m de calzada y 8 m de clave. El revestimiento primario es a base de marcos metálicos y concreto lazado al cual se posteriormente se le coloca un revestimiento definitivo a base de concreto hidráulico de resistencia  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  y acero de refuerzo  $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ , cuenta con un túnel falso de 5 m de longitud en el portal Oaxaca y otro de 15m de longitud en el portal Puerto Escondido.

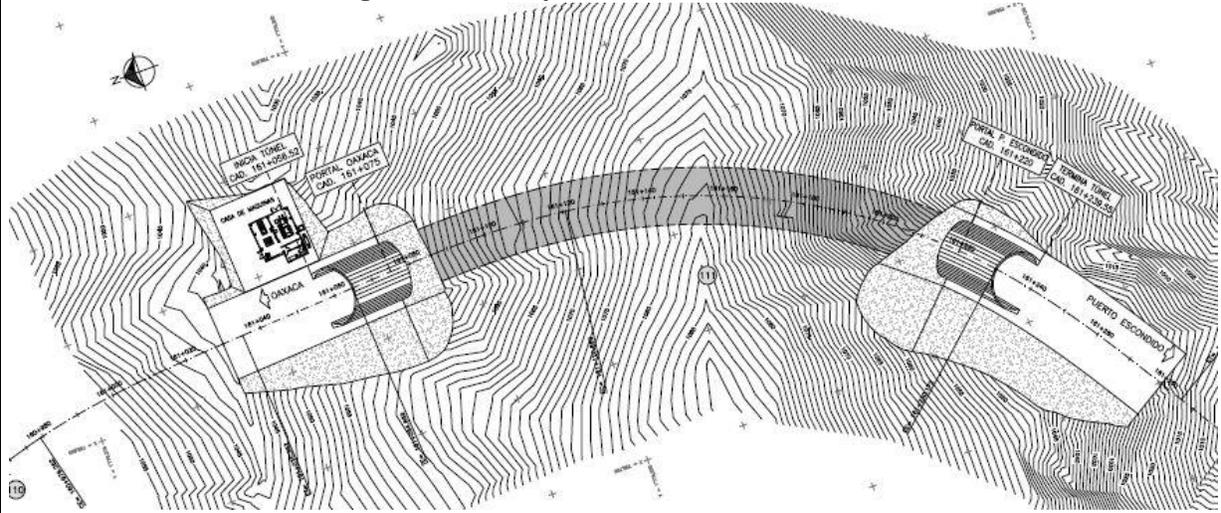
Figura 18 – Croquis del Túnel San Sebastián



### Túnel San Antonio

Túnel ubicado entre el km 161+056 al km 161+239, con una longitud de 183.04 m, sección de 11.80 m de calzada y 8 m de clave. El revestimiento primario es a base de marcos metálicos y concreto lazado al cual se posteriormente se le coloca un revestimiento definitivo a base de concreto hidráulico de resistencia  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> y acero de refuerzo  $f_y= 4200$  kg/cm<sup>2</sup>, cuenta con un túnel falso de 10 m de longitud en cada uno de los extremos.

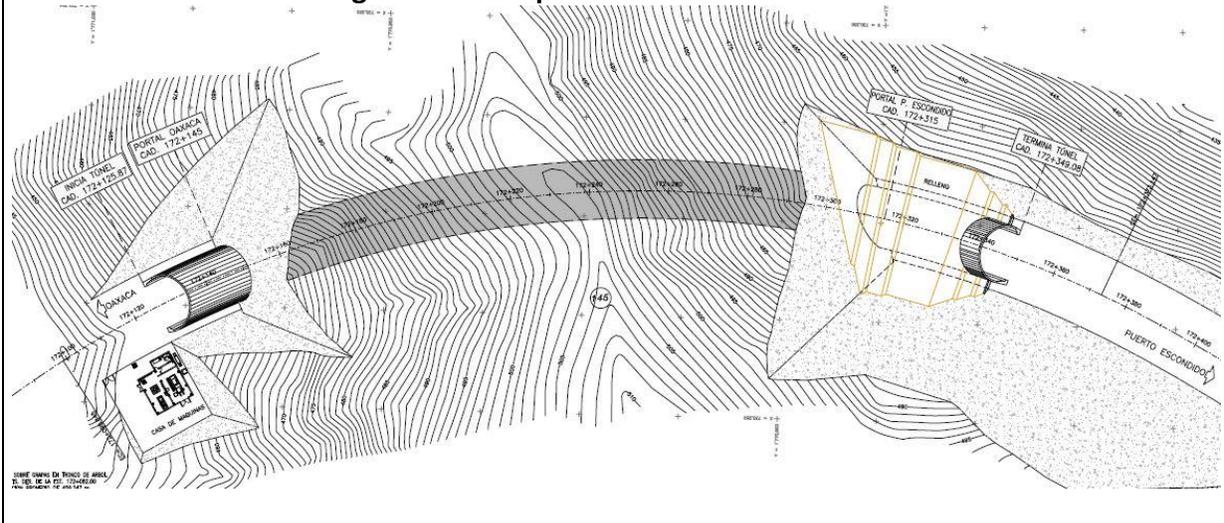
**Figura 19 – Croquis del Túnel San Antonio**



**Túnel Santa Martha**

Túnel ubicado entre el km 172+125 al km 172+349, con una longitud de 223.21 m, sección de 11.80 m de calzada y 8 m de clave. El revestimiento primario es a base de marcos metálicos y concreto lazado al cual se posteriormente se le coloca un revestimiento definitivo a base de concreto hidráulico de resistencia  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  y acero de refuerzo  $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ , cuenta con un túnel falso de 10 m de longitud en el portal Oaxaca y otro de 25m de longitud en el portal Puerto Escondido.

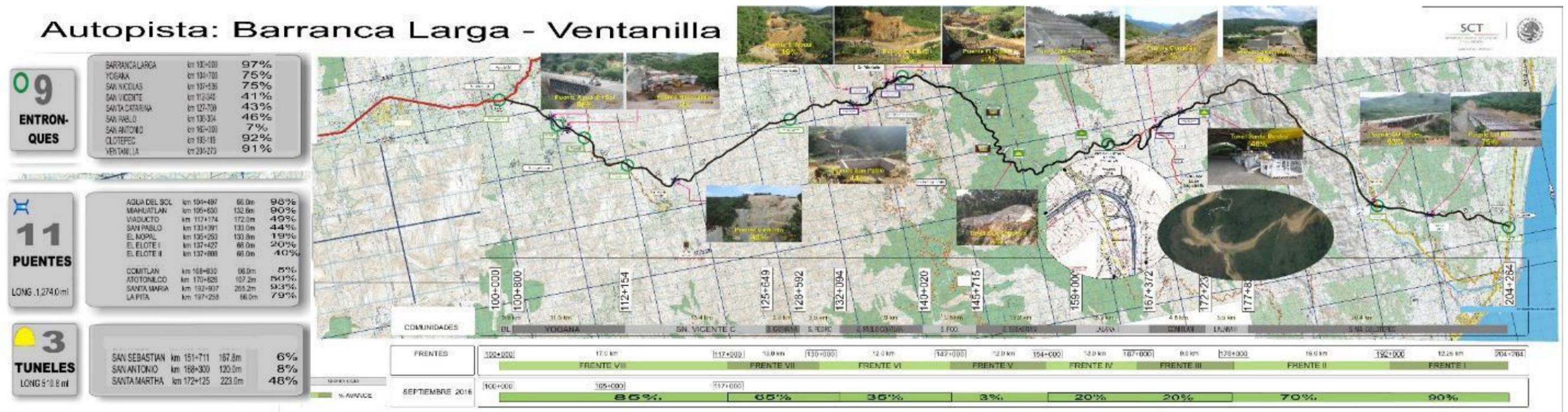
**Figura 20 – Croquis del Túnel Santa Martha**



**Ubicación de las estructuras**

En la siguiente figura se indica la ubicación de las estructuras definidas, entronques, viaductos, puentes, túneles y PIV's.

**Figura 21 – Ubicación de las estructuras**



## b) Alineación estratégica

Este proyecto contribuye al cumplimiento de la estrategia definida en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en el apartado de Infraestructura de Transporte y Logística: “Una economía que quiere competir a nivel mundial necesita contar con una infraestructura que facilite el flujo de productos, servicios y el tránsito de personas de una manera ágil, eficiente y a un bajo costo. Una infraestructura adecuada potencia la capacidad productiva del país y abre nuevas oportunidades de desarrollo para la población.”

### **Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018**

#### *Objetivo 4.9*

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

#### *Estrategia 4.9.1.*

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

#### *Líneas de Acción*

Fomentar que la construcción de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumente la competitividad derivada de una mayor interconectividad.

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

#### *Sector Carretero*

- Consolidar y/o modernizar los ejes troncales transversales y longitudinales estratégicos, y concluir aquellos que se encuentren pendientes.
- Mejorar y modernizar la red de caminos rurales y alimentadores.
- Conservar y mantener en buenas condiciones los caminos rurales de las zonas más marginadas del país, a través del Programa de Empleo Temporal (PET).

#### *Modernizar las carreteras interestatales*

- Llevar a cabo la construcción de libramientos, incluyendo entronques, distribuidores y accesos.
- Ampliar y construir tramos carreteros mediante nuevos esquemas de financiamiento.
- Realizar obras de conexión y accesos a nodos logísticos que favorezcan el tránsito intermodal.
- Garantizar una mayor seguridad en las vías de comunicación, a través de mejores condiciones físicas de la red y sistemas inteligentes de transporte.

### **Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018**

*Objetivo 1:* Desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social.

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

#### *Líneas de acción:*

- Consolidar los ejes troncales.

- Construir, modernizar y conservar carreteras y autopistas, privilegiando los recorridos de largo itinerario.
- Construir infraestructura que permita brindar mayor seguridad a los usuarios.

### **Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018**

*Objetivo 1:* Contar con una infraestructura y una plataforma logística de transportes y comunicaciones modernas que fomenten una mayor competitividad, productividad y desarrollo económico y social.

*Estrategia 1.1* Desarrollar a México como plataforma logística con infraestructura de transporte multimodal que genere costos competitivos y valor agregado, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social.

*Líneas de acción:*

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

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

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

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

*Estrategia 1.2* Generar infraestructura para una movilidad de pasajeros moderna, integral, ágil, segura, sustentable e incluyente.

*Líneas de acción:*

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

1.2.2 Avanzar en la movilidad urbana sustentable mediante sistemas integrados de transporte que garanticen rapidez y seguridad del viaje puerta a puerta.

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

### **Plan Estatal de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016**

*Objetivo 1:* Ampliar la cobertura y mejorar la calidad de la infraestructura de servicios básicos, energética, de comunicaciones y de transporte, para elevar la calidad de vida de la población, garantizar el acceso de los habitantes de las localidades rurales y urbanas a estos satisfactores, e impulsar el desarrollo económico del estado, mediante políticas públicas de financiamiento e inversiones que incrementen sustancialmente los recursos públicos y privados en el sector.

*Estrategia 1.2* Modernización y restauración de las redes carretera, ferroviaria, portuaria y aeroportuaria, así como de los sistemas de transporte en el estado.

*Línea de acción 2:* Red carretera restaurada y modernizada para mejorar la conectividad, brindando continuidad a la circulación mediante obras que permitan mejorar el acceso a las

regiones, comunidades indígenas, ciudades, puertos y enlace con otras entidades, contribuyendo asimismo con la preservación del medio ambiente.

### c) Localización geográfica

El proyecto se ubica en el Estado de Oaxaca, que a su vez pertenece a la mesorregión Sur-Sureste.

**Figura 22 –Ubicación regional**



El estado de Oaxaca ocupa el quinto lugar en extensión territorial a nivel nacional y es uno de los estados más montañosos del país, ya que a través de su territorio cruzan la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Atravesada, lo que provoca una gran variedad de climas, ya que mientras que en la montaña se presentan bajas temperaturas, la región del Istmo y de la Costa se caracterizan por su clima cálido.

La población total del Estado de Oaxaca es de cerca de 4 millones de habitantes. Ocupa el tercer lugar dentro de los estados con el mayor índice de marginación, sólo superado por Chiapas y Guerrero y ocupa el penúltimo lugar en el índice de desarrollo humano, sólo por arriba de Chiapas. Su economía se sustenta principalmente en la agricultura y el turismo. En agricultura destaca el cultivo de la caña de azúcar, limón, naranja, alfalfa, cebada, maíz, aguacate, piña, arroz, melón, sandía, maguey, café y tabaco.

La oferta turística está basada en cuatro grandes vertientes: (i) playas y escenarios naturales, en donde destacan las Bahías de Huatulco, Puerto Escondido, Santa María del Tule y Hierve el Agua, (ii) ecoturismo y turismo alternativo, cuyas principales actividades son canotaje, kayak, pesca deportiva, camping, ciclismo de montaña, rappel, etc., (iii) zonas arqueológicas, que cuenta con algunas de las más importantes del país, tales como Monte Albán, Mitla y Yagul, y (iv) fiestas y celebraciones, que atraen a un gran número de visitantes, tales como la

Guelaguetza, Todos Santos, Semana Santa, además de santuarios muy importantes en los que se venera a la Virgen de Juquila, la Virgen de Guadalupe y el Santo Cristo de Tlacolula, entre otros.

El tramo en estudio comunica a ciudades importantes como Oaxaca de Juárez, Ocotlán de Morelos, Ejutla de Crespo y Miahuatlán, las que constituyen centros de subsistemas de ciudades, que funcionan como centros urbanos con una importante concentración de actividad económica comercial y de servicios. Los intercambios económicos más importantes que se realizan entre estas ciudades son, hacia el norte, con Zimatlán, Zaachilá, Oaxaca de Juárez, Etlá y Nochixtlán, dentro del Estado de Oaxaca; y con Tehuacan, Pue.; Tlaxcala, Tlax., Acayucan, Coatzacoalcos y Orizaba, Ver., y el D.F.; hacia el sur, mediante la continuación de la misma carretera federal, con las ciudades de Miahuatlán, Pochutla, Puerto Escondido, Puerto Ángel y Huatulco.

**Figura 23 –Ubicación del proyecto dentro de la red nacional de carreteras**



Las coordenadas de ubicación del proyecto Libramiento de Ocotlán son las siguientes:

**Punto inicial:** Latitud 16.863943, Longitud -96.682994  
**Punto final:** Latitud 16.758292, Longitud -96.679784

Las coordenadas de ubicación del proyecto Barranca Larga-Ventanilla son las siguientes:

**Punto inicial:** Latitud 16.481363, Longitud -96.737980  
**Punto final:** Latitud 15.808748, Longitud -96.985256

**d) Calendario de actividades**

Las principales acciones requeridas para realizar el proyecto se han programado de acuerdo al siguiente calendario:

**Tabla 21- Calendario de Actividades (las cifras indican las metas físicas en km)**

COMPONENTE	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	TOTAL (km)
LA Y - ENT. LIB. OCOTLAN I			6.2	2.4									8.6
LIB. OCOTLAN		2.6	8.5	4.0	0.9								16.0
ENT. LIB. OCOTLAN II- ENT. LIB. EJUTLA I		5.3	6.1	5.5	0.4		0.9	0.4					18.6
ENT. LIB. EJUTLA II- BARRANCA LARGA			0.4	1.6	1.6								3.6
PTO. ESCONDIDO-POCHUTLA	3.2	6.4	4.2	3.2	4.2	6.2	9.7	1.3	15.5	7.6	8.5		70.0
POCHUTLA-HUATULCO				1.8	2.8	4.3	5.4	0.1			13.9	15.2	43.5
BARRANCA LARGA-VENTANILLA			1.1	0.9	0.5	11.8	15.7	31.4		21.4	21.4		104.2

**e) Monto total de inversión**

El proyecto tiene un costo de 13,875,065,688 pesos con IVA, los cuales se obtienen de la actualización a precios 2017 de los montos ejercidos y por ejercer, tal como se muestra en las tablas siguientes:

**Tabla 22- Monto total de inversión por tramo y por año (pesos corrientes sin IVA)**

Año	LA Y - ENT. LIB. OCOTLAN I	LIB. OCOTLAN	ENT. LIB. OCOTLAN II- ENT. LIB. EJUTLA I	ENT. LIB. EJUTLA II- BARRANCA LARGA	PTO. ESCONDIDO-POCHUTLA	POCHUTLA-HUATULCO	BARRANCA LARGA-VENTANILLA	Total
2008					61,040,968			61,040,968
2009		58,517,905	73,568,821		102,327,844			234,414,570
2010	63,792,456	195,368,946	87,637,853	6,166,750	69,647,229		65,400,000	488,013,234
2011	25,734,501	96,375,012	82,964,578	23,414,025	55,525,588	40,064,699	57,800,000	381,878,403
2012		22,734,501	6,600,512	24,551,918	75,395,593	66,127,354	33,100,000	228,509,878
2013					115,167,547	104,332,329	819,357,934	1,038,857,810
2014			15,132,586		187,946,098	133,949,763	1,128,196,403	1,465,224,850
2015			7,470,582		26,849,203	2,464,798	2,333,786,356	2,370,570,940
2016					320,856,120			320,856,120
2017					161,379,310		1,700,000,000	1,861,379,310
2018					182,413,793	381,812,414	1,700,000,000	2,264,226,207
2019						419,998,713		419,998,713
Total c/IVA	89,526,957	372,996,364	273,374,933	54,132,693	1,358,549,293	1,148,750,070	7,837,640,693	11,134,971,003

Para obtener las cifras a pesos constantes de 2017, se emplearon los deflatores proporcionados por la Unidad de Inversiones. Estos valores son los que se usan en la memoria de cálculo:

**Tabla 23- Monto total de inversión por tramo y por año (pesos constantes sin IVA)**

Año	LA Y - ENT. LIB. OCOTLAN I	LIB. OCOTLAN	ENT. LIB. OCOTLAN II- ENT. LIB. EJUTLA I	ENT. LIB. EJUTLA II- BARRANCA LARGA	PTO. ESCONDIDO-POCHUTLA	POCHUTLA-HUATULCO	BARRANCA LARGA-VENTANILLA	Total
2008					85,429,666			85,429,666
2009		78,147,445	98,247,116		136,653,210			313,047,770
2010	81,283,996	248,938,035	111,667,669	7,857,639	88,744,115		83,332,320	621,823,774
2011	31,529,561	118,077,357	101,647,075	28,686,546	68,029,197	49,086,726	70,815,776	467,872,237
2012		26,912,327	7,813,461	29,063,723	89,250,732	78,279,307	39,182,651	270,502,202
2013					131,711,000	119,319,337	937,056,104	1,188,086,441
2014			16,674,894		207,101,499	147,601,876	1,243,181,786	1,614,560,054
2015			7,961,290		28,612,801	2,626,699	2,487,081,790	2,526,282,579
2016					331,489,722			331,489,722
2017					161,379,310		1,700,000,000	1,861,379,310
2018					182,413,793	381,812,414	1,700,000,000	2,264,226,207
2019						419,998,713		419,998,713
<b>Total c/IVA</b>	<b>112,813,557</b>	<b>472,075,163</b>	<b>344,011,505</b>	<b>65,607,908</b>	<b>1,510,815,044</b>	<b>1,198,725,072</b>	<b>8,260,650,426</b>	<b>11,964,698,675</b>

Los montos con IVA se calcularon con un impuesto del 15% para los años 2008 y 2009, y del 16% para los años 2010 al 2019:

**Tabla 24- Monto total de inversión por tramo y por año (pesos constantes 2017 con IVA)**

Año	LA Y - ENT. LIB. OCOTLAN I	LIB. OCOTLAN	ENT. LIB. OCOTLAN II- ENT. LIB. EJUTLA I	ENT. LIB. EJUTLA II- BARRANCA LARGA	PTO. ESCONDIDO-POCHUTLA	POCHUTLA-HUATULCO	BARRANCA LARGA-VENTANILLA	Total
2008					98,244,115			98,244,115
2009		89,869,562	112,984,183		157,151,191			360,004,936
2010	94,289,435	288,768,120	129,534,497	9,114,861	102,943,174		96,665,491	721,315,578
2011	36,574,291	136,969,734	117,910,607	33,276,393	78,913,868	56,940,602	82,146,300	542,731,795
2012		31,218,299	9,063,615	33,713,919	103,530,849	90,803,996	45,451,875	313,782,554
2013					152,784,760	138,410,431	1,086,985,080	1,378,180,272
2014			19,342,877		240,237,738	171,218,176	1,442,090,871	1,872,889,663
2015			9,235,096		33,190,849	3,046,971	2,885,014,876	2,930,487,792
2016					384,528,077			384,528,077
2017					187,200,000		1,972,000,000	2,159,200,000
2018					211,600,000	442,902,400	1,972,000,000	2,626,502,400
2019						487,198,507		487,198,507
<b>Total c/IVA</b>	<b>130,863,726.5</b>	<b>546,825,714.7</b>	<b>398,070,874.6</b>	<b>76,105,172.8</b>	<b>1,750,324,622.5</b>	<b>1,390,521,083.6</b>	<b>9,582,354,494</b>	<b>13,875,065,688</b>

Tabla 25- Montos de inversión de las estructuras

Estructuras	Monto sin IVA	Monto con IVA
Entronque Barranca Larga	44,050,171.85	51,098,199.35
Entronque Yogana	17,063,889.00	19,794,111.24
Entronque San Nicolás	14,546,182.26	16,873,571.42
Entronque San Vicente	2,621,609.41	3,041,066.92
Entronque Sta. Catarina	23,959,157.33	27,792,622.50
Entronque San Pablo	10,249,340.58	11,889,235.07
Entronque Antonio	16,365,584.16	18,984,077.63
Entronque Clotepec	19,183,000.15	22,252,280.17
Entronque Ventanilla	40,856,228.23	47,393,224.75
Túnel San Sebastián	100,849,753.78	116,985,714.38
Túnel San Antonio	101,768,041.47	118,050,928.11
Túnel Sta. Martha	180,798,240.00	209,725,958.40

## f) Fuentes de financiamiento

Los montos por fuente de recursos son los siguientes:

Tabla 26- Fuentes de Financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto (pesos 2017 con IVA)	Porcentaje (%)
<b>1. Federales</b>	Recursos fiscales	4,678,383,072	33.72
<b>2. Estatales</b>			
<b>3. Municipales</b>			
<b>4. Fideicomisos</b>	Fonadin	3,944,000,000	28.42
<b>5. Otros</b>	Privados	5,252,682,616	37.86
<b>Total</b>		<b>13,875,065,688</b>	<b>100.00</b>

Los recursos requeridos del Fonadin, 3,944,000,000 pesos con IVA, serán empleados en los siguientes conceptos:

Tabla 27- Conceptos recursos Fonadin para el tramo Barranca Larga-Ventanilla

Componentes/Entronques	Monto (pesos sin IVA)	Monto (pesos con IVA)
Costo de obra por ejecutar	3,080,000,000	3,572,800,000
Rehabilitación de trabajos ejecutados	70,000,000	81,200,000
Fondo de liberación de derecho de vía, social, arqueológico y ambiental	150,000,000	174,000,000
Supervisión de obra	80,000,000	92,800,000
Estudios y proyectos	20,000,000	23,200,000
<b>Total</b>	<b>3,400,000,000</b>	<b>3,944,000,000</b>

**g) Capacidad instalada**

Una vez realizado el proyecto, se contará con un corredor de altas especificaciones entre Oaxaca-Pto. Escondido y Huatulco, con autopistas de 4 y 2 carriles, de las cuales 106.3 km serán tipo A4 y 158.2 km serán tipo A2, las cuales tendrán la capacidad para atender la demanda estimada, tal como se describe en el punto IV.I.

**h) Metas anuales y totales de producción**

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

**Tabla 28- Metas Anuales del Proyecto**

<b>Año</b>	<b>Obras por realizar</b>	<b>Longitud (km)</b>
2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.</li> </ul>	3.2
2009	• Ampliación del tramo Ent. Lib. Ocotlán II-Ent. Lib. Ejutla I.	5.3
	• Ampliación del tramo Pto. Escondido Pochutla.	6.4
	• Construcción del Libramiento de Ocotlán.	2.6
2010	• Ampliación del tramo Ent. Lib. Ocotlán II-Ent. Lib. Ejutla I.	6.1
	• Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.	4.2
	• Ampliación del tramo La Y-Ent. Lib. Ocotlán.	6.2
	• Construcción del Libramiento de Ocotlán.	8.5
	• Ampliación del tramo Lib. Ejutla II-Barranca Larga.	0.4
	• Construcción de la autopista Barranca Larga-Ventanilla.	1.1
2011	• Ampliación del tramo Ent. Lib. Ocotlán II-Ent. Lib. Ejutla I.	5.5
	• Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.	3.2
	• Ampliación del tramo La Y-Ent. Lib. Ocotlán.	2.4
	• Construcción del Libramiento de Ocotlán.	4.0
	• Ampliación del tramo Lib. Ejutla II-Barranca Larga.	1.6
	• Ampliación del tramo Pochutla-Huatulco.	1.8
	• Construcción de la autopista Barranca Larga-Ventanilla.	0.9
2012	• Ampliación del tramo Ent. Lib. Ocotlán II-Ent. Lib. Ejutla I.	0.4
	• Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.	4.2
	• Construcción del Libramiento de Ocotlán.	0.9
	• Ampliación del tramo Lib. Ejutla II-Barranca Larga.	1.6
	• Ampliación del tramo Pochutla-Huatulco.	2.8
	• Construcción de la autopista Barranca Larga-Ventanilla.	0.5
2013	• Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.	6.2
	• Ampliación del tramo Pochutla-Huatulco.	4.3
	• Construcción de la autopista Barranca Larga-Ventanilla.	11.8

2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliación del tramo Ent. Lib. Ocotlán II-Ent. Lib. Ejutla I.</li> <li>Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.</li> <li>Ampliación del tramo Pochutla-Huatulco.</li> <li>Construcción de la autopista Barranca Larga-Ventanilla.</li> </ul>	0.9 9.7 5.4 15.7
2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliación del tramo Ent. Lib. Ocotlán II-Ent. Lib. Ejutla I.</li> <li>Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.</li> <li>Ampliación del tramo Pochutla-Huatulco.</li> <li>Construcción de la autopista Barranca Larga-Ventanilla.</li> </ul>	0.4 1.3 0.1 31.4
2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.</li> </ul>	15.5
2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.</li> <li>Construcción de la autopista Barranca Larga-Ventanilla.</li> </ul>	7.6 21.4
2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliación del tramo Pto. Escondido-Pochutla.</li> <li>Construcción de la autopista Barranca Larga-Ventanilla.</li> <li>Ampliación del tramo Pochutla-Huatulco.</li> </ul>	8.5 21.4 13.9
2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliación del tramo Pochutla-Huatulco.</li> </ul>	15.2

**i) Vida útil**

**Tabla 29- Vida útil del proyecto**

Vida útil del PPI	
Vida útil	19 años

**j) Descripción de los aspectos más relevantes**

**Proyecto Ejecutivo**

PORCENTAJE DE AVANCE TOTAL = 96.0%

SE CUENTA CON EL PROYECTO EJECUTIVO AL 100.0 % EN LOS TRAMOS: LA Y – BARRANCA LARGA, Y EN EL TRAMO PUERTO ESCONDIDO HUATULCO. EN EL TRAMO BARRANCA LARGA – VENTANILLA SE ENCUENTRA EN PROCESO DE ELABORACIÓN DE ALGUNAS MODIFICACIONES AL PROYECTO EJECUTIVO, SIN EMBARGO, SE PUEDE MENCIONAR QUE SE CUENTA CON UN 90.0% DE AVANCE

1. LA Y - ENTRONQUE LIBRAMIENTO OCOTLÁN I: SE CUENTA CON EL PROYECTO EJECUTIVO AL 100.0% ELABORADO POR EL CENTRO SCT OAXACA, EL CUAL CONSISTE EN LA AMPLIACIÓN DE 7.0 A 21.0 METROS DE ANCHO DE CORONA PARA ALOJAR CUATRO CARRILES, DOS POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE 3.5 METROS, ACOTAMIENTOS LATERALES DE 2.5 METROS, SEPARADOS POR UN CAMELLÓN CENTRAL EN UNA LONGITUD TOTAL DE 9.0 KILÓMETROS.

2. LIBRAMIENTO OCOTLÁN: SE CUENTA CON EL PROYECTO EJECUTIVO AL 100.0% ELABORADO POR EL CENTRO SCT OAXACA, EL CUAL CONSISTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VÍA A CORONA DE 12.0 METROS, PARA ALOJAR DOS CARRILES, UNO POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE 3.5 METROS Y ACOTAMIENTOS LATERALES DE 2.5 METROS EN UNA LONGITUD TOTAL DE 16.0 KILÓMETROS.

3. ENTRONQUE LIBRAMIENTO OCOTLÁN II - ENTRONQUE LIBRAMIENTO EJUTLA I: SE CUENTA CON EL PROYECTO EJECUTIVO AL 100.0% ELABORADO POR EL CENTRO SCT OAXACA, EL CUAL CONSISTE EN AMPLIAR LA SECCIÓN A CORONA DE 12.0 METROS, PARA ALOJAR DOS CARRILES, UNO POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE 3.5 METROS Y ACOTAMIENTOS LATERALES DE 2.5 METROS EN UNA LONGITUD TOTAL DE 19.7 KM.

4. ENTRONQUE LIBRAMIENTO EJUTLA II- BARRANCA LARGA: SE CUENTA CON EL PROYECTO EJECUTIVO AL 100.0% ELABORADO POR EL CENTRO SCT OAXACA, EL CUAL CONSISTE EN AMPLIAR LA SECCIÓN A CORONA DE 12.0 METROS, PARA ALOJAR DOS CARRILES, UNO POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE 3.5 METROS Y ACOTAMIENTOS LATERALES DE 2.5 METROS EN UNA LONGITUD TOTAL DE 3.6 KM.

5. BARRANCA LARGA – VENTANILLA: EL PROYECTO EJECUTIVO ORIGINAL FUE ELABORADO POR EL GOBIERNO DEL ESTADO DE OAXACA, ACTUALMENTE SE REALIZAN ALGUNAS MODIFICACIONES AL PROYECTO EJECUTIVO POR PARTE DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERA (DGC) CON UN 90% DE AVANCE. CONSISTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA AUTOPISTA DE UNA VÍA A CORONA DE 12.0 METROS, PARA ALOJAR DOS CARRILES, UNO POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE 3.5 METROS, Y ACOTAMIENTOS LATERALES DE 2.5 METROS EN UNA LONGITUD TOTAL DE 104.3 KILÓMETROS.

6. PUERTO ESCONDIDO – VENTANILLA: SE CUENTA CON EL PROYECTO EJECUTIVO AL 100.0% ELABORADO POR EL GOBIERNO DEL ESTADO DE OAXACA, EL CUAL CONSISTE EN LA AMPLIACIÓN A UNA SECCIÓN TIPO BOULEVARD DE 16.0 METROS DEL TRAMO: PUERTO ESCONDIDO AL PUENTE COLOTEPEC (KM 146+193.95), PARA ALOJAR CUATRO CARRILES, DOS POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE 3.5 METROS, SEPARADOS POR UN CAMELLÓN CENTRAL DE 2.0 METROS. DEL PUENTE COLOTEPEC (KM 146+590) A VENTANILLA, CONSISTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN CUERPO NUEVO, PARALELO AL EXISTENTE CON UN ANCHO DE 10.5 METROS, PARA ALOJAR DOS CARRILES DE 3.5 METROS, ACOTAMIENTO INTERIOR DE 1.0 METRO Y EXTERIOR DE 2.5 METROS. EL CUERPO ACTUAL DE 7.0 METROS, ATENDERÁ EL TRÁNSITO EN UN SENTIDO, MIENTRAS QUE EL CUERPO NUEVO SERVIRÁ PARA EL SENTIDO OPUESTO, POR LO QUE EL TRAMO CONTARÁ CON UNA VÍA DE CUATRO CARRILES EN UNA LONGITUD TOTAL DE 13.5 KILÓMETROS.

7. VENTANILLA – POCHUTLA: SE CUENTA CON EL PROYECTO EJECUTIVO AL 100.0% ELABORADO POR EL GOBIERNO DEL ESTADO DE OAXACA, EL CUAL CONSISTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN CUERPO NUEVO, PARALELO AL EXISTENTE CON UN ANCHO DE 10.5 METROS, PARA ALOJAR DOS CARRILES DE 3.5 METROS, ACOTAMIENTO INTERIOR DE 1.0 METRO Y EXTERIOR DE 2.5 METROS. EL CUERPO ACTUAL DE 7.0 METROS, ATENDERÁ EL TRÁNSITO EN UN SENTIDO, MIENTRAS QUE EL CUERPO NUEVO SERVIRÁ PARA EL SENTIDO OPUESTO, POR LO QUE EL TRAMO CONTARÁ CON UNA VÍA DE CUATRO CARRILES EN UNA LONGITUD TOTAL DE 56.5 KILÓMETROS.

8. POCHUTLA – HUATULCO: SE CUENTA CON EL PROYECTO EJECUTIVO AL 100.0% ELABORADO POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERA (DGC), EL CUAL CONSISTE EN LA CONSTRUCCIÓN Y AMPLIACIÓN DE UNA VÍA A CORONA DE 12.0 METROS, PARA DOS CARRILES, UNO POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE 3.5 METROS Y ACOTAMIENTOS LATERALES DE 2.5 METROS EN UNA LONGITUD DE 38.0 KILÓMETROS.

EL PROYECTO EJECUTIVO SE ELABORÓ CON BASE EN EL MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO Y DE ACUERDO CON LAS NORMAS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.

## **Derecho de Vía**

PORCENTAJE DE AVANCE TOTAL = 85.0%

SE CUENTA CON EL DERECHO DE VÍA AL 100.0 % DEL TRAMO LA Y-BARRANCA LARGA.

EN EL TRAMO DE BARRANCA LARGA – VENTANILLA, FALTA POR LIBERAR 5.7 KILÓMETROS: ES DECIR EL 95% DE ÉSTE TRAMO SE ENCUENTRA LIBERADO CON ACCESO A CONSTRUCCIÓN.

EN EL TRAMO DE PUERTO ESCONDIDO – POCHUTLA: DEL KM 137+700 AL KM 186+000 SE CUENTA CON LA TOTALIDAD DE DERECHO DE VÍA LIBERADO, DEL KM 186+000 AL KM AL KM 194+000 SE ENCUENTRA EN PROCESO DE ADQUISICIÓN DE ÁREAS ADICIONALES (SOBREANCHOS) QUE SON UTILIZADOS PARA ALOJAR ENTRONQUES, RETORNOS, ENTRADAS, ASÍ COMO CORTES Y TERRAPLENES, CONTÁNDOSE A LA FECHA CON UN 90 % DE LIBERACIÓN POR ESOS CONCEPTOS EN ÉSTE SUBTRAMO. DEL KM. 194+00 AL KM. 196+000 SE ESTÁ LLEVANDO A CABO LA LIBERACIÓN DEL DERECHO DE VÍA POR SOBREANCHOS, A LA FECHA CON UN AVANCE DEL 60%. DEL KM. 196+000 AL KM. 203+000 SE CUENTA CON UN AVANCE DE 80% EN LA LIBERACIÓN DEL DERECHO DE VÍA, POR SOBREANCHOS. DEL KM. 203+000 AL KM. 206+675 SE TIENE UN AVANCE DEL 80.0 % DE LA LIBERACIÓN DEL DERECHO DE VÍA POR SOBREANCHOS. DEL KM 206+675 AL KM 210+000 SE ENCUENTRA PENDIENTE LA LIBERACIÓN DE DERECHO DE VÍA CON UN 0.0% DE AVANCE.

EN EL TRAMO POCHUTLA – HUATULCO, SE ENCUENTRA PENDIENTE LA LIBERACIÓN DEL KM. 206+675 AL KM. 238+000 (ENTRONQUE AEROPUERTO HUATULCO). DEL KM. 238+000 AL KM. 254+500 SE CUENTA CON LA TOTALIDAD DE DERECHO DE VÍA.

## Impacto Ambiental

PORCENTAJE DE AVANCE TOTAL = 100.0%

SE CUENTA CON LA AUTORIZACIÓN DE LA EXENCIÓN DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL AUTORIZADA POR SEMARNAT DEL TRAMO: LA Y – BARRANCA LARGA.

DEL TRAMO BARRANCA LARGA – VENTANILLA CUENTA CON LA AUTORIZACIÓN DE LA MIA MEDIANTE NO. DE OFICIO SGPA/DGIRA/ DG/1288/08 DE FECHA 06 DE MAYO DE 2008.

DEL TRAMO PUERTO ESCONDIDO – POCHUTLA SE CUENTA CON LA AUTORIZACIÓN DE LA EXENCIÓN DE LA MIA MEDIANTE NO. DE OFICIO SGPA/DGIRA/DEI/1511.06 DE FECHA 4 DE AGOSTO DE 2006.

DEL TRAMO: POCHUTLA – ENTRONQUE AEROPUERTO DE HUATULCO SE CUENTA CON LA AUTORIZACIÓN DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE NO. DE OFICIO: SGPA/DGIRA.DG.1907.11 DE FECHA 25 DE MARZO DE 2011 Y NO. DE BITÁCORA 200A2010V0029 (VIGENTE HASTA ABRIL DE 2017). SE CUENTA CON LA MODIFICACIÓN POR RECTIFICACIÓN DEL PROYECTO, TRAMO POCHUTLA – ENTR. HUATULCO EN UNA LONGITUD DE 23.23 KM MEDIANTE NO. DE OFICIO: SGPA/DGIRA.DG.5789 DE FECHA 2 DE AGOSTO DE 2011 Y NO. DE BITÁCORA 200A2011V0013 (VIGENTE HASTA AGOSTO DE 2017).

EN EL TRAMO: ENTR. AEROPUERTO HUATULCO – HUATULCO (ENTR. TANGOLUNDA), CUENTA CON LA AUTORIZACIÓN DE LA MIA MEDIANTE NO. DE OFICIO: SGPA/DGIRA.DG.1947.10 DE FECHA 20 DE DICIEMBRE DE 2010 Y NO. DE BITÁCORA 200A2010V0025.

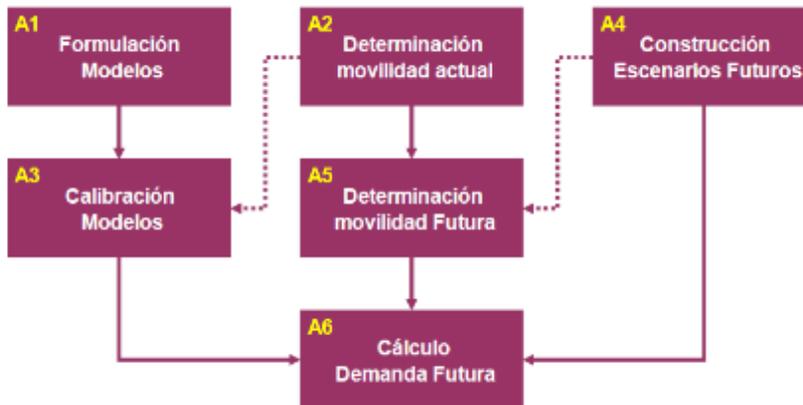
Figura 24- Situación del derecho de vía



**k) Análisis de la oferta**

Para estimar la demanda de tránsito del proyecto, la SCT llevó a cabo un estudio de actualización mediante consultoría externa, cuyo desarrollo se ajustó a la siguiente metodología:

Figura 25 –Metodología para el análisis de la oferta y la demanda



A continuación se describen las principales etapas de la metodología:

- El primer nivel, contempla los trabajos previos de determinación de la movilidad actual, formulación de los modelos de demanda y construcción de los escenarios futuros.
- El segundo nivel comprende las actividades de calibración de los modelos a partir de la movilidad actual y la proyección de la movilidad futura, que se hará teniendo en cuenta la movilidad actual y los escenarios futuros que se han asumido.
- En el tercer nivel convergen los modelos calibrados, la movilidad futura y los escenarios futuros de oferta de transporte para obtener las demandas finales en los tramos del proyecto objeto de estudio.

### **Definición de la red vial de análisis**

La oferta definida para la situación con proyecto es la red vial relevante definida en el punto II.b más los tramos del proyecto. Como resultado de esta tarea se identificó la red de análisis que se muestra en la figura 26.

### **Características físicas y geométricas**

Teniendo como fuente de información los estudios de campo, para cada tramo se especifican sus características más importantes, tales como longitud, tiempo de recorrido, velocidad, número de carriles, estado físico (IRI), acotamientos, tipo de terreno, etc. las cuales se incluyen dentro del modelo de simulación.

### **Condiciones de operación**

Las velocidades de operación y tiempos de recorrido se determinan mediante el estudio del vehículo flotante, el cual consiste en circular varias veces por los tramos de la red actual, en diversos horarios y siguiendo a diferentes tipos de vehículos, anotando en un formato los datos necesarios para diferentes puntos de control definidos. Posteriormente, se codifica la información en forma de base de datos y se incorpora a los tramos correspondientes en el modelo de simulación.

### **Modelo de oferta**

Las redes incorporadas al modelo están constituidas por los siguientes elementos:

- **Nodos:** Son objetos que definen las intersecciones de los arcos de la red. Los arcos comienzan y acaban en un nodo.
- **Arcos:** Conectan los nodos y por tanto representan la infraestructura vial. Son direccionales.

- **Relaciones de giro:** Indican los movimientos de giro permitidos en una intersección determinada.
- **Conectores:** Conectan los centroides zonales con los nodos y a su vez a los arcos de la red.

Todos estos objetos contienen una relación de atributos que recogen las características más importantes de los mismos, necesarias para el proceso de asignación de tráfico a la red.

### **Nodos**

Solo se ha definido un tipo de nodo

### **Arcos**

Se han considerado diferentes tipos de arcos en la red que incorporan las características en cuanto a velocidad, capacidad y costo de la red de carreteras. Para la red vial, se han definido diferentes tipos de arco según la funcionalidad de las carreteras de la siguiente manera:

- Autopistas de cuota
- Autopistas libres
- Red de carreteras rurales bidireccionales
  - Montañoso
  - Lomerío
  - Plano
- Vialidad Urbana

Independientemente de las características generales de cada tipo de red, los arcos del modelo incorporan de forma individual las siguientes características:

- Longitud
- Número de carriles
- Capacidad
- Velocidad de flujo libre.
- Peajes.

### **Relaciones de Giro**

En cada uno de los nodos incorporados al modelo se han definido las relaciones de giro que están permitidas y aquellas prohibiciones de giro que existen en la red de carreteras modelada. Las prohibiciones de giro se han activado únicamente en los semienlaces de las autopistas. En estas relaciones de giro se incorporan elementos de velocidad (se ha considerado una velocidad de flujo libre de 20 km/h) y funciones de restricción de capacidad que son iguales a las definidas en el caso de los arcos definidos para la red.

**Conectores**

Cada zona definida en el modelo está definida por un Centroides, que se une a la red a través de estos conectores. Estos conectores están debidamente representados en el mapa de zonas mostrado con anterioridad. Con esto se obtiene la red que se muestra en la figura 26.

**Figura 26 –Red de análisis con proyecto**



**Tabla 30- Oferta con proyecto (principales características)**

Tramo	Longitud (km)	Velocidad año base (km/hr)	No. de carriles	Estado físico	IRI (m/km)	Acotamientos	Tipo de terreno
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	8.6	88	4	Bueno	2.5	Sí	Lomerío
2. Paso por Ocotlán	13.5	38	2	Malo	5.0	No	Plano
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	18.6	80	2	Bueno	2.5	Sí	Plano
4. Libramiento Ejutla	11.6	77	2	Bueno	2.5	Sí	Plano
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	3.6	77	2	Bueno	2.5	Sí	Lomerío
6. Barranca Larga-Pochutla	159.5	50	2	Malo	5.0	No	Montañoso
7. Pochutla-Ventanilla	56.5	94	4	Bueno	2.5	Sí	Lomerío
8. Ventanilla-Pto. Escondido	13.5	92	4	Bueno	2.5	Sí	Plano
9. La Y-Pto-Escondido	228.2	50	2	Malo	5.0	No	Montañoso
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	27.7	86	4	Bueno	2.5	Sí	Montañoso
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	15.8	80	2	Bueno	2.5	Sí	Montañoso
<b>Tramos nuevos</b>							
A. Libramiento de Ocotlán	16.0	110	2	Bueno	2.5	Sí	Plano
B. Barranca Larga-Ventanilla	104.2	100	2	Bueno	2.5	Sí	Lomerío

## I) Análisis de la demanda

### Medición de volúmenes de tránsito

Esta tarea consistió en la toma de aforos manuales y automáticos, así como su expansión para calcular el TDPA de cada tramo de la red. La metodología empleada se explica en el punto II.c de este documento.

### Encuestas de origen-destino y de preferencia declarada

Con objeto de conocer las características de los viajes, se realizaron encuestas origen-destino (O-D) y de preferencia declarada (PD) en cinco estaciones, en las que se aplicó la encuesta directa a los conductores de los vehículos durante cuatro días en periodos de 12 horas al día. Las fechas y ubicación de las estaciones de encuestas se indican en la tabla 31 y la figura 3.

**Tabla 31- Estaciones de encuesta y fechas de aplicación**

Clave	Carretera	Punto generador	Km	Fecha de inicio	Fecha de fin
E01	Huatulco-Salina Cruz	Sta. Gertrudis	350	11/06/16	18/06/16
E02	Oaxaca-Pto. Ángel	Barranca Larga	74	11/06/16	18/06/16
E03	Oaxaca-Pto. Escondido	San Martín Lachila	47	11/06/16	18/06/16
E04	Putla-Pinotepa Nacional	La Muralla	229	11/06/16	18/06/16
E05	Acapulco-Pinotepa Nal.	San José	60	11/06/16	18/06/16

La demanda se ha estratificado según tipo de vehículos: autos (corto y largo recorrido), autobuses, camiones unitarios y camiones articulados.

### Zonificación y definición de centroides

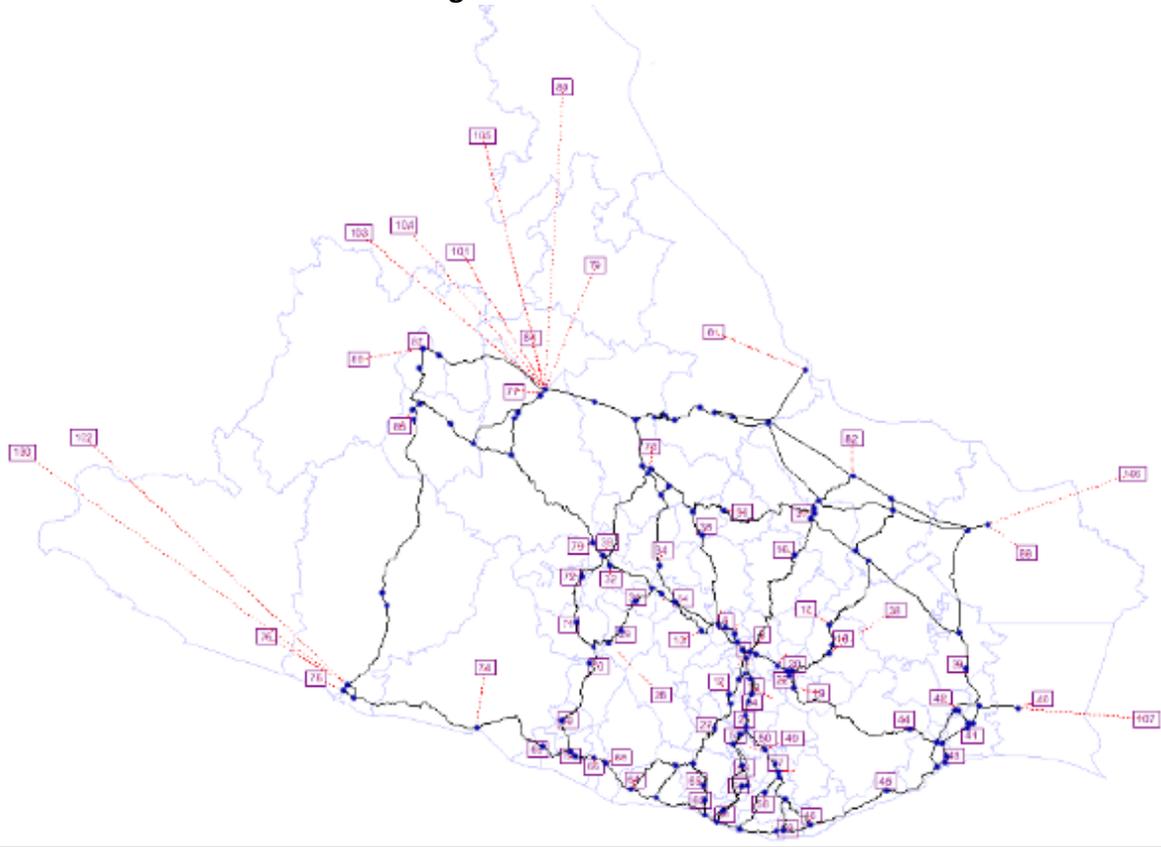
La zonificación se ha basado en los municipios para el estado de Oaxaca y los estados colindantes (zonas internas) y a nivel más agregado para las zonas externas.

La siguiente figura muestra las zonas consideradas. Las zonas se han definido agrupando áreas con un componente socioeconómico parecido y que tengan los mismos comportamientos en relación a la movilidad.

Las ilustraciones adjuntas describen las zonas consideradas y las conexiones a la red de infraestructuras que se han establecido (conectores).

El Modelo considera 95 zonas, 87 internas al Estado de Oaxaca y estados colindantes a éste, y 8 externas, que consideran todo México y Países limítrofes.

Figura 27 – Zonificación



Con base en esta zonificación se hizo el acopio de la información socioeconómica que se identificó de importancia para el estudio, asociándole a ésta características de tipo socioeconómico, demográfico, de actividades económicas predominantes y de potencialidad de desarrollo y vocación económica.

Cabe mencionar que se ubicaron como área de influencia aquellas constituidas por los centros de población de hasta 100 km a cada lado del eje del proyecto, considerando el intercambio de actividades socioeconómicas entre poblaciones. Lo anterior, haciendo hincapié que el criterio no fue limitativo, por lo que se consideró conveniente ampliar el área de influencia, realizándose recorridos adicionales para validar la información.

La zonificación se realizó de tal forma que se pudieran analizar mejor los puntos de generación y atracción de viajes y, en general, toda la información relativa al área (personas, empleos, hogares y demás variables). Dentro de la zona de influencia se identificaron zonas urbanas y suburbanas, por lo que un insumo importante para la zonificación fue la información socioeconómica de la región, lo que esto permitió unir o separar ciudades o municipios, propiciando diferentes niveles de agrupación homogénea. Asimismo, fuera del área de influencia del proyecto se definieron zonas de acuerdo con los principales accesos carreteros, considerando a los Estados como zonas de influencia.

Para cada una de las zonas identificadas se determinaron las variables que tengan el potencial de explicar la demanda, entre otras: población, parque vehicular, PIB, etc.

El nivel de desagregación de información socioeconómica y demográfica que se utilizó, estuvo acorde a los requerimientos de la modelación. Dicha información se recopiló de INEGI y se han considerado las unidades de área geoestadística básica, Municipio y Entidad Federativa, con el fin de que todo esté asociado a una misma referencia espacial.

### **Modelo de demanda**

Para integrar el modelo de demanda en el TransCAD se incluyen actividades enfocadas a la expansión de los datos obtenidos en campo, la determinación de las matrices origen-destino, la representación y análisis de líneas de deseo y la aplicación del modelo de elección.

#### *Matrices origen-destino*

Otro input básico del modelo son las matrices Origen-Destino entre las diferentes zonas definidas en el modelo de tránsito. Estas matrices describen la movilidad del área de estudio y han sido calculadas a partir de la información obtenida del procesamiento de los trabajos de campo realizados durante el mes de Junio del año 2016.

La demanda se ha estratificado según tipo de vehículos: autos (corto y largo recorrido), buses, camiones unitarios y camiones articulados.

La Construcción y ajuste de las matrices se realiza según el procedimiento descrito en el informe del estudio de demanda.

#### *Modelo de elección*

Los métodos utilizados para modelar el comportamiento de los viajes se basan en algoritmos de búsqueda que determinan rutas o conexiones entre un origen y un destino. Una vez determinadas estas rutas, los viajes de una relación origen/destino son distribuidos entre las anteriores. Esta combinación de búsqueda y distribución de viajes es lo que se conoce con el nombre de "Asignación".

En el software VISUM se pueden aplicar distintos métodos de asignación. En concreto el modelo VISUM diseñado para el estudio ha utilizado un método de asignación mixto estocástico/determinístico. Este procedimiento de asignación estocástica se basa en el hecho de que el valor del tiempo es una variable aleatoria con una distribución determinada.

En el caso que nos ocupa, el valor del tiempo se considera que sigue una distribución Normal, con una media  $\mu$  y una desviación típica  $\sigma$  que se calcula para cada una de los tipos de vehículos considerados utilizando los datos obtenidos en las encuestas de preferencias declaradas.



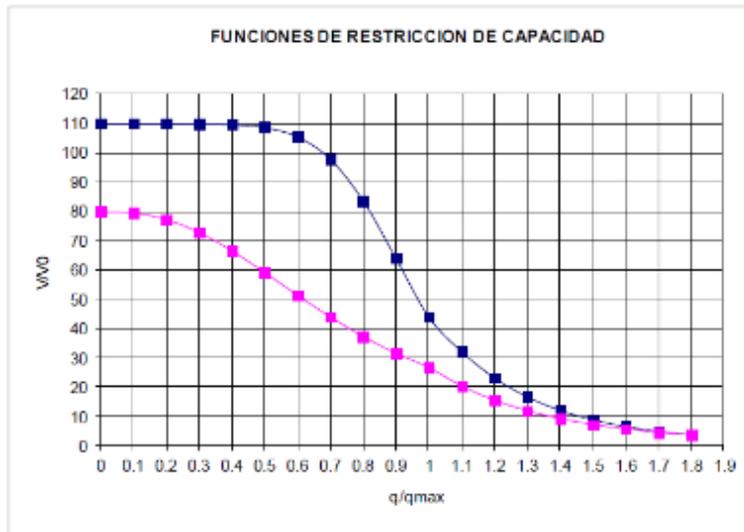
observados. Siendo necesaria la incorporación del Bonus, para reproducir correctamente estos repartos. La incorporación del Bonus Autopista es habitual en los estudios de concesiones viales realizados por diferentes consultores, en autopistas de México y otros países. Tal y como se ha mencionado previamente, se ha de articular un mecanismo por el que las características percibidas por el individuo de seguridad, comodidad y fiabilidad (entre otras) que son aspectos subjetivos, se incorporen en la función de impedancia.

*Asignación de tránsito*

Cada uno de los estratos en los que se han dividido los tipos de vehículo considerados se asignan mediante el procedimiento de equilibrio en el modelo. El procedimiento de asignación en equilibrio sigue el principio de equilibrio de Wardrop: bajo condiciones de equilibrio, el tráfico se distribuye en la red de tal forma que todas las rutas usadas entre un par O-D tienen el mismo costo y cualquier otra ruta no usada tiene costo mayor.

Para el cálculo de los tiempos de viaje en la red vial congestionada se utilizan funciones de restricción de capacidad (BPR-2), que vincula la caída de velocidad por congestión, en relación a la de flujo libre, con la saturación (Flujo/Capacidad). Los gráficos adjuntos muestran las funciones de restricción de capacidad incorporadas al modelo para dos carreteras “tipo”. La curva azul correspondería a una autopista y la violeta a una carretera bidireccional.

**Figura 29 – Funciones de Restricción de Capacidad.**

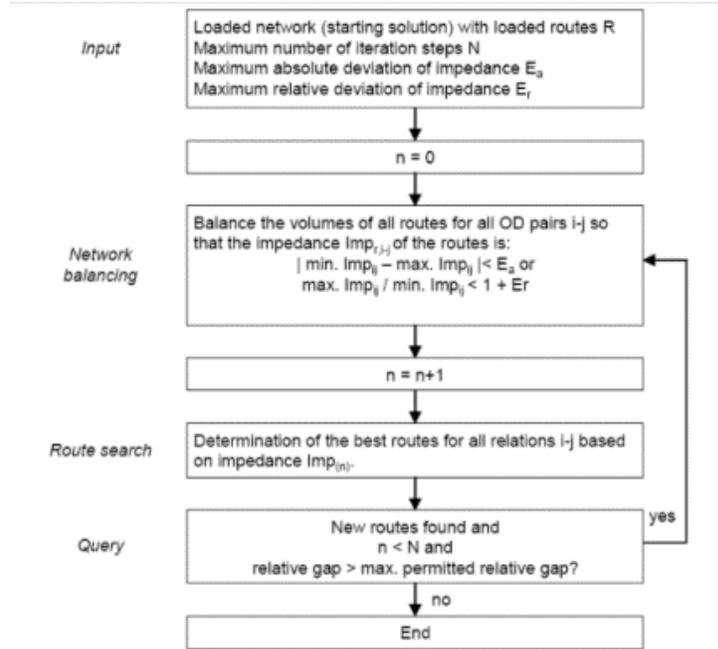


Este proceso da como resultado la asignación del tránsito vehicular para el proyecto y para todos los tramos de la red. Por medio del modelo también se pueden obtener los vehículos que se incorporan o desincorporan en los entronques definidos, los cuales representan los movimientos direccionales en cada uno de ellos.

Como resultado de este proceso se obtuvo la demanda efectiva para los proyectos; la cual es el tránsito “desviado” de la ruta actual que está dispuesto a pagar peaje por el uso del proyecto.

El algoritmo de solución responde al siguiente flujograma:

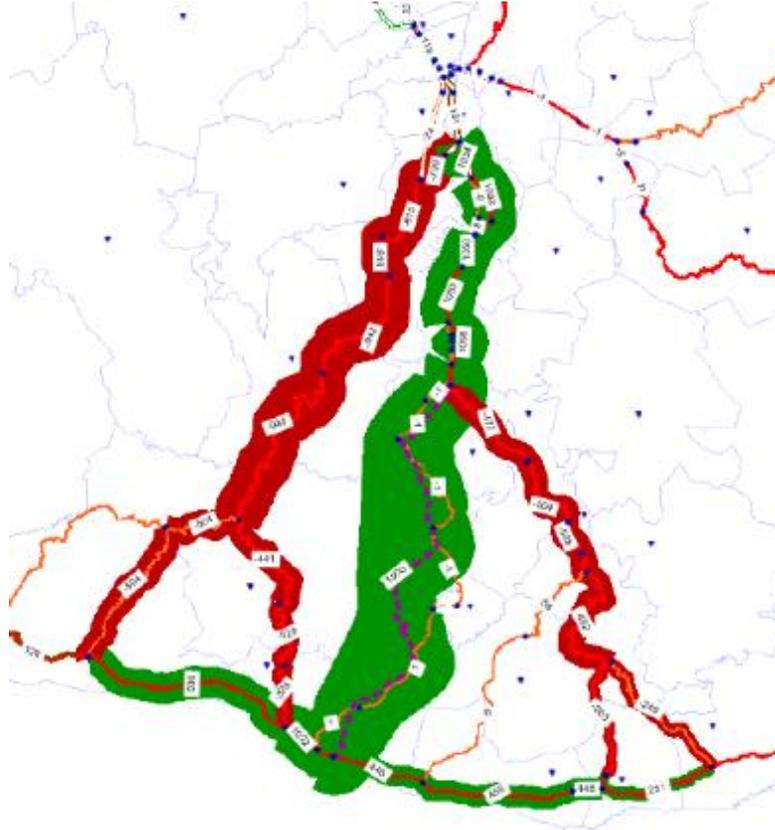
**Figura 30 – Asignación en equilibrio.**



**Tabla 32- Demanda de tránsito con proyecto**

Tramo	TDPA 2017 (vehículos/día)	Autos	Autobuses	Camiones
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	17,349	14,216	169	2,965
2. Paso por Ocotlán	10,732	8,920	77	1,735
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	7,146	5,917	188	1,041
4. Libramiento Ejutla	6,289	4,996	200	1,093
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	5,432	4,334	178	921
6. Barranca Larga-Pochutla	2,265	1,965	18	282
7. Pochutla-Ventanilla	6,440	5,487	127	826
8. Ventanilla-Pto. Escondido	18,902	17,143	143	1,616
9. La Y-Pto-Escondido	4,033	3,342	25	667
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	4,618	3,916	88	614
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	7,987	6,853	96	1,038
<b>Proyecto</b>				
A. Libramiento de Ocotlán	5,730	4,572	86	1,071
B. Barranca Larga Ventanilla	2,069	1,798	108	163

Figura 31 – Asignación de tránsito con proyecto



### m) Interacción oferta-demanda

En la siguiente sección se muestra la interacción de la oferta y la demanda en la situación con proyecto, en donde se observa que el proyecto atenderá eficientemente a la demanda durante el horizonte de evaluación. Además, existen mejoras en los niveles de servicio en la mayoría de los tramos de la red actual, una vez que ha disminuido el tránsito a través de ellos.

Tabla 33- Interacción Oferta – Demanda con Proyecto

Año	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		Tramo 6	
	TDPA	NS										
2008	12,756	A	7,901	D	5,270	B	4,641	B	4,012	C	1,640	C
2009	13,202	A	8,178	D	5,454	B	4,803	B	4,152	C	1,707	C
2010	13,665	A	8,464	D	5,645	B	4,972	B	4,298	C	1,766	C
2011	14,143	A	8,760	D	5,843	B	5,146	B	4,448	C	1,828	C
2012	14,638	A	9,067	D	6,047	C	5,326	B	4,604	C	1,892	C
2013	15,150	B	9,384	D	6,259	C	5,512	B	4,765	C	1,958	C
2014	15,680	B	9,712	D	6,478	C	5,705	B	4,932	C	2,027	D
2015	16,229	B	10,052	D	6,705	C	5,905	C	5,104	C	2,098	D
2016	16,797	B	10,404	E	6,940	C	6,111	C	5,283	C	2,171	D
2017	17,385	B	10,768	E	7,182	C	6,325	C	5,468	C	2,247	D
2018	17,994	B	11,145	E	7,434	C	6,547	C	5,659	C	2,326	D
2019	18,623	B	11,535	E	7,694	C	6,776	C	5,857	C	2,407	D
2020	19,275	B	11,939	E	7,963	C	7,013	C	6,062	C	2,492	D
2021	19,950	B	12,357	E	8,242	C	7,258	C	6,275	C	2,579	D
2022	20,648	B	12,789	E	8,531	C	7,512	C	6,494	C	2,669	D
2023	21,371	B	13,237	E	8,829	C	7,775	C	6,721	C	2,763	D
2024	22,119	C	13,700	E	9,138	C	8,047	C	6,957	C	2,859	D
2025	22,893	C	14,180	E	9,458	C	8,329	C	7,200	D	2,959	D
2026	23,694	C	14,676	E	9,789	D	8,621	C	7,452	D	3,063	D
2027	24,523	C	15,190	E	10,132	D	8,922	C	7,713	D	3,170	D
2028	25,382	C	15,721	E	10,486	D	9,235	C	7,983	D	3,281	E
2029	26,270	C	16,272	E	10,853	D	9,558	C	8,262	D	3,396	E
2030	27,190	C	16,841	E	11,238	D	9,892	D	8,552	D	3,515	E
2031	28,141	C	17,431	E	11,626	D	10,239	D	8,851	D	3,638	E
2032	29,126	D	18,041	E	12,033	D	10,597	D	9,161	D	3,765	E
2033	30,146	D	18,672	E	12,454	D	10,968	D	9,481	D	3,897	E
2034	31,201	D	19,326	E	12,890	D	11,352	D	9,813	D	4,033	E
2035	32,293	D	20,002	E	13,341	D	11,749	D	10,157	D	4,175	E
2036	33,423	D	20,702	F	13,808	D	12,160	D	10,512	D	4,321	E
2037	34,593	D	21,427	F	14,292	D	12,586	D	10,880	D	4,472	E
2038	35,803	D	22,176	F	14,792	D	13,026	D	11,261	D	4,628	E

Año	Tramo 7		Tramo 8		Tramo 9		Tramo 10		Tramo 11		Tramo A		Tramo B	
	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS
2008	4,738	A	13,895	A	2,093	D	3,888	A	5,860	D	4,204	B	1,557	A
2009	4,904	A	14,381	A	2,096	D	3,507	A	5,065	D	4,351	B	1,611	B
2010	5,075	A	14,885	A	2,142	D	3,629	A	5,277	D	4,508	B	1,668	B
2011	5,255	A	15,406	A	2,252	D	3,756	A	5,497	D	4,661	B	1,726	B
2012	5,437	A	15,945	A	2,366	E	3,888	A	5,724	D	4,824	B	1,787	B
2013	5,627	A	16,503	A	2,483	E	4,024	A	5,960	D	4,993	B	1,849	B
2014	5,824	A	17,081	A	2,605	E	4,165	A	6,203	D	5,168	B	1,914	B
2015	6,028	A	17,678	A	2,732	E	4,310	A	6,456	D	5,349	B	1,981	B
2016	6,239	A	18,297	B	2,862	E	4,461	A	6,717	D	5,536	B	2,050	B
2017	6,457	A	18,937	B	2,997	E	4,617	A	6,987	D	5,730	B	2,122	B
2018	6,683	A	19,600	B	3,137	E	4,779	A	7,266	E	5,930	C	2,196	B
2019	6,917	A	20,286	B	3,282	E	4,946	A	7,555	E	6,138	C	2,273	B
2020	7,159	A	20,996	B	3,432	E	5,120	A	7,855	E	6,353	C	2,353	B
2021	7,410	A	21,731	B	3,587	E	5,299	A	8,165	E	6,575	C	2,435	B
2022	7,669	A	22,492	B	3,748	E	5,484	A	8,486	E	6,805	C	2,520	B
2023	7,938	A	23,279	B	3,914	E	5,675	A	8,818	E	7,043	C	2,607	B
2024	8,216	A	24,094	B	4,086	E	5,875	A	9,161	E	7,290	C	2,700	B
2025	8,503	A	24,937	B	4,264	E	6,080	A	9,517	E	7,545	C	2,794	B
2026	8,801	A	25,810	B	4,448	E	6,293	A	9,885	E	7,800	C	2,892	B
2027	9,109	A	26,723	B	4,639	E	6,515	A	10,266	E	8,082	C	2,995	B
2028	9,428	A	27,648	C	4,836	E	6,741	A	10,660	E	8,365	C	3,098	B
2029	9,758	A	28,616	C	5,040	E	6,977	A	11,068	E	8,658	C	3,207	B
2030	10,099	A	29,617	C	5,252	E	7,222	A	11,491	F	8,961	C	3,319	B
2031	10,453	A	30,654	C	5,471	E	7,474	A	11,928	F	9,275	C	3,435	B
2032	10,818	A	31,727	C	5,697	F	7,735	A	12,380	F	9,599	C	3,555	B
2033	11,197	A	32,837	C	5,931	F	8,007	A	12,849	F	9,935	D	3,680	B
2034	11,589	A	33,987	C	6,174	F	8,287	A	13,333	F	10,283	D	3,808	B
2035	11,995	A	35,176	C	6,425	F	8,577	A	13,835	F	10,643	D	3,942	B
2036	12,414	A	36,407	D	6,685	F	8,877	A	14,354	F	11,015	D	4,080	C
2037	12,849	A	37,682	D	6,954	F	9,188	A	14,892	F	11,401	D	4,222	C
2038	13,299	B	39,000	D	7,232	F	9,509	A	15,448	F	11,800	D	4,370	C

**Tabla 34 – Tabla resumen de costos y velocidades con proyecto (primer año de operación)**

Tramo	Costo de operación vehicular (\$/km)			Costo de oportunidad del tiempo (miles de \$/día)			Velocidad (km/hr)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	4.71	16.80	19.22	140.03	15.92	126.57	88	81	65
2. Paso por Ocotlán	5.37	15.30	17.83	321.01	26.15	225.31	38	36	34
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	4.34	13.50	15.24	139.59	42.16	103.12	80	74	61
4. Libramiento Ejutla	4.37	13.50	15.23	76.36	29.00	69.08	77	72	59
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	4.82	16.85	19.16	20.52	7.99	18.11	77	72	59
6. Barranca Larga-Pochutla	5.83	21.41	25.37	627.20	54.27	338.15	50	47	42
7. Pochutla-Ventanilla	4.64	16.72	19.24	333.79	74.49	222.68	94	86	68
8. Ventanilla-Pto. Escondido	4.20	13.43	15.27	254.40	20.40	105.39	92	84	67
9. La Y-Pto-Escondido	5.83	21.41	25.37	1,522.65	106.78	1,147.60	50	47	42
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	5.32	20.66	23.78	126.54	27.13	85.41	86	80	64
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	5.39	20.71	23.75	136.42	18.16	86.81	80	74	61
<b>Proyecto</b>									
A. Libramiento de Ocotlán	4.15	13.30	15.29	70.31	12.91	76.25	105	95	72
B. Barranca Larga-Ventanilla	4.62	16.68	19.25	200.25	115.85	81.55	97	88	69

## 5. Evaluación del PPI

### a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

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

Por lo que se refiere a **costos de inversión**, en el cálculo intervienen la inversión en obra física, sea construcción o modernización, y el mantenimiento de la infraestructura en las dos condiciones indicadas anteriormente. Los montos de inversión en la situación con proyecto están compuestos por la inversión inicial y los gastos programados para el futuro mantenimiento del libramiento.

**Tabla 35- Costos de inversión (MDP)**

Costos de inversión			
Tramos	Pesos corrientes sin IVA	Pesos constantes sin IVA	Pesos constantes con IVA
La Y-Ent. Lib. Ocotlán I	89,526,957	112,813,557	130,863,726.5
Lib. Ocotlán	372,996,364	472,075,163	546,825,714.7
Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	273,374,933	344,011,505	398,070,874.6
Ent. Ejutla II-Barranca Larga	54,132,693	65,607,908	76,105,172.8
Barranca Larga-Ventanilla	7,837,640,693	8,260,650,426	9,582,354,493.7
Pochutla-Ventanilla-Pto. Escondido	1,358,549,293	1,510,815,044	1,750,324,622.5
Pochutla-Ent. Aeropuerto-Huatulco	1,148,750,070	1,198,725,072	1,390,521,083.6
<b>Total</b>	<b>11,134,971,003</b>	<b>11,964,698,675</b>	<b>13,875,065,688.4</b>

Los **costos de mantenimiento y conservación** 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 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 15 años.

**Tabla 36- Costos de mantenimiento y conservación (miles de pesos)**

Tramo	Rutinaria	Periódica (riego de sello)	Periódica (sobrecarpeta)	Reconstrucción
<b>Sin proyecto</b>				
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	1,066	5,160	28,380	77,400
2. Paso por Ocotlán	837	4,050	22,275	60,750
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	1,153	5,580	30,690	83,700
4. Libramiento Ejutla	863	4,176	22,968	62,640
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	223	1,080	5,940	16,200
6. Barranca Larga-Pochutla	9,889	47,850	263,175	717,750
7. Pochutla-Ventanilla	3,503	16,950	93,225	254,250
8. Ventanilla-Pto. Escondido	837	4,050	22,275	60,750
9. La Y-Pto-Escondido	14,148	68,460	376,530	1,026,900
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	1,717	8,310	45,705	124,650
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	980	4,740	26,070	71,100
<b>Total sin proyecto</b>	<b>35,216</b>	<b>170,406</b>	<b>937,233</b>	<b>2,556,090</b>
<b>Con proyecto</b>				
1. La Y-Ent. Libr. Ocotlán I	1,280	6,192	34,056	92,880
2. Paso por Ocotlán	837	4,050	22,275	60,750
3. Ent. Ocotlán II-Ent. Ejutla I	1,384	6,696	36,828	100,440
4. Libramiento Ejutla	863	4,176	22,968	62,640
5. Ent. Ejutla II-Barranca Larga	268	1,296	7,128	19,440
6. Barranca Larga-Pochutla	9,889	47,850	263,175	717,750
7. Pochutla-Ventanilla	7,006	33,900	186,450	508,500
8. Ventanilla-Pto. Escondido	1,674	8,100	44,550	121,500
9. La Y-Pto-Escondido	14,148	68,460	376,530	1,026,900
10. Pochutla-Ent. Aeropuerto	4,122	19,944	109,692	299,160
11. Ent. Aeropuerto-Huatulco	1,176	5,688	31,284	85,320
A. Libramiento de Ocotlán	1,190	5,760	31,680	86,400
B. Barranca Larga-Ventanilla	7,752	37,512	206,316	562,680
<b>Total con proyecto</b>	<b>51,589</b>	<b>249,624</b>	<b>1,372,932</b>	<b>3,744,360</b>

## 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 del Cuadro 2 del Boletín Notas 164, publicado por el IMT. De acuerdo con estudios realizados por el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$45.52 y por motivo de placer de \$27.31 pesos por hora, actualizado a 2017. Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 65.2% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 34.8% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 37- Configuración del valor del tiempo**

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	45.52	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	27.31	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	65.2%	%
Número de pasajeros auto	2.32	pas/veh
Número de pasajeros autobús	20.49	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	19.37	ton/veh

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 38- Beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación del proyecto**

Costos (miles de pesos)	Sin Proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Por tiempo de viaje del tránsito	4,773,581	2,630,294	2,143,287

**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

471<sup>2</sup>, 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.

**Tabla 39- Variables para el cálculo del COV**

PARÁMETRO	UNIDAD	Automóvil	Autobús	Camión
Utilización del vehículo				
1 No. kilómetros conducidos por año	Km	20,000.00	240,000.00	180,000.00
2 No. horas conducidas por año	Horas	1,716.00	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?	1=Si 0=No	1.00	1.00	1.00
6 Edad del vehículo en kilómetros	Km	70,000.00	750,000.00	600,000.00
7 Número de pasajeros por vehículo	#	2.00	23.00	0.00
Costos unitarios				
1 Precio del vehículo nuevo	\$	232,335.00	2,169,720.00	1,116,138.00
2 Costo del combustible	\$/litro	11.05	11.57	11.57
3 Costo de los lubricantes	\$/litro	27.30	26.65	26.65
4 Costo por llanta nueva	\$/llanta	970.00	2,790.00	2,605.00
5 Tiempo de los operarios	\$/hora	23.29	66.64	53.40
6 Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00	0.00	0.00
7 Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	22.10	57.20	38.02
8 Retención de la carga	\$/hora	0.00	0.00	0.00
9 Tasa de interés anual real	%	1.53	1.53	1.53
10 Costos indirectos por vehículo-km	\$	0.36	1.09	1.21

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. Los costos de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo y se encuentran en la memoria de cálculo.

La siguiente tabla presenta los costos totales de operación vehicular (miles de pesos por año) para las situaciones sin y con proyecto.

**Tabla 40- Beneficios por ahorro en costos de operación para el primer año de operación del proyecto**

Costos (miles de pesos)	Sin proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Operación vehicular del tránsito	10,968,846	9,240,675	1,728,171

2 Publicación Técnica No. 471, IMT. Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2016; José Antonio Arroyo Osorno, Guillermo Torres Vargas, José Alejandro González García, Salvador Hernández García.

### c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Los indicadores resultantes se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 41- Indicadores de rentabilidad**

Proyecto	TIR (%)	VPN (pesos)	TRI (%)
Oaxaca-Pto. Escondido-Huatulco	21.43	16,203,513,423	20.91

### 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 con respecto al monto de la inversión, a los costos de mantenimiento y a la demanda, modificando las cifras del 60% al 140% respecto del valor programado. Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 42- Sensibilidad a la Inversión**

Porcentaje	INVERSIÓN (MDP)	TIR (%)	VPN (mdp)	TRI (%)
140%	16,750.58	18.2%	13,671,562	14.9%
130%	15,554.11	18.9%	14,304,550	16.1%
120%	14,357.64	19.6%	14,937,538	17.4%
110%	13,161.17	20.5%	15,570,525	19.0%
100%	11,964.70	21.4%	16,203,513	20.9%
90%	10,768.23	22.5%	16,836,501	23.2%
80%	9,571.76	23.7%	17,469,489	26.1%
70%	8,375.29	25.1%	18,102,477	29.9%
60%	7,178.82	26.7%	18,735,465	34.8%

Este análisis de sensibilidad muestra que aun aumentando en un 40% el monto de la inversión, el proyecto sería rentable económicamente. Al aumentar 3.6 veces la inversión, el VPN sería cero. Al aumentar 2.1 veces la inversión, la TRI sería 10%.

**Tabla 43- Sensibilidad a los costos de Mantenimiento y Conservación**

Porcentaje	TIR (%)	VPN (mdp)	TRI (%)
140%	21.3%	16,046,175	20.7%
130%	21.4%	16,085,510	20.7%
120%	21.4%	16,124,844	20.8%
110%	21.4%	16,164,179	20.9%
100%	21.4%	16,203,513	20.9%
90%	21.5%	16,242,848	21.0%
80%	21.5%	16,282,183	21.0%
70%	21.5%	16,321,517	21.1%
60%	21.5%	16,360,852	21.1%

Este análisis muestra que aún aumentando un 40% los costos de conservación, el proyecto sería rentable. Asimismo, se presenta poca sensibilidad a la variación de estos costos.

**Tabla 44- Sensibilidad a la demanda**

Porcentaje	TIR (%)	VPN (mdp)	TRI (%)
140%	27.7%	28,424,430	61.3%
130%	27.5%	27,116,712	58.2%
120%	26.2%	24,448,627	43.3%
110%	24.1%	20,630,916	30.9%
100%	21.4%	16,203,513	20.9%
90%	18.6%	11,645,473	14.4%
80%	15.6%	6,868,857	10.1%
70%	12.3%	2,357,011	7.1%
60%	8.5%	(1,161,922)	4.7%

Este análisis muestra que al disminuir la demanda al 70% el proyecto no sería rentable. Con el 64% de la demanda el VPN sería cero, y al disminuir la demanda al 80% la TRI sería 10%.

**e) Análisis de riesgos**

Descripción	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Valor	Mitigación
Riesgo de adquisición de derecho de vía	Alto	Media	0.8	<p>Actualizar proceso de pago a propietarios de predios convenidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecución de obras de infraestructura concernientes a predios por afectar (calles laterales, caminos de acceso, obras hidráulicas y sanitarias, etc.).</li> <li>Integración de bienes distintos a la tierra (BDT) en los montos de pago por indemnización, según corresponda.</li> </ul> <p>Lo realizará el Gobierno Federal con recursos fiscales</p>
Riesgos en la licitación (declaración desierta, demora en la adjudicación del contrato, impugnación)	Medio	Baja	0.3	<p>Realización de talleres informativos (técnico, legal, económico y tecnológico).</p> <p>Lo realizará el Gobierno Federal con recursos fiscales</p>
Riesgo de diseño	Medio	Baja	0.3	<p>Soporte técnico en terracerías, estructuras, drenajes, señalamiento, obras adicionales. Integrar medidas preventivas.</p> <p>Lo realizarán las empresas consultoras con recursos privados.</p>
Riesgo de sobrecostos en la construcción	Alto	Baja	0.6	<p>Evaluar e integrar costos por obra adicional (reservas, cambio de uso de suelo, bancos de materiales, programas de protección de flora y fauna).</p> <p>Lo realizará la empresa constructora con recursos privados.</p>

Descripción	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Valor	Mitigación
Riesgo de atrasos en la construcción	Medio	Media	0.5	Desarrollar programas de obra con frentes y partidas alternas. Lo realizará la empresa constructora con recursos privados.
Riesgos ambientales (normatividad)	Medio	Media	0.5	Ejecutar las acciones de mitigación previas. Lo realizará el Gobierno Federal con recursos fiscales
Riesgos de catástrofes naturales	Medio	Baja	0.3	Considerar los impactos inmersos en los fondos de obras adicionales, así como en seguros. Lo realizará el Gobierno Federal con recursos fiscales
Riesgos legales (contractuales, normativa aplicable, cambios en la legislación)	Bajo	Baja	0.1	Revisar título de concesión y anexos, incluir variables en el concepto "penalización por incumplimiento y revocación de la concesión". Lo realizará el Gobierno Federal con recursos fiscales
Riesgo de aumento de costos de operación y/o mantenimiento	Medio	Baja	0.3	Diseñar esquemas para obtención de fondos adicionales. Lo realizará el Gobierno Federal con recursos fiscales

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

La evaluación del proyecto indica que es una obra de infraestructura económicamente rentable.

El proyecto presenta ahorros significativos en tiempos de recorrido y costos de operación vehicular para los usuarios en comparación con la inversión requerida; mejorará el nivel de servicio ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario, al garantizar una circulación rápida, fluida y segura de los vehículos. De esta manera, esta obra contribuye con el cumplimiento de lo establecido en el Programa Nacional de Infraestructura 2013-2018. El proyecto permitirá dar continuidad y una mejor comunicación al tránsito que actualmente circula por las carreteras entre Oaxaca-Pto. Escondido y Huatulco. Los indicadores de la evaluación son: TIR = 21.43%, VPN = 16,203,513,423 pesos, TRI = 20.91%, lo cual indica que es un proyecto rentable económicamente y es el momento adecuado para su realización.

En síntesis, con la construcción de este proyecto, la operación vehicular de la red se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Aumentar las velocidades de operación.
- Reducir los tiempos de recorrido.
- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios, al contar con acotamientos.
- Dar seguridad a los usuarios.
- Mejorar los niveles de servicio.
- Fomentar el desarrollo del turismo en la región.

## 7. Anexos

Anexo	Concepto	Descripción
Anexo A	Estudios Técnicos	Oficio de factibilidades
Anexo B	Estudios Legales	Oficio de factibilidades
Anexo C	Estudios Ambientales	Oficio de factibilidades
Anexo D	Estudios de Mercado	Informe final del estudio de mercado
Anexo E	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI	Archivo adjunto con la memoria de cálculo

## 8. Bibliografía

1. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (“SCT”), “Costos de Operación Vehicular y Conservación”, Noviembre 2014.
2. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (“SCT”), “Programa de inversiones en infraestructura de transporte y comunicaciones 2013-2018”, Julio 2013.
3. Sistema Nacional de Información Municipal – Secretaría de Gobernación (“SEGOB”), “Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México”, Consultado en Noviembre 2013.
4. Instituto Mexicano del Transporte – Secretaría de Comunicaciones y Transportes (“SCT”), “Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2015”, Enero/Febrero 2015.
5. Consejo Nacional de Población (“CONAPO”) – Secretaría de Gobernación (“SEGOB”), “Proyecciones de la Población / De los Municipios de México 2010 - 2030”, [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/De\\_los\\_municipios\\_de\\_Mexico\\_2010\\_-\\_2030](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/De_los_municipios_de_Mexico_2010_-_2030), Última Modificación: Lunes 22 de julio de 2013 a las 16:00:54 por Auralet Ojeda Lavín.

### Responsables de la Información

**Ramo:** Comunicaciones y Transportes

**Entidad:** Oaxaca

**Área Responsable:** Dirección General de Desarrollo Carretero

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

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Ing. Carlos Bussey Sarmiento	Director General de Desarrollo Carretero		21/06/2017

Versión	Fecha
4	21 de junio de 2017

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