



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS – ORIENTACIÓN TRANSPORTE

ANÁLISIS TÉCNICO Y SOCIAL PARA PRIORIZAR LA CONSERVACIÓN DE LA  
RED FEDERAL LIBRE DE PEAJE

## **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ING. IRENE NALLELY MONTERO AGUILAR

TUTOR:

M.I. HÉCTOR DANIEL RESÉNDIZ LÓPEZ  
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., noviembre 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Aceves García Ricardo  
Secretario: Dr. Chías Becerril Luis  
1er. Vocal: M.I. Reséndiz López Héctor Daniel  
2do. Vocal: M.I. Rivera Colmenero José Antonio  
3er. Vocal: M.I. Guzmán Castro Luis Alejandro

Ciudad de México, noviembre 2016

**TUTOR DE TESIS**

M.I. Héctor Daniel Reséndiz López

-----  
**FIRMA**



“LA FAMILIA ES DONDE COMIENZA LA VIDA Y EL AMOR NUNCA TERMINA”

MUCHAS GRACIAS FAMA POR SU APOYO Y AMOR INCONDICIONAL



## AGRADECIMIENTOS:

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POR DARME LA OPORTUNIDAD DE CONCLUIR UN SUEÑO MÁS. A MI TUTOR M.I. HÉCTOR D. RESÉNDIZ LÓPEZ POR TODO SU TIEMPO, CREATIVIDAD Y ASESORÍA PARA ESTE TRABAJO, A MIS PROFESORES Y SINODALES: DR. RICARDO ACEVES GARCÍA, DR. LUIS CHÍAS, M.I. JOSÉ ANTONIO RIVERA COLMENERO Y M.I. ALEJANDRO GUZMÁN CASTRO, GRACIAS POR SU DEDICACIÓN DENTRO Y FUERA DEL AULA. AL GEOG. ARMANDO MARTÍNEZ POR SU VALIOSO APOYO EN EL PROCESO DE SEGMENTACIÓN DINÁMICA. A LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES POR PERMITIRME SEGUIR PREPARANDO.





## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO 1. IMPORTANCIA DE LAS CARRETERAS .....	14
Antecedentes sobre la competitividad en infraestructura .....	15
Anuario de Competitividad Mundial, IMD .....	17
Índice de Desempeño Logístico, Banco Mundial.....	19
Reporte Global de Competitividad, Foro Económico Mundial.....	21
Análisis de Competitividad en Infraestructura en México .....	24
Importancia de las carreteras en la actividad económica en México .....	26
Características de la Red Federal Libre de Peaje .....	29
CAPÍTULO 2. LA GESTIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS .....	33
Retos en la planeación de la conservación de carreteras.....	34
Criterios para clasificar el estado físico de las carreteras .....	36
El deterioro del estado físico de las carreteras .....	37
Estrategia de conservación del Programa Nacional de Conservación de Carreteras .....	39
Costos y beneficios de la conservación de carreteras.....	41
Costo de Operación Vehicular .....	42
Seguridad vial.....	43
Ahorro en el tiempo de recorrido .....	44
Estrategia alternativa para la conservación de carreteras secundarias .....	45
Componentes y criterios de selección .....	45
Método de selección de estados prioritarios .....	50
Caracterización de la infraestructura de la zona de estudio .....	55
Caracterización de la operación del transporte carretero en la zona de estudio.....	59
Selección de ruta con prioridad de conservación en la zona de estudio .....	63
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS GEOESPACIAL PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS .....	66
Utilidad de la geotecnología en la gestión de la conservación de carreteras.....	67
Georreferenciación de datos mediante la segmentación dinámica en un SIG .....	69
Índice de Rugosidad Internacional, deflexiones y roderas .....	71
Georreferenciación de IRI, deflexiones y roderas .....	72
Indicadores sociales para la priorización de la conservación de carreteras .....	72
Población municipal beneficiada .....	74
Índice de Marginación municipal.....	74
Índice de Desarrollo Humano municipal.....	83
Valor Agregado Censal Bruto municipal.....	87
Integración de resultados del análisis .....	93

CONCLUSIONES .....	103
ANEXO TÉCNICO .....	107
Información técnica .....	108
IRI.....	108
Deflexión.....	111
Coeficiente de fricción .....	112
Inventario de daños.....	113
Información de tránsito .....	114
Promedio ponderado del Tránsito Diario Promedio Anual.....	115
TDPA ponderado de la RFLP de Oaxaca, periodo 2010-2014 .....	120
Tasa de crecimiento .....	127
Composición vehicular .....	128
Tipos de mantenimiento .....	129
Listado de municipios dentro del área de influencia de la ruta 175.....	130
ANEXO DE MAPAS .....	133
GLOSARIO .....	142
REFERENCIAS .....	143

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Factores, sub-factores y número de criterios del índice de competitividad del IMD.</i> .....	17
<i>Cuadro 2. Primeros diez lugares del Índice Global de Competitividad e Infraestructura, IMD.</i> .....	19
<i>Cuadro 3. Posición de México 2011-2015, IMD.</i> .....	19
<i>Cuadro 4. Primeros diez lugares del Índice de Desempeño Logístico, Banco Mundial.</i> .....	20
<i>Cuadro 5. Posición de México, Banco Mundial.</i> .....	21
<i>Cuadro 6. Subíndices y pilares que integran el IGC, FEM.</i> .....	22
<i>Cuadro 7. Primeros diez lugares del IGC 2014-2015, FEM.</i> .....	23
<i>Cuadro 8. Posición de México 2011-2015, FEM.</i> .....	23
<i>Cuadro 9. Países con Producto Interno Bruto per cápita similar a México.</i> .....	24
<i>Cuadro 10. Jurisdicción de la RFLP por entidad.</i> .....	30
<i>Cuadro 11. Entidades con valores más altos de RFLP por km<sup>2</sup>.</i> .....	31
<i>Cuadro 12. Valor del tiempo nacional y regional, 2016.</i> .....	44
<i>Cuadro 13. Porcentaje de red secundaria a nivel nacional.</i> .....	47
<i>Cuadro 14. Número de habitantes a nivel nacional.</i> .....	48
<i>Cuadro 15. Índice y grado de marginación a nivel nacional.</i> .....	50
<i>Cuadro 16. Valores de los componentes para definir la zona de estudio.</i> .....	51
<i>Cuadro 17. Resultados del proceso de normalización.</i> .....	54
<i>Cuadro 18. Carreteras que integran la RFLP de Oaxaca.</i> .....	57
<i>Cuadro 19. Rutas que forman la RFLP de Oaxaca.</i> .....	59
<i>Cuadro 20. Carreteras y tramos de la RFLP que integran la ruta 175 en el estado de Oaxaca.</i> .....	64

Cuadro 21. Parámetros para IRI y deflexiones. ....	71
Cuadro 22. Clasificación de la población y municipios a nivel nacional por índice de marginación. ....	75
Cuadro 23. Clasificación de la población y municipios en función del índice de marginación en el estado de Oaxaca. ....	75
Cuadro 24. Clasificación de la población y municipios en función del índice de marginación para la Ruta 175 en Oaxaca. ....	79
Cuadro 25. Clasificación de la población y municipios en función del IDH en el estado de Oaxaca. ....	83
Cuadro 26. Clasificación de la población y municipios en función del IDH para la Ruta 175 en Oaxaca. ....	87
Cuadro 27. Clasificación de la población y municipios en función del VACB en el estado de Oaxaca. ....	89
Cuadro 28. Clasificación de la población y municipios en función del VACB para la Ruta 175 en Oaxaca. ....	89
Cuadro 29. Resumen de indicadores técnicos y sociales para la Ruta 175 en el estado de Oaxaca. ....	96
Cuadro 30. Clasificación de vehículos en Datos Viales. ....	114
Cuadro 31. Clasificación de carreteras en función del TDPA. ....	115
Cuadro 32. Datos viales de la carretera Oaxaca-Tehuantepec. ....	117
Cuadro 33. Clasificación de vehículos en Datos Viales. ....	118
Cuadro 34. Composición vehicular para la carretera Oaxaca-Tehuantepec. ....	128
Cuadro 35. Municipios dentro del área de influencia de la ruta 175. ....	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contenido del capítulo 1. ....	15
Figura 2. Transformación del antiguo camino México-Cuernavaca. ....	28
Figura 3. Contenido del Capítulo 2. ....	34
Figura 4. Proceso para generar el Programa Nacional de Conservación de Carreteras. ....	41
Figura 5. Entidades que cumplen con los criterios de cada componente para definir la zona de estudio. ....	51
Figura 6. Contenido del Capítulo 3. ....	66
Figura 7. Proceso de la gestión de conservación de carreteras. ....	67
Figura 8. Propuesta del proceso de la gestión de conservación de carreteras, para la red secundaria. ....	68
Figura 9. Proceso de Segmentación Dinámica. ....	70
Figura 10. Daños en la carretera Tuxtepec-Oaxaca, kilómetro 101.3. ....	93
Figura 11. Daños en la carretera Tuxtepec-Oaxaca, kilómetro 102.8. ....	94
Figura 12. Daños en la carretera Oaxaca-Puerto Ángel, kilómetro 110.3. ....	95
Figura 13. Daños en la carretera Oaxaca-Puerto Ángel, kilómetro 133.8. ....	95
Figura 14. Propuesta del proceso de la gestión de conservación de carreteras, para la red secundaria. ....	104
Figura 15. Representación gráfica del modelo "cuarto de carro". ....	109
Figura 16. Escala de valores IRI. ....	110
Figura 17. Equipos de medición para IRI y roderas. ....	110
Figura 18. Deflectómetro de alto impacto y cuenca de deflexiones. ....	111
Figura 19. Equipo MuMeter. ....	113
Figura 20. Pantalla de la consulta de Datos Viales. ....	116
Figura 21. Diagrama de TDPA de la Ruta 190 en el estado de Oaxaca. ....	119

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Comparación infraestructura del IGC, 2010-2014. ....	25
Gráfica 2. Movimiento de personas y carga en 2014. ....	26
Gráfica 3. Distribución de la RFLP por tipo de red. ....	31
Gráfica 4. Evolución del estado físico de la RFLP 2004-2014. ....	37
Gráfica 5. Deterioro de los caminos con el transcurso del tiempo. ....	38
Gráfica 6. Porcentaje del estado físico de conservación de la RFLP a finales de 2014. ....	46
Gráfica 7. TDPA ponderado de la RFLP en Oaxaca. ....	60
Gráfica 8. Composición vehicular de la RFLP de Oaxaca. ....	62
Gráfica 9. TDPA ponderado de la carretera Tehuacán-Huajuapán de León, Ruta 125. ....	121
Gráfica 10. TDPA ponderado de la carretera T. Yucudaa–Pinotepa Nacional, Ruta 125. ....	121
Gráfica 11. TDPA ponderado de la carretera Tehuacán–Oaxaca, Ruta 131. ....	121
Gráfica 12. TDPA ponderado de la carretera Oaxaca–Puerto Escondido, Ruta 131. ....	122
Gráfica 13. TDPA ponderado de la carretera Tuxtepec–Matías Romero, Ruta 147. ....	122
Gráfica 14. TDPA ponderado de la carretera Alvarado–Tuxtepec, Ruta 175. ....	122
Gráfica 15. TDPA ponderado de la carretera Tuxtepec–Oaxaca, Ruta 175. ....	123
Gráfica 16. TDPA ponderado de la carretera Oaxaca–Puerto Ángel, Ruta 175. ....	123
Gráfica 17. TDPA ponderado de la carretera Milla–Playa San Vicente, Ruta 179. ....	123
Gráfica 18. TDPA ponderado de la carretera Teotitlán–Tuxtepec, Ruta 182. ....	124
Gráfica 19. TDPA ponderado de la carretera Coatzacoalcos–Salina Cruz, Ruta 185. ....	124
Gráfica 20. TDPA ponderado de la carretera Puebla–Huajuapán de León, Ruta 190. ....	124
Gráfica 21. TDPA ponderado de la carretera Huajuapán de León–Oaxaca, Ruta 190. ....	125
Gráfica 22. TDPA ponderado de la carretera Oaxaca–Tehuantepec, Ruta 190. ....	125
Gráfica 23. TDPA ponderado de la carretera La Ventosa–Tapanatepec, Ruta 190. ....	125
Gráfica 24. TDPA ponderado de la carretera Tapanatepec–Tuxtla Gutiérrez, Ruta 190. ....	126
Gráfica 25. TDPA ponderado de la carretera Acapulco–Pinotepa Nacional, Ruta 200. ....	126
Gráfica 26. TDPA ponderado de la carretera Pinotepa Nacional–Salina Cruz, Ruta 200. ....	126
Gráfica 27. TDPA ponderado de la carretera Tapanatepec–Talismán, Ruta 200. ....	127

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Infraestructura de Transporte en el estado de Oaxaca. ....	58
Mapa 2. Red Federal Libre de Peaje del estado de Oaxaca. ....	58
Mapa 3. TDPA en la RFLP de Oaxaca. ....	61
Mapa 4. Porcentaje de vehículos pesados de la RFLP de Oaxaca. ....	61
Mapa 5. Tasa de crecimiento del TDPA de la RFLP de Oaxaca, 2010-2014. ....	63
Mapa 6. Área de influencia de la Ruta 175 en Oaxaca. ....	73
Mapa 7. Población municipal de Oaxaca, 2010. ....	76
Mapa 8. Población municipal de Oaxaca, 2010. Detalle 1. ....	77
Mapa 9. Población municipal de Oaxaca, 2010. Detalle 2. ....	78
Mapa 10. Marginación municipal en Oaxaca. ....	80
Mapa 11. Marginación municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 1. ....	81
Mapa 12. Marginación municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 2. ....	82
Mapa 13. Índice de Desarrollo Humano a nivel municipal en Oaxaca. ....	84
Mapa 14. Índice de Desarrollo Humano a nivel municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 1. ....	85

Mapa 15. Índice de Desarrollo Humano a nivel municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 2. ....	86
Mapa 16. Valor Agregado Censal Bruto a nivel municipal en Oaxaca. ....	90
Mapa 17. Valor Agregado Censal Bruto a nivel municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 1. ....	91
Mapa 18. Valor Agregado Censal Bruto a nivel municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 2. ....	92
Mapa 19. Tramo en condiciones no satisfactorias, carretera Tuxtepec-Oaxaca. ....	99
Mapa 20. Tramo en condiciones no satisfactorias, carretera Oaxaca-Puerto Ángel. ....	100
Mapa 21. Infraestructura de Transporte en el estado de Oaxaca. ....	134
Mapa 22. Red Carretera de Oaxaca. ....	135
Mapa 23. Red Federal Libre de Peaje de Oaxaca. ....	136
Mapa 24. TDPA en la RFLP de Oaxaca. ....	137
Mapa 25. Porcentaje de vehículos pesados de la RFLP de Oaxaca. ....	138
Mapa 26. Tasa de crecimiento del TDPA de la RFLP de Oaxaca, 2010-2014. ....	139
Mapa 27. Estado Físico de la Ruta 175 en Oaxaca. ....	140
Mapa 28. Estado Físico y Área de Influencia de la Ruta 175 en Oaxaca. ....	141

## INTRODUCCIÓN

Una infraestructura de transporte robusta y en buen estado, le ofrece ventajas competitivas a un país, ya que aumenta la seguridad en los traslados, permite una reducción en los tiempos de recorrido y en los costos logísticos, con lo cual el intercambio de bienes y servicios se desarrolla de una mejor manera. El Banco Mundial plantea que al mejorar la logística se reducen los costos comerciales, por lo que la logística es el núcleo de las políticas que permiten reforzar la competitividad, fomentar un crecimiento económico y aumentar la integración comercial. Así mismo, el Foro Económico Mundial (FEM) considera fundamental contar con una infraestructura extensa que garantice el funcionamiento eficaz de la economía, esto permite determinar la ubicación de la actividad económica y el tipo de actividades o sectores que pueden desarrollarse dentro de un país, ya que una infraestructura desarrollada reduce el efecto de la distancia entre regiones, integra el mercado nacional y lo conecta a bajo costo con los mercados internacionales; además, la calidad y extensión de las redes de infraestructura afectan significativamente el crecimiento económico y reducen las desigualdades de ingresos y la pobreza de diversas maneras.

A nivel mundial las carreteras son el principal activo del transporte, debido a que su extensión global es de millones de kilómetros, por ejemplo, la longitud de las redes carreteras y de autopistas de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE) es de 16.27 millones de kilómetros, mientras que el diámetro de la Tierra es de tan solo 12,742 kilómetros<sup>1</sup>. Así mismo, el valor patrimonial de una red carretera nacional es muy elevado, tan solo la red estratégica de carreteras de Londres, que está integrada por 580 km lineales, tiene un valor patrimonial de cerca de 5,000 millones de libras<sup>2</sup>. Además, mantener una red vial en buenas condiciones es muy importante, ya que la conservación vial controla el valor de la depreciación de la infraestructura y determina el impacto de la red en los usuarios de las carreteras y en la sociedad<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> (OECD, 2013).

<sup>2</sup> (PIARC (World Road Association), 2012).

<sup>3</sup> (PIARC (World Road Association), 2014).

Los caminos en mal estado difícilmente desmotivan a los usuarios a usarlos o causan una reducción de tránsito, por el contrario, aumentan el costo del transporte terrestre, que es el principal medio para el transporte de personas y mercancías. A medida que aumentan los deterioros en los caminos, los Costos de Operación Vehicular (COV) aumentan y estos son pagados directamente por los usuarios, ya que el costo por carretera limita la ubicación de las actividades económicas, obstaculizan la movilidad, incrementan las tasas de accidentes, agravan el aislamiento, la pobreza, la mala salud y el analfabetismo en las comunidades rurales, obstaculiza la integración de los mercados económicos e imposibilitan a las actividades que dependen del transporte<sup>4</sup>.

El proceso de conservación de carreteras es complejo, ya que las actividades dedicadas a la conservación se prolongan a lo largo del tiempo, a diferencia de las actividades de construcción que cuentan con un inicio, desarrollo y fin determinados, la conservación se realiza hasta que se deja de usar la infraestructura; además, las necesidades de conservación de una red vial están determinadas por sus características estructurales: edad, clima, tráfico, normas de diseño, calidad de la construcción y mantenimiento.

En México, el transporte carretero es fundamental en la actividad económica, tan solo en 2014 fue el medio para movilizar a cerca del 96% de los pasajeros y a más del 55% de la carga total a nivel nacional<sup>5</sup>. Debido a la relevancia que tienen las carreteras en la actividad económica del país y los beneficios que genera contar con una red carretera bien conservada, la hipótesis de este trabajo es la siguiente: "Los tramos carreteros con tránsito menor también requieren de trabajos de conservación oportunos, no sólo cuando su estado físico es tal, que el trabajo de conservación es urgente; por lo que al considerar variables técnicas y socioeconómicas, se proporciona información de interés para que los tomadores de decisiones consideren brindar la atención necesaria a dichos tramos".

En esta investigación se realizó un análisis geoespacial y estadístico utilizando variables técnicas y sociales en la zona de estudio, con el objetivo de complementar la selección de tramos prioritarios para el Programa Nacional de Conservación de Carreteras (PNCC), considerando como población beneficiada no solo a la que se encuentra en zonas que tienen gran desarrollo y por ende un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) alto, sino que, se busca detectar los tramos carreteros que se encuentran en zonas de rezago y así poder beneficiar a su población, a través de una conservación adecuada, esto permitiría justificar

---

<sup>4</sup> (Harral, 1988).

<sup>5</sup> (INEGI, 2016).



la atención oportuna y no urgente en tramos que aparentemente son poco rentables con respecto a otros.

Los objetivos particulares son los siguientes:

- **Capítulo 1:** Plantear los beneficios que ofrece una adecuada conservación de carreteras, comparar los indicadores de competitividad en infraestructura de México contra países de características similares y explicar la importancia de las carreteras en la actividad económica en México.
- **Capítulo 2:** Presentar de manera actualizada la situación de la conservación de carreteras en la Red Federal Libre de Peaje (RFLP) en México, explicar los beneficios directos que ofrece una red carretera que cuenta con una adecuada conservación y proponer una estrategia de conservación para las carreteras secundarias.
- **Capítulo 3:** Realizar el análisis geoespacial que permita identificar tramos carreteros que requieren atención de conservación, utilizando indicadores técnicos y sociales.

## CAPÍTULO 1. IMPORTANCIA DE LAS CARRETERAS

El objetivo de este capítulo es plantear los principales beneficios que ofrece la infraestructura carretera para un país. Esto se aborda desde el enfoque de competitividad, por lo que se presentan las componentes que integran las metodologías utilizadas por el *International Institute for Management Development* (IMD), el Banco Mundial y el FEM<sup>6</sup> para medir la competitividad. Cabe destacar que dentro de estos componentes, las tres metodologías integran la infraestructura de transporte como un componente fundamental, donde la infraestructura carretera tiene una presencia relevante.

En seguida se presenta un análisis de los datos que se publicaron en el Índice Global de Competitividad del FEM en el periodo 2010-2014. Se compara el país de interés en este trabajo que es México contra países que tienen un Producto Interno Bruto (PIB) per cápita similar y que cuentan con información completa, estos países son: Turquía, Malasia y Panamá.

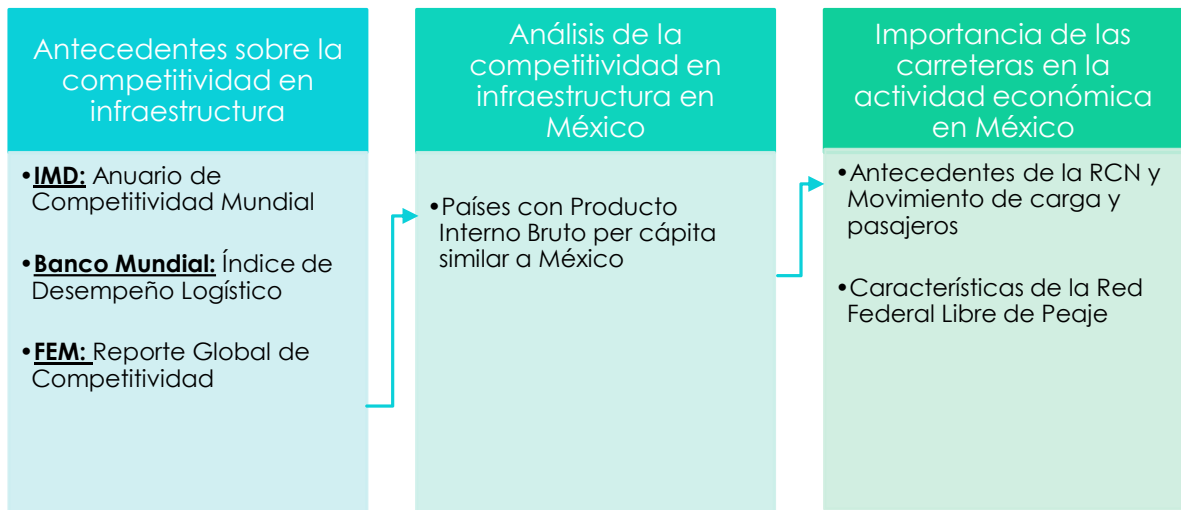
En la parte final de este capítulo se presentan las diferentes jurisdicciones de la Red Carretera Nacional (RCN) así como una breve historia de sus inicios y como ha sido su evolución hasta hoy. Así mismo se muestran las características de la RFLP<sup>7</sup>, la longitud que cada estado tiene de esta red, la superficie de cada estado y su densidad carretera. El contenido del capítulo 1 se encuentra en la *Figura 1*.

---

<sup>6</sup> Foro Económico Mundial.

<sup>7</sup> Red Federal Libre de Peaje.

Figura 1. Contenido del capítulo 1.



Fuente: Elaboración propia.

---

## ANTECEDENTES SOBRE LA COMPETITIVIDAD EN INFRAESTRUCTURA

---

Una infraestructura de transporte integrada y en buen estado, le ofrece ventajas competitivas a un país, ya que aumenta la seguridad en los traslados, permite una reducción en los tiempos de recorrido y en los costos logísticos, con lo cual el intercambio de bienes y servicios se desarrolla de una mejor manera. Si además existe, una calidad óptima en la infraestructura de comunicaciones y se cuenta con las condiciones adecuadas que permitan desarrollar ciencia y tecnología y un incremento en la fuerza de trabajo altamente calificada, se contará con algunas de las condiciones necesarios que permiten generar productos innovadores, con los que las empresas pueden competir a nivel mundial, ya que la innovación y mejora continua son los factores más importantes para la competitividad a largo plazo<sup>8</sup>.

La competitividad se puede definir como la relación en que los precios de los bienes y servicios de un país pueden fijarse para competir con los de los otros países. Por lo que un país pierde competitividad si los precios de sus productos son demasiados altos, en comparación con los de países competidores. Sin embargo, esta definición ha evolucionado, al considerar el crecimiento económico, la productividad nacional y el

---

<sup>8</sup> (Gracia Hernández, 2008).

bienestar de la población como elementos necesarios en la competitividad. A continuación, se presentan cinco definiciones de instituciones reconocidas a nivel mundial:

- *IMD: Es un campo del conocimiento económico, que analiza los factores y las políticas que dan forma a la capacidad de una nación para crear y mantener un ambiente que sustente la creación de valor para las empresas y aumente la prosperidad para las personas<sup>9</sup>.*
- *FEM: Conjunto de instituciones, políticas y factores, que determinan el nivel de productividad de un país. El nivel de productividad a su vez, determina el nivel de prosperidad que puede alcanzarse en una economía<sup>10</sup>.*
- *OCDE: Concepto utilizado a menudo para analizar el desempeño macroeconómico de los países, en el cual se comparan diversas características económicas, que pueden ayudar a explicar las tendencias internacionales de comercio entre un país y sus socios comerciales<sup>11</sup>.*
- *Banco Mundial: La competitividad es fundamental para estimular el crecimiento del sector privado y la creación de empleo. Una mejor integración en los flujos mundiales de comercio e inversión, ayuda a las empresas a ser competitivas y esto a su vez, genera mayores ingresos a través de empleos mejor remunerados<sup>12</sup>.*
- *IMCO: Capacidad que tiene un país o región para atraer y retener inversión y talento<sup>13</sup>.*

Existen varias metodologías para medir la competitividad de un país, a continuación, se presentan las características de tres importantes índices:

- Anuario de Competitividad Mundial, IMD.
- Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial.
- Reporte Global de Competitividad, que genera el FEM.

---

<sup>9</sup> *International Institute for Management Development. (IMD, 2015).*

<sup>10</sup> *Foro Económico Mundial. (World Economic Forum, 2014).*

<sup>11</sup> *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (Durand & Giorno, 1987).*

<sup>12</sup> *(World Bank, 2015).*

<sup>13</sup> *Instituto Mexicano para la Competitividad, A.C. (IMCO, 2015).*

---

ANUARIO DE COMPETITIVIDAD MUNDIAL, IMD

---

El IMD es una escuela de negocios muy destacada ubicada en la ciudad de Lausana, en Suiza y es la institución responsable del Centro de Competitividad Mundial, el cual desde 1989 publica el Anuario de Competitividad Mundial.

El anuario es un reporte de competitividad que combina variables de resultado, como el desempeño económico, la eficiencia del gobierno y del sector empresarial y variables relacionadas con el desarrollo de infraestructura. Los datos se obtienen de estadísticas internacionales y nacionales, así como de la Encuesta de Opinión Ejecutiva que el IMD realiza anualmente a un panel internacional de expertos. Se mide la competitividad de 61 países con base en 342 criterios, agrupados en 20 sub-factores que a su vez integran 4 factores principales, en el Cuadro 1 se pueden apreciar con más detalle.

*Cuadro 1. Factores, sub-factores y número de criterios del índice de competitividad del IMD.*

Factores	Sub-factores	No. de criterios
Actuación económica	1. Economía doméstica 2. Comercio internacional 3. Inversión internacional 4. Empleo 5. Precios	84
Gobierno eficiente	6. Finanzas públicas 7. Política fiscal 8. Marco institucional 9. Legislación de los negocios 10. Marco societario	71
Eficiencia en los negocios	11. Productividad y eficiencia 12. Mercado laboral 13. Finanzas 14. Prácticas gerenciales 15. Actitudes y valores	71
Infraestructura	<b>16. Infraestructura básica</b> 17. Infraestructura tecnológica 18. Infraestructura científica 19. Salud y medio ambiente 20. Educación	116
Total		342

*Fuente: Elaboración propia con información del Anuario de Competitividad Mundial 2015. (IMD, 2015).*

En el factor infraestructura, el índice considera los siguientes indicadores:

- Infraestructura básica: área de territorio, área de cultivo, población menor a 15 años y mayor a 65 años, ferrocarriles, transportación aérea, calidad del transporte aéreo,

transportación de agua, oferta de energía futura, consumo per cápita de energía, costos de electricidad para los clientes industriales, entre otros. En este sub-factor existen cuatro indicadores relacionados directamente con la calidad y cantidad de la red carretera de un país:

- **Carreteras** (densidad de la red, esto es km carreteras/km<sup>2</sup> de área total del país).
  - Infraestructura de la distribución (plantea que la infraestructura de distribución de bienes y servicios sea, generalmente, eficiente).
  - Gestión de logística (apoyo en el desarrollo de negocios).
  - **Mantenimiento y desarrollo** (considera que el mantenimiento y desarrollo de la infraestructura sean planeados y financiados adecuadamente).
- 
- Infraestructura tecnológica: incluye indicadores como la inversión en telecomunicaciones, número de líneas de teléfono fijo, costos internacionales de teléfonos fijos, número y costo de suscripciones de telefonía móvil, tecnología de comunicaciones, computadoras en uso, computadoras per cápita, usuarios y costos del uso de internet, suscriptores y costo de suscripción a cable, cooperación tecnológica, desarrollo y aplicación de tecnología y seguridad cibernética.
  - Infraestructura científica: gasto total y per cápita en ciencia, investigación básica, grados en ciencia, artículos científicos, premios nobel, número de patentes y derechos de propiedad intelectual, son algunos de los indicadores que se consideran.
  - Infraestructura en medio ambiente y salud: gasto total y per cápita en salud, esperanza de vida al nacimiento, mortalidad infantil, asistencia médica, población urbana, índice de desarrollo humano, energías renovables, desarrollo sustentable y problemas de contaminación por citar algunos.

En la publicación del 2015 que hizo el IMD, Estados Unidos ocupa el primer lugar, por tercer año consecutivo, en competitividad, seguido de Hong Kong y Singapur, en el *Cuadro 2* se encuentran los diez primeros lugares de este índice y su posición considerando solo el factor de infraestructura.

En Latinoamérica, este índice es encabezado por Chile (posición 35), seguido de México (posición 39), Colombia (posición 51), Perú (posición 54), Brasil (posición 56), Argentina (posición 59) y en el último lugar del ranking se encuentra Venezuela (posición 61).

*Cuadro 2. Primeros diez lugares del Índice Global de Competitividad e Infraestructura, IMD.*

País	Posición Índice Global de Competitividad		País	Posición en Infraestructura
Estados Unidos	1		Estados Unidos	1
China Hong Kong	2		Suiza	2
Singapur	3		Dinamarca	3
Suiza	4		Suecia	4
Canadá	5		Finlandia	5
Luxemburgo	6		Canadá	6
Noruega	7		Singapur	7
Dinamarca	8		Países Bajos	8
Suecia	9		Alemania	9
Alemania	10		Noruega	10

*Fuente: Elaboración propia con información del Anuario de Competitividad Mundial 2015. (IMD, 2015).*

Desde hace cinco años México ha estado escalando posiciones en este índice, sin embargo en 2014 tuvo un retroceso y se ubicó en la posición 41.

*Cuadro 3. Posición de México 2011-2015, IMD.*

Año	Posición Índice Global de Competitividad	Posición en Infraestructura
2011	38	49
2012	37	48
2013	32	49
2014	41	51
2015	39	52

*Fuente: Elaboración propia con información del Anuario de Competitividad Mundial 2015. (IMD, 2015).*

---

## ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO, BANCO MUNDIAL

---

La Unidad de Comercio del Banco Mundial, generalmente realiza bianualmente, el informe "Conectarse para competir: La logística comercial en la economía mundial"<sup>14</sup>, el cual en su última edición generó una clasificación de 160 economías considerando el rendimiento

<sup>14</sup> *Connecting to Compete 2014: Trade Logistic in the Global Economy.*

de su logística, considerando que al mejorar la logística se reducen los costos comerciales, por lo que la logística es el núcleo de las políticas que permiten reforzar la competitividad, fomentar un crecimiento económico y aumentar la integración comercial. De este informe se desprende el Índice de Desempeño Logístico, el cual está integrado por seis componentes:

1. Aduana: eficiencia de las aduanas y trámites fronterizos.
2. **Infraestructura:** calidad de la infraestructura de transporte y comercio.
3. Envíos internacionales: facilidad para realizar envíos a precios competitivos.
4. Calidad de servicios logísticos: competencia y calidad de los servicios de logística, transporte y reenvío.
5. Seguimiento y rastreo: capacidad de seguimiento y rastreo de envíos.
6. Puntualidad: frecuencia con la que los envíos llegan a los destinatarios dentro de los plazos de entrega previstos o esperados.

Este índice tiene una escala de valores de 1 a 5, donde el mayor puntaje representa un mejor desempeño logístico. Los datos se obtienen de encuestas que realiza el Banco Mundial internacionalmente a instituciones académicas, compañías privadas y profesionales en logística. El rubro de infraestructura considera: infraestructura carretera, de aeropuertos, puertos, líneas férreas y de telecomunicaciones, para las cuales se evalúa su calidad, tarifas, y competencia. Esto se logra con la evaluación del servicio que brindan, considerando los siguientes rangos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. En el informe 2014, Alemania encabeza el Índice de Desempeño Logístico, sin embargo desde la edición 2007, esta posición ha sido alternada con Singapur.

*Cuadro 4. Primeros diez lugares del Índice de Desempeño Logístico, Banco Mundial.*

País	Índice de Desempeño Logístico, 2014		País	Posición en Infraestructura, 2014
Alemania	1		Alemania	1
Países Bajos	2		Singapur	2
Bélgica	3		Países Bajos	3
Reino Unido	4		Noruega	4
Singapur	5		Estados Unidos	5
Suecia	6		Reino Unido	6
Noruega	7		Japón	7
Luxemburgo	8		Bélgica	8
Estados Unidos	9		Suecia	9
Japón	10		Canadá	10

*Fuente: Elaboración propia con información de Connecting to Compete 2014: Trade Logistic in the Global Economy. (Busch, Arvis, Saslavsky, Ojala, & Shepherd, 2014).*



En el Cuadro 4 se presentan los primeros diez lugares del índice, así como las primeras diez posiciones en Infraestructura, en el Cuadro 5 se encuentran las posiciones que ha ocupado México en las ediciones anteriores de este informe.

*Cuadro 5. Posición de México, Banco Mundial.*

Año	Posición Índice Desempeño Logístico	Posición en Infraestructura
2007	56	53
2010	50	62
2012	47	47
2014	50	50

*Fuente: Elaboración propia con información de Connecting to Compete 2014: Trade Logistic in the Global Economy. (World Bank, 2015).*

---

## REPORTE GLOBAL DE COMPETITIVIDAD, FORO ECONÓMICO MUNDIAL

---

El Reporte Global de Competitividad<sup>15</sup> es un estudio que se lleva a cabo desde 1975 y es generado por el FEM<sup>16</sup>, una organización sin fines de lucro con sede en Ginebra, Suiza. Este foro realiza una asamblea anual en la ciudad de Davos, donde se reúnen los principales líderes políticos y empresariales a nivel mundial, además de expertos académicos y comunicadores, con el objetivo de analizar los problemas más importantes internacionalmente en temas económicos, de salud y medio ambiente. A continuación se muestran los principales resultados del reporte para el periodo 2014-2015, ofreciendo una visión general, respecto a la competitividad de 144 economías. Del reporte se desprende el Índice Global de Competitividad (IGC), el cual es publicado desde 2005 y está integrado por 12 pilares agrupados en 3 subíndices, los cuales se presentan en el Cuadro 6.

Para generar la información de los 112 indicadores, se consideran los datos obtenidos en la Encuesta de Opinión a Ejecutivos, que se realiza anualmente en el FEM y se complementa con los valores que publican organismos internacionales como el Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional, Naciones Unidas y la Organización Mundial de la Salud.

El pilar infraestructura forma parte del sub-índice básico, debido a que el FEM considera fundamental contar con una infraestructura extensa que garantice el funcionamiento eficaz de la economía, esto además permite determinar la ubicación de la actividad económica y el tipo de actividades o sectores que pueden desarrollarse dentro de un país.

---

<sup>15</sup> *The Global Competitiveness Report.*

<sup>16</sup> *World Economic Forum.*

Una infraestructura desarrollada reduce el efecto de la distancia entre regiones, integra el mercado nacional y lo conecta a bajo costo, con los mercados internacionales. Además, la calidad y extensión de las redes de infraestructura afectan significativamente el crecimiento económico y reducen las desigualdades de ingresos y la pobreza de diversas maneras.

Cuadro 6. Subíndices y pilares que integran el IGC, FEM.

Sub-índices	Pilares	No. de criterios
Básico	1. Instituciones. 2. <b>Infraestructura.</b> 3. Estabilidad macroeconómica. 4. Salud y Educación primaria.	45
Eficiencia	5. Educación superior y capacitación. 6. Eficiencia del mercado de bienes. 7. Eficiencia del mercado laboral. 8. Desarrollo del mercado financiero. 9. Preparación tecnológica. 10. Tamaño del mercado.	51
Innovación y sofisticación	11. Sofisticación de negocios. 12. Innovación.	16
Total		112

Fuente: Elaboración propia con información de *The Global Competitiveness Report 2014-2015*. (World Economic Forum, 2014).

Una red de infraestructura de transporte y comunicaciones desarrollada, es un pre-requisito para que las comunidades menos desarrolladas, tengan acceso a las actividades y servicios básicos. Contar con modos de transporte eficaces y de calidad (carreteras, ferrocarriles, puertos y transporte aéreo) permite a los empresarios ofrecer sus productos y servicios de manera segura y oportuna además, facilita el movimiento de las personas a sus lugares de trabajo de forma adecuada.

Dentro del pilar infraestructura también se considera la infraestructura para proveer servicios de telefonía y de electricidad, ya que contar con un suministro eléctrico libre de interrupciones, así como contar con una amplia red de telecomunicaciones, permite que los empresarios trabajen sin obstáculos y cuenten con un flujo rápido y libre de información, lo que incrementa la eficiencia económica global.

En el Cuadro 7 se enlistan los diez países que tienen un mejor desempeño a nivel mundial. Por sexto año consecutivo Suiza se ubica en la primera posición, debido a que encabeza

ocho de los doce pilares del índice. Le sigue Singapur que el año anterior ya había logrado esta posición y también se ubica en el segundo lugar en infraestructura, le antecede Hong Kong.

*Cuadro 7. Primeros diez lugares del IGC 2014-2015, FEM.*

País	Posición Índice Global de Competitividad		País	Posición en Infraestructura
Suiza	1		China Hong Kong	1
Singapur	2		Singapur	2
Estados Unidos	3		Emiratos Árabes	3
Finlandia	4		Países Bajos	4
Alemania	5		Suiza	5
Japón	6		Japón	6
China Hong Kong	7		Alemania	7
Países Bajos	8		Francia	8
Reino Unido	9		España	9
Suecia	10		Reino Unido	10

*Fuente: Elaboración propia con información del Reporte Global de Competitividad 2014-2015. (World Economic Forum, 2014).*

El Cuadro 8 presentan las posiciones de 2010 a 2014 que ha ocupado México, tanto en el IGC como en infraestructura, se puede observar que la mejor posición que ha tenido fue en el período 2012 - 2013 y la mejor posición en infraestructura para los últimos cinco años se obtuvo en el período 2013 -2014.

*Cuadro 8. Posición de México 2011-2015, FEM.*

Año	Posición Índice Global de Competitividad <sup>17</sup>	Posición en Infraestructura
2010 – 2011	66	75
2011 – 2012	58	66
2012 – 2013	53	68
2013 – 2014	55	64
2014 – 2015	61	65

*Fuente: Elaboración propia con información del Reporte Global de Competitividad 2014-2015. (World Economic Forum, 2014).*

<sup>17</sup> En el reporte 2010-2011 se analizaron 139 economías; 2011-2012 un total de 142 economías; para 2012-2013 aumentaron a 144 economías; en el reporte de 2013-2014 se incrementó a 148 economías y para 2014-2015 se redujo a 144 economías el análisis.

Por último, se presenta una comparación con los datos que ofrece el IGC del FEM, debido a que su apartado de infraestructura ofrece información más detallada, además de contar con un histórico de datos de sus publicaciones de 2005 a 2014, sin embargo para la comparación se utilizaron solo los valores de 2010 a 2014, esto para ser congruente con la información que se presentó anteriormente. Debido a que el país de interés en este trabajo es México, se comparó a éste con países que tienen un producto interno bruto per cápita<sup>18</sup> similar y que además contaran con información completa para el periodo de análisis, los países que cumplieron con estas condiciones son Turquía, Malasia y Panamá, en el Cuadro 9 se presentan estos valores. Cabe mencionar que este es un análisis básico que solo sirve de contexto, ya que los países contra los que se compara México, tienen características muy distintas en superficie, orografía y población.

Cuadro 9. Países con Producto Interno Bruto per cápita similar a México.

País	Producto Interno Bruto per cápita (Dólares)	Posición <sup>19</sup>
Turquía	10,609.17	60
Malasia	10,304.17	62
México	10,247.17	63
Panamá	9,918.72	64

Fuente: Elaboración propia con información de la Base de datos histórica del Índice Global de Competitividad 2005-2014. (World Economic Forum, 2015).

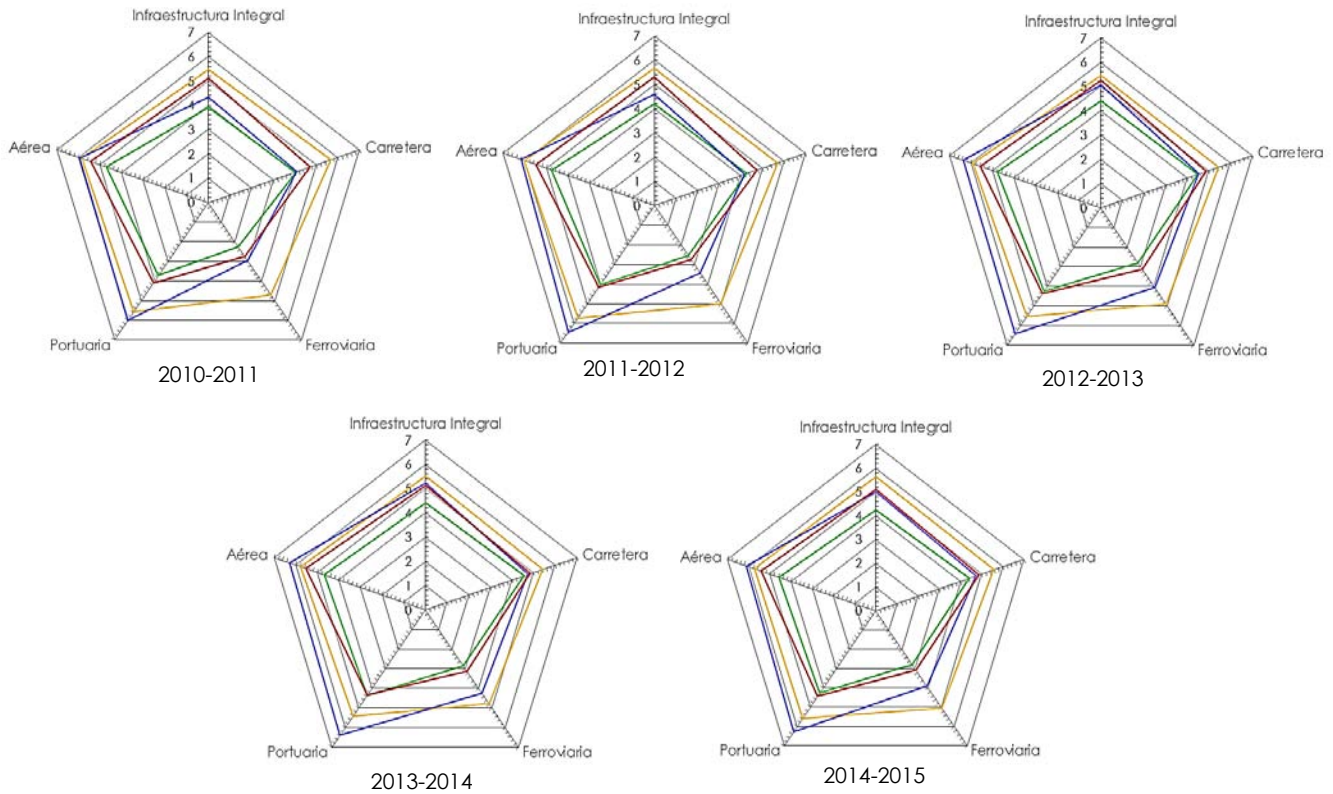
Los datos que se presentan en las siguientes cinco gráficas son los que corresponden al indicador de la calidad de la infraestructura integral (transporte, telefonía, energía) y al de calidad de la infraestructura de transporte que está integrada por la carretera, la ferroviaria, la portuaria y la aérea.

La escala de valores para los indicadores del IGC es del 1 al 7, donde el 7 representa lo mejor, en este caso la mejor calidad.

<sup>18</sup>Los valores que se utilizaron corresponden al año 2012 y fueron publicados en el Reporte Global de Competitividad 2013-2014.

<sup>19</sup> Posición respecto al Producto Interno per cápita. La posición 61 la ocupa Líbano y se decidió no incorporarlo al análisis debido a que no cuenta con información para infraestructura ferroviaria para los reportes de 2013-2014 y 2014-2015.

Gráfica 1. Comparación infraestructura del IGC, 2010-2014.

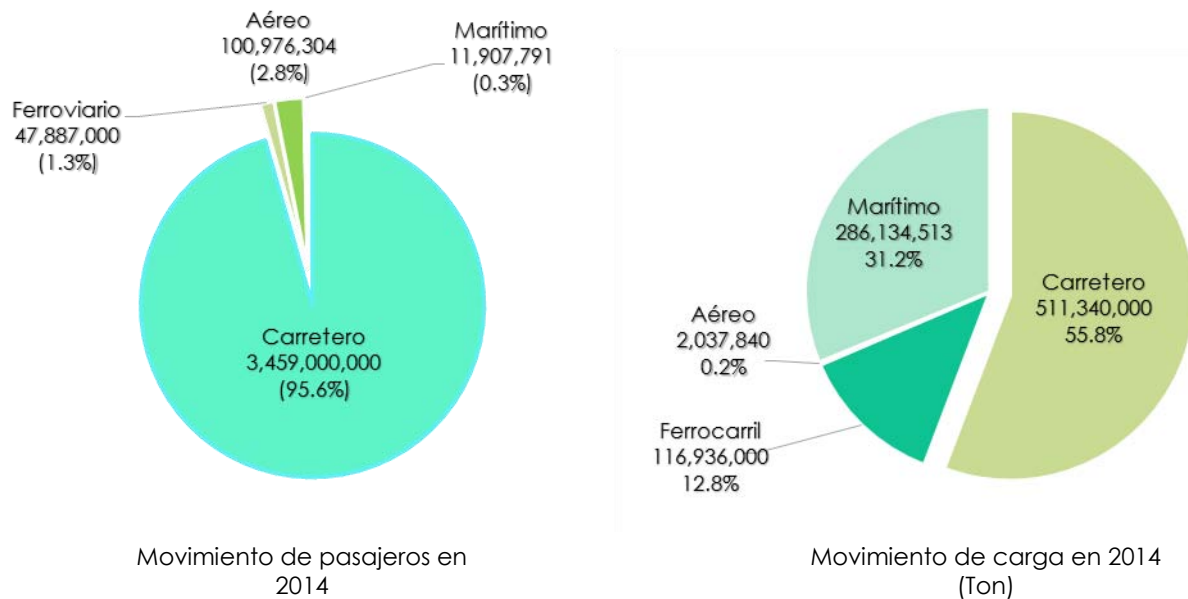


Fuente: Elaboración propia con información de la Base de datos histórica del Índice Global de Competitividad 2005-2014. (World Economic Forum, 2015).

Como podemos ver, de los cuatro países Malasia es el que tiene una mayor calidad en infraestructura integral, infraestructura carretera y ferroviaria, Panamá lidera en la portuaria y en la aérea para todos los años. Por el contrario México es el que tiene la calidad más baja en todos los indicadores en los reportes de los años 2010-2011, 2012-2013 y 2014-2015. Para 2011-2012 Panamá obtuvo la calificación más baja en la infraestructura carretera y en 2013-2014 Turquía fue el más bajo en infraestructura portuaria, sin embargo México de igual manera presenta la calificación más baja en los indicadores restantes. Esto representa un área de oportunidad que requiere de una inversión inmediata.

El transporte carretero es fundamental en la actividad económica de México, tan solo en el año 2014 movilizó a cerca del 96% de los pasajeros y a más del 55% de la carga total a nivel nacional. En la *Gráfica 2* se muestran las cantidades tanto de movimiento de carga como de pasajeros, para cada modo de transporte. La RCN<sup>20</sup> logra conectar a los principales polos de generación y atracción del país, esto permite facilitar el acceso de la población a los servicios de salud, educación y empleo. Esta red está integrada por 377,660 km, de los cuales 49,652 km pertenecen a la Red Carretera Federal (RCF), 83,982 km son de competencia estatal, 169,429 km son caminos rurales y 74,597 km son brechas<sup>21</sup>.

Gráfica 2. Movimiento de personas y carga en 2014.



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI, 2016).

La RCF está compuesta por autopistas y carreteras administradas por la federación, 8,900 km son autopistas de cuota, de estos 4,953 km están concesionados y 3,947 km están bajo

<sup>20</sup> Red Carretera Nacional.

<sup>21</sup> (SEGOB, 2014). Los caminos rurales son carreteras con una superficie de rodamiento revestida y las brechas son caminos que no tienen un trazo definido, sólo se aprovechan las características favorables del terreno.

la jurisdicción de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE). Los restantes 40,752 km son libre de peaje y la Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC) se encarga de su mantenimiento, ambas entidades pertenecen a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Sin embargo, la RCN que conocemos actualmente, es el resultado de la evolución de los antiguos caminos que conectaban a las ciudades más importantes del país con la capital. En la época virreinal la red troncal de caminos tenía una estructura organizada para conectar a los centros mineros y de productos exóticos agropecuarios con el puerto de Veracruz para su extracción y envío a la Nueva España. Los destinos principales eran: Nuevo México al norte, Oaxaca al sur, el puerto de Veracruz al este y Acapulco en el oeste. En algunos de estos caminos se podía transitar en carruaje, en cambio, existían otros que solo permitían el tránsito a caballo, ya que eran muy estrechos y sinuosos, a estos se le conocía como caminos de herradura. Los caminos de herradura y veredas, eran los que alimentaban la red de caminos troncales. En el siglo XIX los caminos reales se transformaron en caminos nacionales y los caminos alimentadores seguían siendo caminos de herradura o carreteras secundarias transitables solo en época de secas.

A finales del siglo XIX, con la llegada del automóvil, se inicia la evolución de los caminos, ya que era importante contar con una superficie de rodamiento homogénea y que tuviera algún tipo de recubrimiento para lograr un buen desempeño de los vehículos automotores. En un principio, los automóviles circulaban solo en los perímetros de las ciudades, después ocuparon las carreteras suburbanas como México-Tlalpan o Guadalajara-Tonalá. En 1912 con la creación de la Inspección de Caminos, Carreteras y Puentes que pertenecía a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, se inicia una nueva etapa para los caminos carreteros, ya que anteriormente el ferrocarril había tenido un papel dominante en el país y el mantenimiento de caminos y carreteras había sido descuidado. Los primeros caminos carreteros en ser atendidos fueron México-Puebla, México-Toluca, México-Pachuca e Iguala-Chilpancingo<sup>22</sup>.

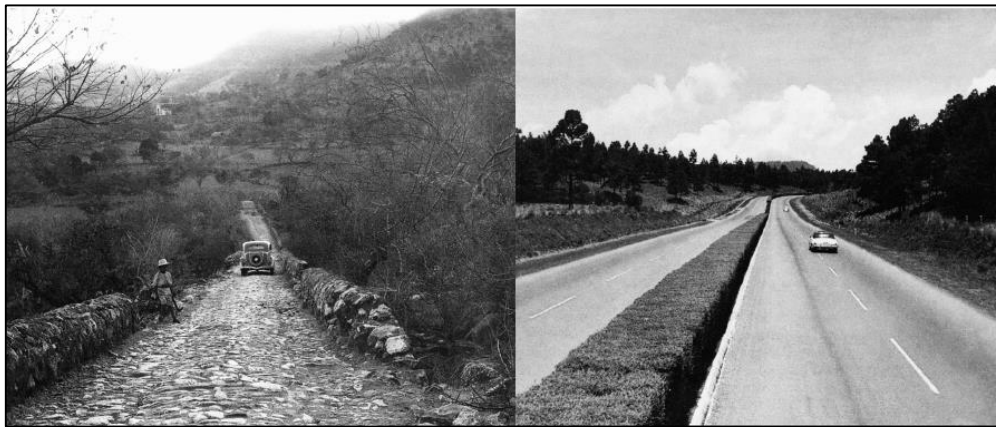
Durante la década de los cuarentas, el 80% de los mexicanos vivían en las zonas rurales del país, por lo que los caminos rurales o también llamados caminos vecinales, eran de vital importancia para la integración de estas poblaciones a las grandes ciudades, lo que les permitía tener acceso a los servicios básicos de educación, salud, tecnología y desarrollo económico. A partir de la década de los cincuentas se inicia la etapa de autopistas en

---

<sup>22</sup> (Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, 2011).

México con la inauguración en 1952 de la carretera de altas especificaciones México-Cuernavaca, la cual estaba integrada por 4 carriles y un camellón central. En 1954 se lleva a cabo la construcción de la autopista Cuernavaca-Amacuzac y en 1958 se construye la México-Palmillas. El principal objetivo era ofrecer un mejor servicio, incrementando el volumen de tránsito, la velocidad de los vehículos y la seguridad de los usuarios. Las diferencias radicaban en la calidad de los materiales de construcción, una mayor amplitud de las curvas, controles de acceso a la autopista y pendientes suaves de los tramos. Las autopistas ofrecen un flujo continuo, ya que no existen interrupciones a la circulación, como semáforos o intersecciones con otras vías de comunicación. En la *Figura 2*, se observa el antiguo camino en 1925 y su comparación con la autopista en 1952.

*Figura 2. Transformación del antiguo camino México-Cuernavaca.*



*Fuente: (Salinas Álvarez, 1994).*

En esta misma década se inicia un programa estratégico para el desarrollo de las comunicaciones, en el cual se establece un sistema de ejes nacionales también llamados corredores. Estos son la columna vertebral del sistema carretero nacional, fueron concebidos como un mecanismo de integración entre los centros de producción y los centros de distribución y consumo, ya que permiten garantizar los servicios viales, aéreos, marítimos, postales y de telecomunicaciones, con lo cual se comienza a formar la RCN.

Para finales del siglo XX se modernizan los ejes carreteros que comunicaban a los puertos marítimos y fronterizos nacionales ya que era necesario contar con un sistema carretero que permitiera la movilización rápida de grandes volúmenes de carga, producto de un comercio más abierto, debido a la globalización de las economías.

Por lo que se puede concluir que la RCN ha evolucionado en función de ciertos objetivos primordiales para el país y sus necesidades, a principios del siglo XX se buscaba comunicar



a las ciudades más importantes con los principales centros productores y consumidores. Después con la construcción de los caminos rurales el objetivo era la integración del territorio nacional, incorporando todas las regiones al aparato productivo nacional, lo que permitía el acceso a los servicios mínimos de bienestar a toda la población, y en la última parte del siglo XX lo que se requería era contar con corredores amplios que permitieran el traslado de grandes mercancías en el menor tiempo posible.

---

## CARACTERÍSTICAS DE LA RED FEDERAL LIBRE DE PEAJE

---

En su publicación de junio del 2015, la DGCC, la cual es la Unidad Administrativa de la SCT encargada de conservar y mejorar las condiciones físicas de las carreteras que integran la RFLP<sup>23</sup> a través de obras públicas realizadas en tramos y puentes, establece que la longitud lineal total es de 40,739 km, en el *Cuadro 10* se muestra el desglose por entidad federativa, también se incluyeron datos de la superficie de cada estado<sup>24</sup> y la densidad carretera que es el cociente de la longitud lineal de cada estado entre su superficie.

A su vez está red se encuentra dividida en tres tipos:

- **Corredor:** red formada por los ejes troncales cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidades y pesos.
- **Básica:** es la red de carreteras que presta un servicio de comunicación interestatal, conectando las capitales de los estados del país, ciudades importantes, los puertos, aeropuertos y cruces fronterizos.
- **Secundaria:** red que establece conexiones con la red básica, su influencia es regional o local. La mayoría de los ramales se encuentran dentro de esta red.

En la *Gráfica 3* se presenta el porcentaje que tiene cada tipo de red en la RFLP, donde la red secundaria es la que presenta el mayor valor por el contrario de la red de corredor que tiene un 23%.

---

<sup>23</sup> Red Federal Libre de Peaje.

<sup>24</sup> (INEGI, 2016).

Cuadro 10. Jurisdicción de la RFLP por entidad.

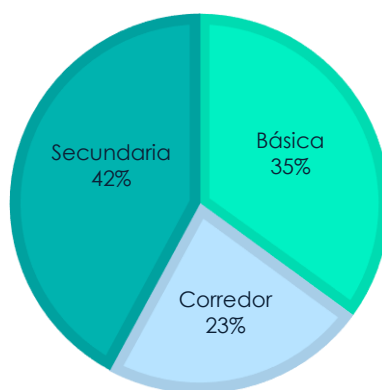
Entidad	Longitud lineal (km)				Superficie (km <sup>2</sup> )	RFLP (km/km <sup>2</sup> )
	Total	Corredor	Básica	Secundaria		
Aguascalientes	346.99	71.44	105.09	170.46	5,684.55	0.061
Baja California	1,614.16	628.26	255.38	730.52	71,546.90	0.023
Baja California Sur	1,191.96	930.35	133.27	128.34	73,899.13	0.016
Campeche	1,244.13	635.19	175.15	433.79	57,433.54	0.022
Coahuila	1,483.67	476.23	582.91	424.53	151,522.61	0.01
Colima	285.21	48.3	125.83	111.08	5,684.55	0.05
Chiapas	2,140.21	381.8	1,292.75	465.66	73,311.07	0.029
Chihuahua	2,111.42	304	749.83	1,057.59	247,375.85	0.009
Distrito Federal	60.08	0	39.38	20.7	1,568.15	0.038
Durango	1,970.63	94.2	651.77	1,224.66	123,295.89	0.016
Guanajuato	924.98	208.21	91.35	625.42	30,578.95	0.03
Guerrero	1,906.29	0	843.11	1,063.18	63,510.12	0.03
Hidalgo	743.3	32.4	278.84	432.06	20,778.00	0.036
Jalisco	1,955.60	108.05	993.26	854.29	78,603.58	0.025
México	778.47	48.65	320.56	409.26	22,346.15	0.035
Michoacán	2,180.42	228.95	1,149.00	802.47	58,609.65	0.037
Morelos	257.94	33	108.1	116.84	4,900.47	0.053
Nayarit	765.68	111.46	261.32	392.9	27,834.68	0.028
Nuevo León	1,140.45	382.33	523.22	234.9	64,098.18	0.018
Oaxaca	2,850.35	461.43	735.13	1,653.79	93,697.03	0.03
Puebla	1,005.96	203.82	420	382.14	34,303.31	0.029
Querétaro	487.41	13.9	86.3	387.21	11,761.13	0.041
Quintana Roo	767.48	403	166.23	198.25	44,300.27	0.017
San Luis Potosí	1,601.94	661.22	99.06	841.66	61,157.90	0.026
Sinaloa	820.17	163.9	597.8	58.47	57,433.54	0.014
Sonora	1,624.35	522.82	611.5	490.03	179,357.29	0.009
Tabasco	594.33	230.83	245.05	118.45	24,698.38	0.024
Tamaulipas	2,150.29	757.21	643.08	750	80,171.73	0.027
Tlaxcala	545.75	141.95	100.23	303.57	3,920.38	0.139
Veracruz	2,392.80	662.15	754.42	976.23	71,742.92	0.033
Yucatán	1,308.68	150.37	335.55	822.76	39,595.82	0.033
Zacatecas	1,488.05	224.96	791.99	471.1	75,271.26	0.02
Total	40,739.13	9,320.37	14,266.46	17,152.31		

Fuente: Elaboración con datos de la DGCC e INEGI. (SCT, 2015).

El Cuadro 11 muestra un extracto considerando los datos del Cuadro 10, donde los estados que tienen mayor longitud lineal son: Oaxaca, Veracruz, Michoacán, Tamaulipas y Chiapas. Sin embargo, al considerar la RFLP por km<sup>2</sup> de cada estado, los estados que tienen los

valores más altos son: Tlaxcala, Aguascalientes, Morelos, Colima y Querétaro, que también son estados que tienen una superficie pequeña.

Gráfica 3. Distribución de la RFLP por tipo de red.



Fuente: Elaboración con datos de la DGCC. (SCT, 2015).

Cuadro 11. Entidades con valores más altos de RFLP por km<sup>2</sup>.

Entidad	Densidad carretera (km/km <sup>2</sup> )	Entidad	Densidad carretera (km/km <sup>2</sup> )
1. Tlaxcala	0.137	7. Michoacán	0.037
2. Aguascalientes	0.061	8. Hidalgo	0.036
3. Morelos	0.053	9. México	0.035
4. Colima	0.050	10. Veracruz	0.033
5. Querétaro	0.041	11. Yucatán	0.033
6. Distrito Federal	0.038	12. Oaxaca	0.030

Fuente: Elaboración con datos de la DGCC e INEGI. (SCT, 2015).

De este capítulo destaca lo siguiente:

1. El FEM establece que una red de infraestructura de transporte y comunicaciones desarrollada, es un pre-requisito para que las comunidades menos desarrolladas, tengan acceso a las actividades y servicios básicos. Contar con modos de transporte eficaces y de calidad permite a los empresarios ofrecer sus productos y servicios de manera segura y oportuna además, facilita el movimiento de las personas a sus lugares de trabajo de forma adecuada.

2. La RCN ha evolucionado en función de ciertos objetivos primordiales para el país y sus necesidades, a principios del siglo XX se buscaba comunicar a las ciudades más importantes con los principales centros productores y consumidores. Después con la construcción de los caminos rurales el objetivo era la integración del territorio nacional, incorporando todas las regiones al aparato productivo nacional, lo que permitía el acceso a los servicios mínimos de bienestar a toda la población, y en la última parte del siglo XX lo que se requería era contar con corredores amplios que permitieran el traslado de grandes mercancías en el menor tiempo posible.
  
3. El transporte carretero en México es muy importante, en 2014 fue el medio para movilizar a cerca del 96% de los pasajeros y más del 55% de la carga total a nivel nacional. En 2014 la RCN estaba integrada por 377,660 km, de los cuales 40,739 km pertenecen a la RFLP, que se encuentra clasificada en: corredor, básica y secundaria. La red secundaria representa el 42% del total de a RFLP, es por ello que en el capítulo 2, la red secundaria es un componente fundamental para definir la zona de estudio de este trabajo.

## CAPÍTULO 2. LA GESTIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

El capítulo dos tiene como objetivo presentar de manera actualizada la situación de la conservación de carreteras en la RFLP en México, explicar los beneficios directos que ofrece una red carretera que cuenta con una adecuada conservación y proponer una estrategia de conservación para las carreteras secundarias.

La importancia de la conservación de carreteras radica en que los caminos en mal estado difícilmente desmotivan a los usuarios a utilizarlos o causan una reducción de tránsito, por el contrario, aumentan el costo del transporte terrestre, que es el principal medio para el transporte de personas y mercancías. A medida que aumentan los deterioros en los caminos, los COV<sup>25</sup> aumentan y estos son pagados directamente por los usuarios, ya que el costo por carretera limita la ubicación de las actividades económicas, obstaculiza la integración de los mercados económicos e imposibilitan a las actividades que dependen del transporte<sup>26</sup>.

El proceso de conservación de carreteras, requiere de actividades que se prolongan a lo largo del tiempo, contrario a de las actividades de construcción que cuentan con un inicio, desarrollo y fin determinados. En México la DGCC genera anualmente el PNCC<sup>27</sup>, en este capítulo se definen sus componentes principales, así como los beneficios atribuibles directamente a una adecuada conservación de los tramos carreteros: costo de operación vehicular, seguridad y tiempo de recorrido.

Se desarrolla el proceso de la estrategia alternativa de conservación para la red carretera clasificada como secundaria, se explican las características de la infraestructura de transporte en la zona de estudio así como de la operación de la misma y se selecciona una ruta carretera con prioridad de conservación. El contenido capitular se encuentra en la *Figura 3*.

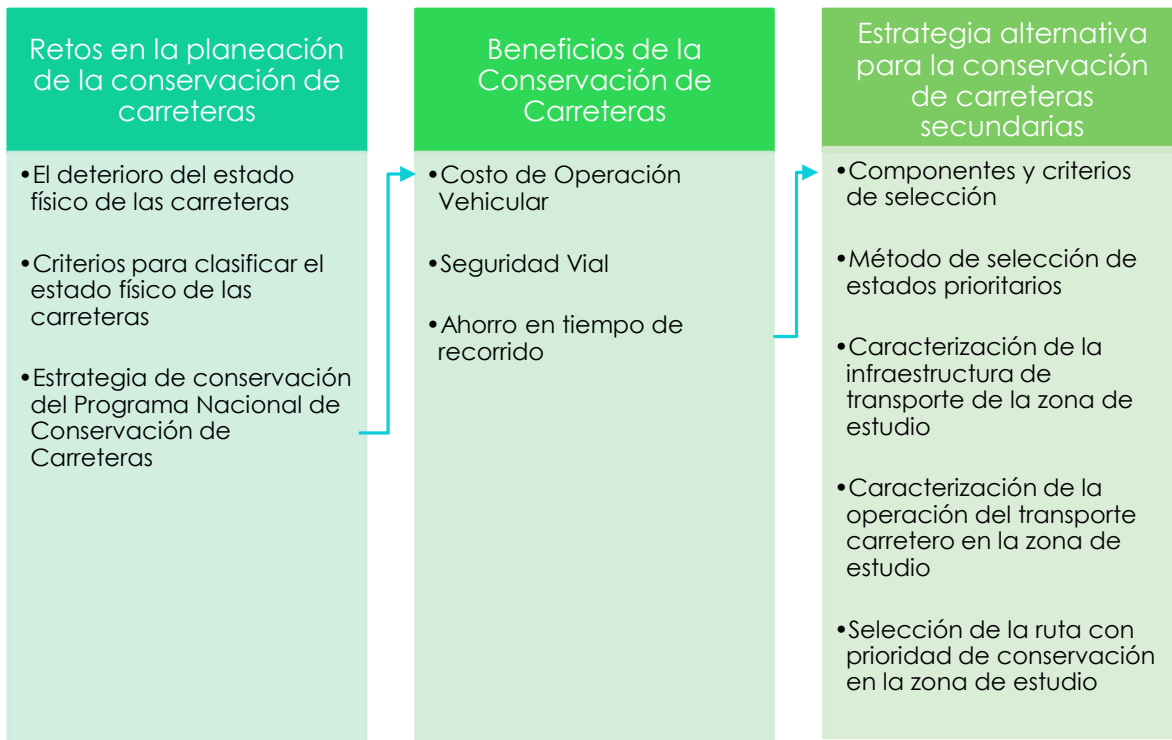
---

<sup>25</sup> Costos de Operación Vehicular.

<sup>26</sup> (Harral, 1988).

<sup>27</sup> Programa Nacional de Conservación de Carreteras.

Figura 3. Contenido del Capítulo 2.



Fuente: Elaboración propia.

## RETOS EN LA PLANEACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

A nivel mundial las carreteras son el principal activo del transporte, debido a que su extensión global es de millones de kilómetros, por ejemplo, la longitud de las redes carreteras y de autopistas de los países de la OCDE es de 16.27 millones de kilómetros, mientras que el diámetro de la Tierra es de tan solo 12,742 kilómetros<sup>28</sup>. Es por ello que las carreteras son activos públicos muy importantes. El valor patrimonial de una red carretera nacional es muy elevado, tan solo la red estratégica de carreteras de Londres, que está integrada por 580 km lineales, tiene un valor patrimonial de cerca 5,000 millones de libras<sup>29</sup>. La importancia de la conservación vial radica en que controla el valor de la depreciación

<sup>28</sup> (OECD, 2013).

<sup>29</sup> (PIARC (World Road Association), 2012).

de la infraestructura y determina el impacto de la red en los usuarios de las carreteras y en la sociedad<sup>30</sup>.

A diferencia de las actividades involucradas en el proceso de construcción que cuentan con un inicio, desarrollo y fin determinados, las actividades del proceso de conservación se realizan hasta que se deja de usar la infraestructura; además, las necesidades de conservación de una red vial están determinadas por sus características estructurales: edad, clima, tráfico, normas de diseño, calidad de la construcción y mantenimiento. Si no se realiza una adecuada conservación en la red carretera, el valor patrimonial de la misma decrece de forma considerable, ocasionando efectos negativos en los usuarios, como es el aumento en los tiempos de recorrido, en el costo de operación vehicular y en el peor de los casos, la falta de conservación de un camino puede ocasionar accidentes de tránsito con saldos en daños materiales, lesiones e incluso la muerte de los usuarios.

Para realizar una administración de una red vial, la Asociación Mundial de la Carretera recomienda<sup>31</sup>:

- Establecer niveles de servicio para diferentes partes de la red con base en necesidades sociales, medio ambientales y económicas.
- Entender la extensión y la naturaleza de la red y de las demandas de sus usuarios, utilizando sistemas de gestión.
- Programar los trabajos de conservación de una manera eficaz a través de procesos de toma de decisiones formales, basados en los datos de la auscultación de la red.
- Valorar los activos y su depreciación, para calcular el monto de las inversiones necesarias para protegerlos a lo largo del tiempo.
- Generar ciclos de mejora continua, mediante informes y auditorias de los trabajos de conservación y su gestión.

Para lograr que una red carretera brinde un servicio adecuado a sus usuarios es necesario considerar la conservación de otros activos importantes además de los caminos, como lo son: los puentes, túneles, obras de drenaje, derecho de vía y señalamiento horizontal y vertical<sup>32</sup>.

---

<sup>30</sup> (PIARC (World Road Association), 2014).

<sup>31</sup> (PIARC (World Road Association), 2014).

<sup>32</sup> Para cada elemento es necesario generar un programa de conservación, sin embargo, para los fines de este trabajo, se considera solo el programa de pavimentos.

Como se mencionó anteriormente, los caminos en mal estado difícilmente se dejan de utilizar, por el contrario, aumentan el costo del transporte terrestre, ya que a medida que aumentan los deterioros en los caminos, los COV aumentan y estos son pagados directamente por los usuarios. El costo por carretera limita la ubicación de las actividades económicas, obstaculiza la integración de los mercados económicos e imposibilitan a las actividades que dependen del transporte. Cuando el gasto en mantenimiento de caminos se reduce en un dólar es posible que el costo de operación de los vehículos aumente en dos o tres dólares<sup>33</sup>.

---

#### CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO FÍSICO DE LAS CARRETERAS

---

Con base en el trabajo de Harral, en 1988 el Banco Mundial<sup>34</sup> clasificó el estado físico de un camino de la siguiente manera:

- **Buen estado:** caminos pavimentados libres de defectos, que requieren sólo mantenimiento rutinario. En caminos no pavimentados, requieren nivelación rutinaria y reparaciones localizadas. IRI<sup>35</sup> menor a 3.5 m/km.
- **Regular estado:** caminos pavimentados que tienen defectos considerables y requieren renovación o refuerzo de la superficie. Caminos sin pavimentar que requieren renovación de la superficie y reparación del drenaje en algunos lugares. IRI de 3.5 a 5.8 m/km.
- **Mal estado:** caminos pavimentados con defectos extensos que requieren rehabilitación o reconstrucción inmediata. Caminos no pavimentados que requieren reconstrucción e importantes trabajos de drenaje. IRI superior a 5.8 m/km.

En México la DGCC estableció que los tramos carreteros en buen estado deben de tener un IRI menor a 2.5 m/km, los tramos con IRI entre 2.5 y 3.5 m/km tienen un estado físico aceptable y los que superan los 3.5 m/km de IRI se encuentran en una condición no satisfactoria, en la *Gráfica 4* se presenta la evolución del estado físico que ha tenido la RFLP a lo largo de 10 años, en 2014 el 82% de la RFLP se encontraba en estado bueno y aceptable y el 18% en no satisfactorio.

---

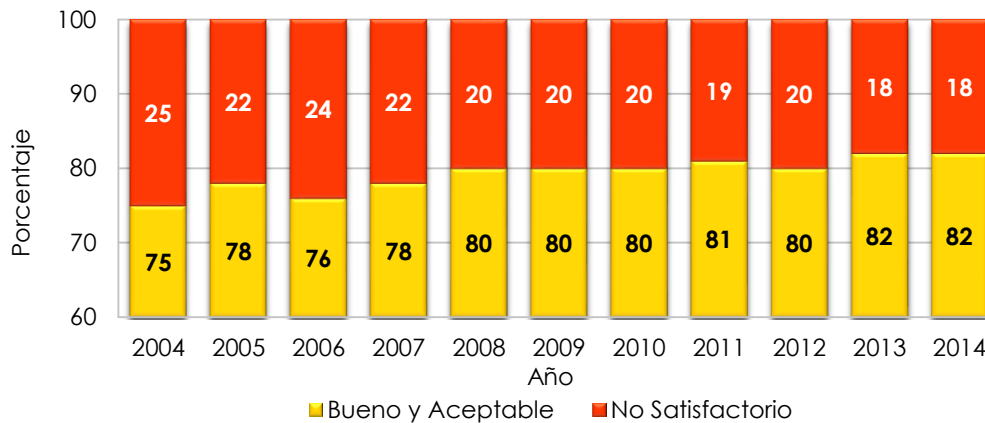
<sup>33</sup> (Harral, 1988).

<sup>34</sup> (Harral, 1988).

<sup>35</sup> *International Roughness Index* también conocido como *Índice de Rugosidad Internacional*. Para mayor información ver el *Anexo Técnico*.



Gráfica 4. Evolución del estado físico de la RFLP 2004-2014.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Conservación de Carreteras (SCT, DGPOP, 2015).

---

#### EL DETERIORO DEL ESTADO FÍSICO DE LAS CARRETERAS

---

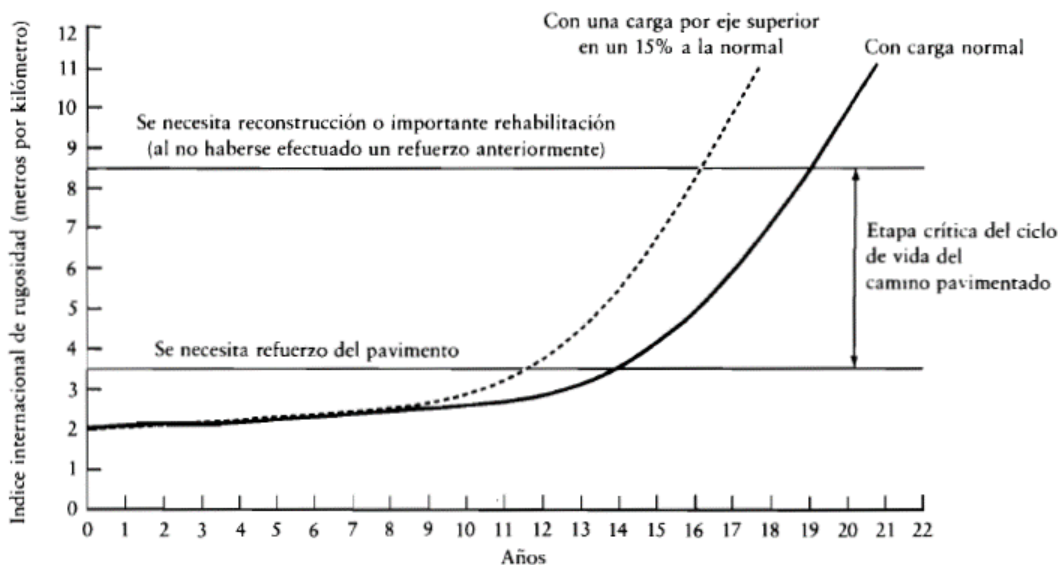
Algunas de las causas por las que la conservación de carreteras se ha convertido en un problema son:

- Las redes de transporte crecieron más rápido que los presupuestos necesarios para su mantenimiento.
- Las cargas que se transportan son mayores a las que se utilizaron para realizar el diseño de pavimentos.
- No se cuenta con la certidumbre presupuestaria que permitiría llevar a cabo una planeación a largo plazo de los programas de conservación.

Los caminos pavimentados nuevos, se deterioran en forma lenta, durante la primera mitad y en ocasiones hasta las dos terceras partes de su vida útil, esto es de 10 a 15 años; después de este tiempo el deterioro es más acelerado, ya que comienzan a aparecer grietas y deformaciones, aumenta el IRI y surgen los primeros baches. Si no se realizan actividades importantes de mantenimiento esta situación produce fallas estructurales, ya que el agrietamiento causa una reducción importante en la resistencia del pavimento, debido a que el agua de lluvia penetra en las grietas y debilita las capas inferiores. Esto es grave en zonas con climas húmedos y en zonas con heladas. Con un mantenimiento rutinario adecuado y un refuerzo oportuno del pavimento, un camino no llegaría a un mal estado, ni requeriría de una reconstrucción.

En situaciones de limitaciones presupuestarias el Banco Mundial recomienda reducir los trabajos de conservación en tramos con elevados costos de mantenimiento, bajo volumen de tráfico y superficies en buen estado, por el contrario, los caminos con volúmenes de tráfico altos y superficies en mal estado son los que se deben atender primero, ya que estos son los caminos que ofrecen mayores beneficios. Sin embargo, se debe considerar que cuando se decide postergar un trabajo de conservación, los COV aumentan y el costo de rehabilitación del pavimento puede variar significativamente, según la etapa del deterioro en la que se produzca dicha postergación. Por lo que se debe de poner especial atención en la decisión de postergar los trabajos de conservación para tramos que están cercanos a entrar a la etapa crítica del pavimento, como se puede apreciar en la *Gráfica 5*, en la etapa crítica bastará con realizar un refuerzo de la estructura, por el contrario si se decide dejar avanzar el deterioro, la única solución será realizar una reconstrucción, la cual es una solución más costosa<sup>36</sup>.

*Gráfica 5. Deterioro de los caminos con el transcurso del tiempo.*



Fuente: (Harral, 1988).

<sup>36</sup> (Harral, 1988).

---

## ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

---

Los trabajos a realizar anualmente en la RFLP quedan establecidos en PNCC, que obtiene sus recursos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHyCP) mediante el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF). En la *Figura 4* se presenta un resumen del proceso que sigue la DGCC para generar el PNCC en su sección de pavimentos.

El PNCC está integrado por los siguientes listados:

1. **Preliminar de tramos carreteros:** se encuentran las obras de conservación periódica de los tramos carreteros de la RFLP, que se definen mediante la utilización de herramientas de gestión vial. Los trabajos principales que se realizan son: recuperación de pavimentos, renivelación, tratamientos superficiales, bacheo profundo, reconstrucción de carpetas, riego de sello y reconstrucción de tramos.
2. **Rehabilitación de Puentes:** en este listado se encuentran los trabajos de reconstrucción o rehabilitación mayor, para los puentes que lo requieren, utilizando el Sistema de Puentes Mexicanos (SIPUMEX). Algunas actividades son: reforzamiento de superestructura y/o subestructura, protecciones contra socavación, recimentaciones, sustituciones de superestructura, entre otros.
3. **Conservación Rutinaria de Tramos:** se enlistan los tramos carreteros que requieren obra a pequeña escala y que se realiza de manera regular, su objetivo es garantizar la transitabilidad y seguridad de la carretera a corto plazo y evitar su deterioro prematuro. Algunos de los trabajos que se realizan son: bacheo, relleno de grietas, renivelaciones aisladas, riego de sello aislado y retiro de obstáculos<sup>37</sup>.
4. **Conservación Rutinaria de Puentes:** se enlistan los puentes que requieren obra a pequeña escala y que se realiza de manera regular. Los trabajos que se realizan principalmente son: limpieza de la superficie de rodadura, de los drenes de la superestructura y de las coronas de la subestructura, por mencionar algunos.
5. **Puntos de Conflicto:** se define como punto de conflicto al sitio o tramo carretero donde ocurren cuatro o más accidentes al año, por lo que en este listado se

---

<sup>37</sup> (SCT, 2014).

encuentran los puntos de conflicto a atender, mediante trabajos que incrementen la seguridad de los usuarios.

6. **Subdrenaje:** se enlistan los trabajos de conservación necesarios para que estas obras trabajen de forma correcta, evitando el acceso del agua a capas superiores de la carretera, especialmente al firme, por lo que se debe de controlar el nivel freático del terreno y las corrientes subterráneas existentes.
7. **Paraderos:** son estructuras diseñadas que protegen del sol o la lluvia a personas que esperan un vehículo de traslado. En este listado se encuentran definidas las obras necesarias para que los paraderos funciones en condiciones adecuadas, así mismo se establecen las obras para la creación de nuevos paraderos.
8. **Fallas Geotécnicas:** se encuentran las obras necesarias para estabilizar taludes en los tramos carreteros.

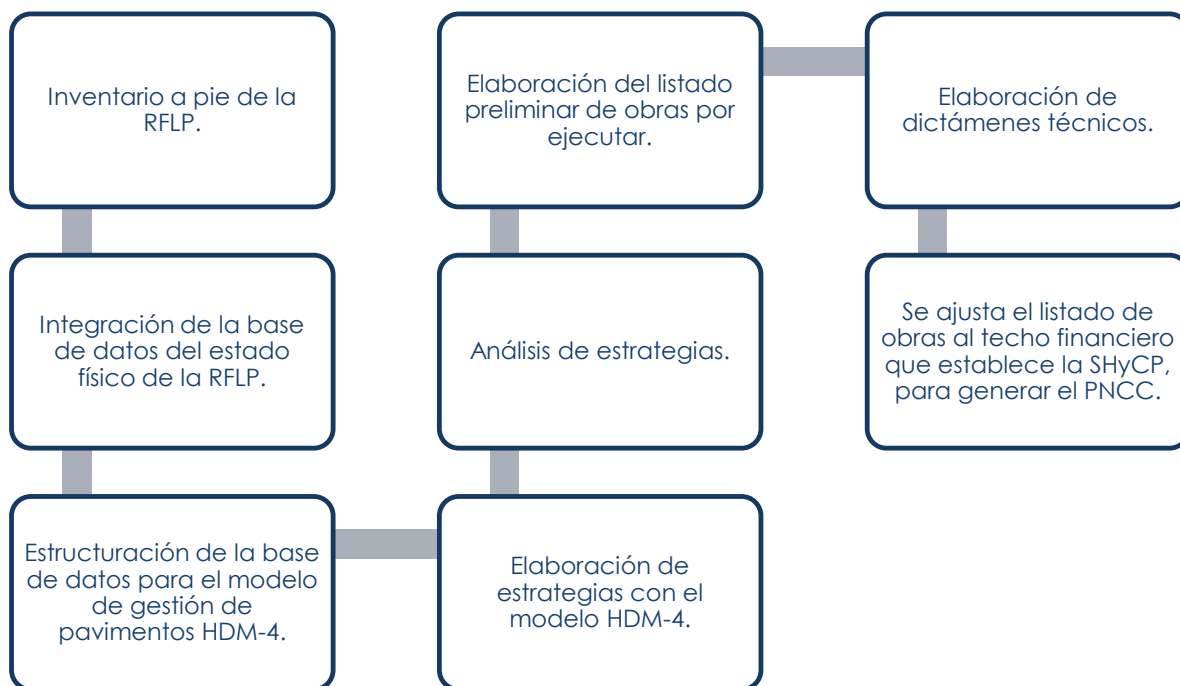
La selección preliminar de los tramos carreteros a conservar se hace con base en tres fuentes diferentes: 1) la información recopilada en el inventario de daños por el Centro SCT de cada estado; 2) la auscultación de pavimentos realizada cada año con los datos del IRI, roderas y deflexiones (indicador de la estructura del pavimento) y; 3) los resultados de los estudios de datos viales generados por la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la SCT que comprenden el TDPA<sup>38</sup> y la composición vehicular de cada carretera. Con esta información se estructura una base de datos para utilizar el modelo de gestión HDM-4<sup>39</sup>, que permite estimar el deterioro del pavimento durante su vida útil así como evaluar programas de conservación en términos técnicos y económicos, obteniendo los montos y beneficios de cada alternativa considerada además de calcular indicadores de rentabilidad como el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR).

---

<sup>38</sup> Tránsito Diario Promedio Anual.

<sup>39</sup> Highway Development & Management.

Figura 4. Proceso para generar el Programa Nacional de Conservación de Carreteras.



Fuente: Elaboración propia considerando la información de (SCT, DGPOP, 2015).

## COSTOS Y BENEFICIOS DE LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

La infraestructura en transporte de un país está relacionada con su desarrollo económico y con su crecimiento, pero además ofrece importantes beneficios sociales. Las carreteras en mal estado obstaculizan la movilidad, aumentan los costos de operación vehicular, incrementan las tasas de accidentes y agravan el aislamiento, la pobreza, la mala salud y el analfabetismo en las comunidades rurales<sup>40</sup>. A continuación se presentan los beneficios atribuibles directamente a una adecuada conservación de los tramos carreteros: costo de operación vehicular, seguridad y tiempo de recorrido.

<sup>40</sup> (Burningham & Stankevich, 2005).

---

## COSTO DE OPERACIÓN VEHICULAR

---

A lo largo de la vida útil de un camino existen tres tipos de costos:

- Costos de construcción: son los que se generan en la realización de un proyecto.
- Costos de conservación: costos que implica mantener el camino en condiciones adecuadas para el tránsito de los usuarios.
- Costos de operación: son generados por la circulación de los vehículos.

En condiciones óptimas de circulación como puede ser una carretera pavimentada, recta, en terreno plano y sin problemas de tránsito, los COV son mínimos. Por el contrario, la presencia de daños en la superficie de rodamiento, grado de curvatura y pendiente, afectan las condiciones de operación y aumentan los COV.

El sobrecosto que paga el usuario de la RFLP se obtiene al fijar una condición ideal del estado físico de la red y luego compararla con la condición real, la diferencia que existe entre estos dos es el sobrecosto, por lo que si aumentan los deterioros en la red los costos a los usuarios también se incrementan.

La información básica que se requiere para calcular los COV de una red carretera, es la siguiente:

- Aforos con clasificación vehicular.
- Características geométricas: como la pendiente y curvatura del trazo del camino, considerando cada tipo de terreno (plano, lomerío y montañoso).
- Mediciones de IRI a cada kilómetro.
- Características de los vehículos y costos unitarios de los insumos (combustible, lubricantes, llantas, reparación y refacciones, operador, depreciación, reposición de vehículos).

El consumo de combustibles se encuentra asociado a las características del vehículo, carga transportada y características de la carretera por la que se transita.

Actualmente existen modelos que estiman el consumo para condiciones particulares de operación de los vehículos, como lo es el módulo VOC<sup>41</sup> desarrollado por el Banco Mundial<sup>42</sup>, el cual fue adaptado por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) para las

---

<sup>41</sup> *Vehicle Operating Costs.*

<sup>42</sup> *(Archondo-Callao, 1989).*

condiciones de México, dando como resultado el VOC-MX. El sistema de gestión de pavimento HDM-4 también incluye un módulo de COV, el cual es un componente importante de los costos totales de los usuarios<sup>43</sup> al realizar las evaluaciones económicas.

---

## SEGURIDAD VIAL

---

La seguridad vial se puede definir como la prevención de accidentes de tránsito, mediante el conocimiento y cumplimiento correcto de leyes y reglamentos por parte de los usuarios: conductor, pasajero, ciclista, y peatón, con el fin de preservar la vida y salud de los mismos. Por otro lado un accidente vial es un evento que involucra a uno o más vehículos, pudiéndose definir tres tipos de gravedad:

- Fatal: son los accidentes donde ocurre una muerte dentro de un periodo fijo, por ejemplo inmediatamente después del accidente o un mes después del accidente.
- Lesiones: en el accidente ocurren lesiones a las personas involucradas pero no terminan en muerte.
- Daños a la propiedad: en este tipo de accidente no hay personas lesionadas.

Generalmente, un accidente vial es causado por múltiples factores debido a la interacción de los usuarios, vehículos, infraestructura, tránsito y características físicas y geométricas de la vía.

Por lo que, al contar con una infraestructura carretera en buen estado, aumenta la seguridad de los usuarios que se traduce en beneficios directos y cuantificables. Algunas de las mejoras que se pueden hacer en las carreteras son: ampliación de carriles, pavimentados y con acotamientos, separación de flujos mediante barreras, bandas alertadoras centrales, bandas alertadoras laterales, rectificación de curvas, señalamiento horizontal y vertical, condición de la superficie del pavimento y resistencia al deslizamiento, carriles confinados para motocicletas e infraestructura segura para peatones y ciclistas (*International Road Assessment Programme (IRAP), 2013*).

Una superficie uniforme y que además ofrezca resistencia al deslizamiento, es el mejor de los escenarios para evitar afectar el tránsito de los vehículos. Algunos ejemplos de los

---

<sup>43</sup> Costos de circulación de los vehículos de transporte motorizado + costos del tiempo de recorrido + costos de la circulación de los vehículos de transporte no motorizado + costos de los accidentes.

deterioros que pueden causar pérdida de control del vehículo o alteración a la trayectoria del mismo son:

- Deformación: puede ocasionar inseguridad o incomodidad al conducir un vehículo.
- Baches: si son los suficientemente anchos o profundos pueden hacer que el vehículo tenga una fuerte sacudida o que se golpee.
- Defectos en los bordes: en el acotamiento se presentan problemas que se pueden transmitir a los carriles de circulación.
- Deficiencias en la textura de la superficie: pueden reducir la tracción de los vehículos en condiciones secas o mojadas.

---

#### AHORRO EN EL TIEMPO DE RECORRIDO

---

El tiempo es un bien con valor, por lo que se genera un beneficio importante en aquellos proyectos de transporte que implican ahorros por tiempos de recorrido. Por esta razón, obtener el valor del tiempo es fundamental en los análisis costo-beneficio, estudios de pronóstico de la demanda y análisis de factibilidad económica y financiera. El IMT anualmente publica la "Estimación del valor del tiempo para los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México", su metodología considera las siguientes variables: población ocupada, nivel de ingreso promedio expresado en salarios mínimos generales y tiempo efectivo que labora la población en una semana.

*Cuadro 12. Valor del tiempo nacional y regional, 2016.*

Región	Entidad Federativa	Viaje por trabajo (\$/hora)	Viaje por placer (\$/hora)
1	Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Jalisco, Nayarit, Sinaloa y Sonora.	45.44	27.26
2	Aguascalientes, Coahuila, Guanajuato, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas.	42.99	25.79
4	Distrito Federal, Guerrero, Morelos, Puebla y Tlaxcala.	42.21	25.32
	Valor nacional	41.54	24.92
5	Colima, Hidalgo, Estado de México y Michoacán.	39.18	23.51
3	Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.	37.13	22.28

*Fuente: (Torres, Hernández, & González, 2016).*



Con esta metodología se obtiene el valor del tiempo de viaje por trabajo y por placer, a nivel nacional, regional y estatal, en el *Cuadro 12* se presentan los valores. Como se puede observar, el valor más alto del tiempo por motivos de trabajo se encuentra en la zona norte del país y el valor más bajo en la zona sureste.

---

## ESTRATEGIA ALTERNATIVA PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS SECUNDARIAS

---

En este apartado se explica el proceso de la estrategia alternativa de conservación para la red carretera clasificada como secundaria, la cual tiene una influencia a escala regional y local, por lo que se estima que su volumen de tránsito es menor al de las redes de corredor y básica. La red secundaria representa el 42% de la RFLP a nivel nacional<sup>44</sup> y a finales del año 2014, el 60% se encontraba en estado físico no satisfactorio<sup>45</sup>. También se explican las características de la infraestructura de transporte en la zona de estudio, así como de la operación de la misma y se selecciona una ruta carretera con prioridad de conservación.

---

### COMPONENTES Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

---

Para seleccionar el estado de la República Mexicana más apropiado para realizar la presente investigación se consideraron 3 componentes con sus correspondientes criterios de selección:

**Red secundaria:**

- **Justificación:** como se mencionó en el capítulo 1, la red secundaria influye a escala regional y local. Sin embargo, está compuesta por tramos que también requieren atención oportuna, ya que la red secundaria es el primer eslabón para conectar a comunidades pequeñas y medianas con localidades y servicios de mayor jerarquía, como lo son las capitales de los estados del país, ciudades, cabeceras municipales, puertos, aeropuertos y cruces fronterizos. La red carretera secundaria habilita una integración entre los centros de producción y los centros de distribución y consumo,

---

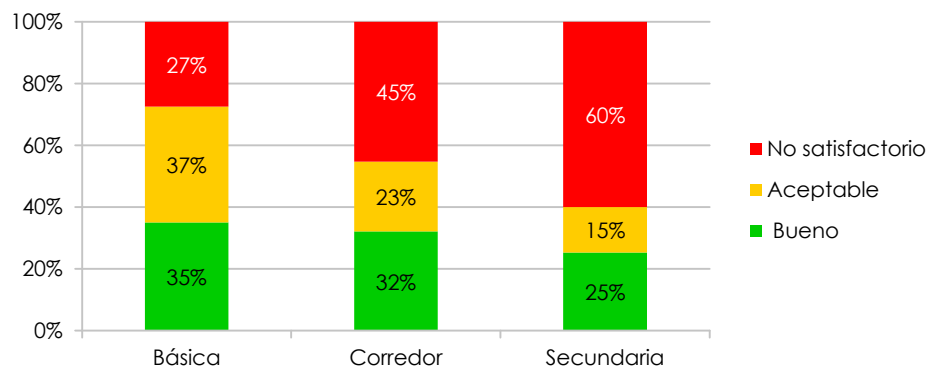
<sup>44</sup> Ver Gráfica 3.

<sup>45</sup> Ver Gráfica 6.

además de permitir acceso a los servicios básicos de educación, salud, tecnología y desarrollo económico.

A finales del año 2014 el 60% de la red secundaria nacional, se encontraba en estado físico no satisfactorio, como se puede apreciar en la *Gráfica 6*, esta red representa el 42% de la RFLP a nivel nacional<sup>46</sup>. Es por ello que la metodología que se propone en este trabajo, considera brindar atención a la red secundaria ya que para los tramos de mayor tránsito se han generado esquemas atractivos para los inversionistas privados como han sido los PPS, CPCC y APP<sup>47</sup>.

*Gráfica 6. Porcentaje del estado físico de conservación de la RFLP a finales de 2014.*



*Fuente: Elaboración propia con datos de la DGCC, a finales de 2014.*

- **Criterio de selección:** en la presente investigación, como parte de la metodología, se propone complementar la evaluación económica de la red secundaria con una evaluación social, para ello se analizó la longitud lineal de la Jurisdicción de junio de 2015 de la DGCC y se eligieron los estados que tienen más del 51% de su RFLP clasificada como secundaria.

<sup>46</sup> Ver Gráfica 3.

<sup>47</sup> Proyecto Prestación de Servicios (PPS), Contrato Plurianual de Conservación de Carreteras (CPCC) y Asociación Público Privada (APP).

- Estimación:

*Cuadro 13. Porcentaje de red secundaria a nivel nacional.*

Entidad	Porcentaje de red secundaria	Entidad	Porcentaje de red secundaria
<b>Querétaro</b>	<b>0.79</b>	Veracruz	0.41
<b>Guanajuato</b>	<b>0.68</b>	Colima	0.39
<b>Yucatán</b>	<b>0.63</b>	Puebla	0.38
<b>Durango</b>	<b>0.62</b>	Michoacán	0.37
<b>Hidalgo</b>	<b>0.58</b>	Tamaulipas	0.35
<b>Oaxaca</b>	<b>0.58</b>	Campeche	0.35
<b>Guerrero</b>	<b>0.56</b>	Distrito Federal	0.34
<b>Tlaxcala</b>	<b>0.56</b>	Zacatecas	0.32
<b>México</b>	<b>0.53</b>	Sonora	0.30
<b>San Luis Potosí</b>	<b>0.53</b>	Coahuila	0.29
<b>Nayarit</b>	<b>0.51</b>	Quintana Roo	0.26
Chihuahua	0.50	Chiapas	0.22
Aguascalientes	0.49	Nuevo León	0.21
Morelos	0.45	Tabasco	0.20
Baja California	0.45	Baja California Sur	0.11
Jalisco	0.44	Sinaloa	0.07

*Fuente: Elaboración propia con datos de la jurisdicción junio de 2015 de la DGCC.*

### **Número de habitantes:**

- Justificación: en la planeación de conservación de carreteras, un criterio muy usual para priorizar los tramos a los cuales se les asignarán obras es el TDPA, según la clasificación del Reglamento de Pesos y Dimensiones y las normas de la DGST un TDPA de 500 a 1,500 vehículos se considera como red secundaria, de 1,500 a 3,000 vehículos es una carretera clasificada como red básica y los corredores son los que tienen más de 5,000 vehículos<sup>48</sup>. Por lo que al priorizar los tramos que se van a conservar, la red secundaria queda al final por el bajo volumen de vehículos que transita en esta, lo que significa que las obras que se hacen en este tipo de red tienen un beneficio menor a las obras que se realizan en las otras redes, cuyo TDPA es mayor. Se propone que para la red secundaria se elija el número de habitantes en lugar del TDPA, porque estos se ven beneficiados con una red carretera en óptimas condiciones, independientemente de que cuenten o no con un vehículo, ya que se facilitan la movilidad, disminuyen las tasas de accidentes, el aislamiento,

<sup>48</sup> Ver Cuadro 31 "Clasificación de carreteras en función del TDPA" en Anexo Técnico.

la pobreza y el analfabetismo en comunidades rurales, los productos llegan en menos tiempo, existen ahorros en costos de operación vehicular lo que impacta en los costos de los productos y mejora la calidad del transporte público.

- Criterio de selección: se eligieron los diez estados con mayor número de habitantes que registró el INEGI en el Censo de 2010<sup>49</sup>, con el objetivo de maximizar los beneficios.
- Estimación:

*Cuadro 14. Número de habitantes a nivel nacional.*

Entidad	Número de habitantes	%	Entidad	Número de habitantes	%
<b>México</b>	<b>15'175,862</b>	<b>13.51</b>	Hidalgo	2'665,018	2.37
Distrito Federal	8'851,080	7.88	Sonora	2'662,480	2.37
<b>Veracruz</b>	<b>7'643,194</b>	<b>6.80</b>	San Luis Potosí	2'585,518	2.30
<b>Jalisco</b>	<b>7'350,682</b>	<b>6.54</b>	Tabasco	2'238,603	1.99
<b>Puebla</b>	<b>5'779,829</b>	<b>5.15</b>	Yucatán	1'955,577	1.74
<b>Guanajuato</b>	<b>5'486,372</b>	<b>4.88</b>	Querétaro	1'827,937	1.63
<b>Chiapas</b>	<b>4'796,580</b>	<b>4.27</b>	Morelos	1'777,227	1.58
<b>Nuevo León</b>	<b>4'653,458</b>	<b>4.14</b>	Durango	1'632,934	1.45
<b>Michoacán</b>	<b>4'351,037</b>	<b>3.87</b>	Zacatecas	1'490,668	1.33
<b>Oaxaca</b>	<b>3'801,962</b>	<b>3.38</b>	Quintana Roo	1'325,578	1.18
<b>Chihuahua</b>	<b>3'406,465</b>	<b>3.03</b>	Aguascalientes	1'184,996	1.05
Guerrero	3'388,768	3.02	Tlaxcala	1'169,936	1.04
Tamaulipas	3'268,554	2.91	Nayarit	1'084,979	0.97
Baja California	3'155,070	2.81	Campeche	822,441	0.73
Sinaloa	2'767,761	2.46	Colima	650,555	0.58
Coahuila	2'748,391	2.45	Baja California Sur	637,026	0.57
			<b>Total:</b>	<b>112'336,538</b>	<b>100</b>

*Fuente: Elaboración propia con datos de (Consejo Nacional de Población, 2010).*

### Índice de Marginación:

- Justificación: la marginación es un fenómeno estructural que expresa la dificultad para propagar el progreso en el conjunto de la estructura productiva, pues excluye a ciertos grupos sociales del goce de beneficios que otorga el proceso de desarrollo. La precaria estructura de oportunidades sociales para los ciudadanos, sus familias y comunidades los expone a privaciones, riesgos y vulnerabilidades sociales que, a menudo, escapan al control personal, familiar y comunitario, cuya reversión requiere del concurso activo de los agentes públicos, privados y sociales. Cabe mencionar

<sup>49</sup> Omitiendo al Distrito Federal debido a que es la entidad que tiene el menor número de kilómetros de la RFLP.

que este componente generalmente no se considera para la elaboración de los planes de conservación.

- Criterio de selección: se consideraron los estados que reportan una marginación muy alta y alta en este índice que publicó el Consejo Nacional de Población (CONAPO).
- Estimación: para obtener este índice se consideraron los siguientes aspectos<sup>50</sup>:
  - Educación: analfabetismo y población sin primaria completa.
  - Vivienda: viviendas particulares sin drenaje ni excusado, viviendas particulares sin energía eléctrica, viviendas particulares sin agua entubada, viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento y viviendas particulares con piso de tierra.
  - Ingresos monetarios: población ocupada que percibe hasta 2 salarios mínimos.
  - Distribución de la población: localidades con menos de 5,000 habitantes. La dispersión de localidades y el aislamiento geográfico son aspectos que dificultan el acceso equitativo de la población a las oportunidades de desarrollo económico y social. México es un país predominantemente urbano sin embargo, aún existe un gran número de asentamientos rurales aislados, lo cual genera una de las principales limitaciones para el acceso a la infraestructura y servicios básicos.

En el Cuadro 15 se muestra el índice y grado de marginación a nivel nacional.

---

<sup>50</sup> Los valores que se utilizaron provienen del Censo 2010, del INEGI. (Consejo Nacional de Población, 2010)  
[http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indices\\_de\\_Marginacion\\_2010\\_por\\_entidad\\_federativa\\_y\\_municipio](http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio).

Cuadro 15. Índice y grado de marginación a nivel nacional.

Entidad	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Entidad	Índice de Marginación	Grado de Marginación
<b>Guerrero</b>	2.53	Muy alto	Sinaloa	-0.26	Medio
<b>Chiapas</b>	2.32	Muy alto	Querétaro	-0.26	Medio
<b>Oaxaca</b>	2.15	Muy alto	Morelos	-0.27	Medio
<b>Veracruz</b>	1.08	Alto	Quintana Roo	-0.42	Medio
<b>Puebla</b>	0.71	Alto	Chihuahua	-0.52	Bajo
<b>Hidalgo</b>	0.66	Alto	México	-0.55	Bajo
<b>San Luis Potosí</b>	0.56	Alto	Baja California Sur	-0.68	Bajo
<b>Michoacán</b>	0.53	Alto	Sonora	-0.70	Bajo
<b>Tabasco</b>	0.47	Alto	Tamaulipas	-0.72	Bajo
<b>Campeche</b>	0.43	Alto	Colima	-0.78	Bajo
<b>Yucatán</b>	0.42	Alto	Jalisco	-0.82	Bajo
Nayarit	0.12	Medio	Aguascalientes	-0.91	Bajo
Zacatecas	0.10	Medio	Coahuila	-1.14	Muy bajo
Guanajuato	0.06	Medio	Baja California	-1.14	Muy bajo
Durango	0.05	Medio	Nuevo León	-1.38	Muy bajo
Tlaxcala	-0.15	Medio	Distrito Federal	-1.48	Muy bajo

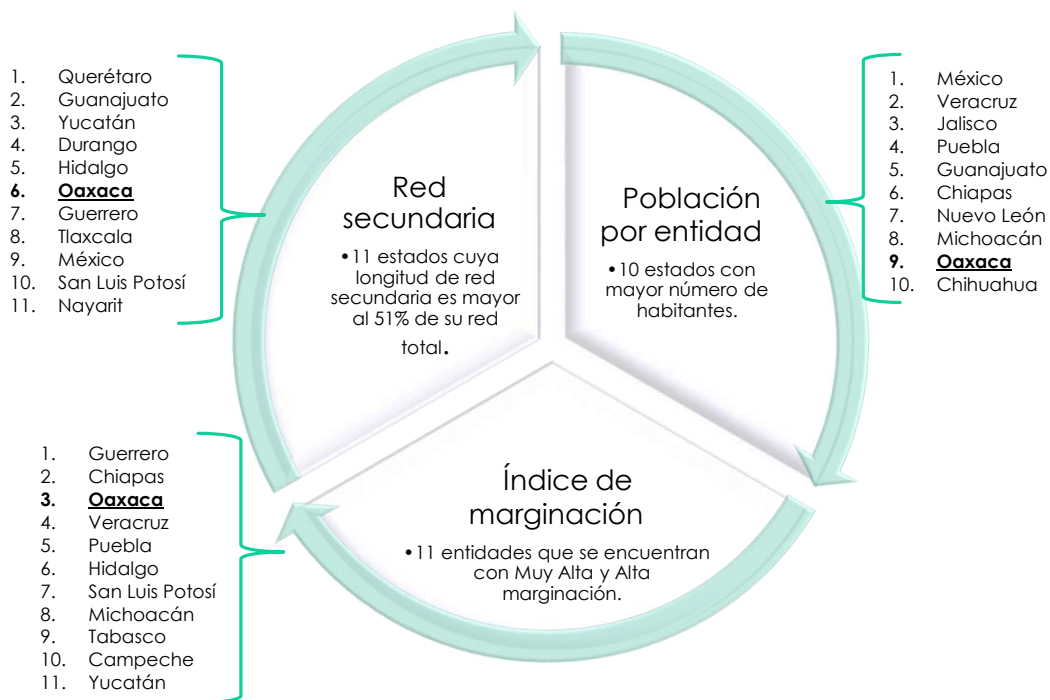
Fuente: Elaboración propia con datos de (Consejo Nacional de Población, 2010).

#### MÉTODO DE SELECCIÓN DE ESTADOS PRIORITARIOS

En la *Figura 5* se presentan los estados que cumplen con los criterios descritos, ordenados de mayor a menor, se observa que no hay un solo estado que presente simultáneamente los porcentajes más altos de red secundaria, mayor población y que su índice de marginación sea el más alto.

En el *Cuadro 16* se presentan los valores de las entidades que cumplen con los criterios de selección de cada componente, pudiéndose observar que el estado de Oaxaca es el único que cumple con los criterios de selección para cada componente.

Figura 5. Entidades que cumplen con los criterios de cada componente para definir la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia considerando la información de (SCT, 2015), (Consejo Nacional de Población, 2010) e (INEGI, 2010).

Cuadro 16. Valores de los componentes para definir la zona de estudio.

Entidad	Componente		
	Porcentaje de red secundaria	Número de habitantes	Índice de Marginación
Campeche			0.43
Chiapas		4'796,580	2.32
Chihuahua		3'406,465	
Durango	0.62		
Guanajuato	0.68	5'486,372	
Guerrero	0.56		2.53
Hidalgo	0.58		0.66
Jalisco		7'350,682	
México	0.53	15'175,862	
Michoacán		4'351,037	0.53
Nayarit	0.51		
Nuevo León		4'653,458	
Oaxaca	0.58	3'801,962	2.15

Entidad	Componente		
	Porcentaje de red secundaria	Número de habitantes	Índice de Marginación
Puebla		5'779,829	0.71
Querétaro	0.79		
San Luis Potosí	0.53		0.56
Tabasco			0.47
Tlaxcala	0.56		
Veracruz		7'643,194	1.08
Yucatán	0.63		0.42

Fuente: Elaboración propia considerando la información de (SCT, 2015), (Consejo Nacional de Población, 2010) e (INEGI, 2010).

Con el objetivo de poder comparar los tres criterios, se realizó una normalización, mediante tres procedimientos que son muy utilizados<sup>51</sup> y que se ejemplifican a continuación. En los ejemplos existen diferencias por redondeo.

1. El cociente del valor en estudio entre el valor mayor de todos.

Porcentaje de red secundaria	Número de habitantes	Índice de Marginación
$\frac{\alpha}{\alpha_{max}}$		
Ejemplos de cálculo:	Ejemplos de cálculo:	Ejemplos de cálculo:
$Dgo. = \left(\frac{0.62}{0.79}\right) = 0.78$	$Chis. = \left(\frac{4'796,580}{15'175,862}\right) = 0.32$	$Camp. = \left(\frac{0.43}{2.53}\right) = 0.17$
$Gto. = \left(\frac{0.68}{0.79}\right) = 0.85$	$Chih. = \left(\frac{3'406,465}{15'175,862}\right) = 0.22$	$Chis. = \left(\frac{2.32}{2.53}\right) = 0.92$
$Gro. = \left(\frac{0.56}{0.79}\right) = 0.70$	$Gto. = \left(\frac{5'486,372}{15'175,862}\right) = 0.36$	$Gro. = \left(\frac{2.53}{2.53}\right) = 1.00$
$Yuc. = \left(\frac{0.63}{0.79}\right) = 0.79$	$Ver. = \left(\frac{7'643,194}{15'175,862}\right) = 0.50$	$Yuc. = \left(\frac{0.42}{2.53}\right) = 0.17$

<sup>51</sup> (Romero, 1996).



2. El cociente del valor en estudio entre la diferencia del valor mayor y el menor.

Porcentaje de red secundaria	Número de habitantes	Índice de Marginación
$\frac{\alpha}{\alpha_{max} - \alpha_{min}}$		
Ejemplos de cálculo:	Ejemplos de cálculo:	Ejemplos de cálculo:
$Dgo. = \left(\frac{0.62}{0.79 - 0.51}\right) = 2.2$	$Chis. = \left(\frac{4'796,580}{15'175,862 - 3'406,465}\right) = 0.41$	$Camp. = \left(\frac{0.43}{2.53 - 0.42}\right) = 0.21$
$Gto. = \left(\frac{0.68}{0.79 - 0.51}\right) = 2.4$	$Chih. = \left(\frac{3'406,465}{15'175,862 - 3'406,465}\right) = 0.29$	$Chis. = \left(\frac{2.32}{2.53 - 0.42}\right) = 1.10$
$Gro. = \left(\frac{0.56}{0.79 - 0.51}\right) = 1.98$	$Gto. = \left(\frac{5'486,372}{15'175,862 - 3'406,465}\right) = 0.47$	$Gro. = \left(\frac{2.53}{2.53 - 0.42}\right) = 1.20$
$Yuc. = \left(\frac{0.63}{0.79 - 0.51}\right) = 2.24$	$Ver. = \left(\frac{7'643,194}{15'175,862 - 3'406,465}\right) = 0.65$	$Yuc. = \left(\frac{0.42}{2.53 - 0.42}\right) = 0.20$

3. El cociente de la diferencia entre el valor mayor y el valor en estudio entre la diferencia del valor mayor y el menor. Con este método los valores normalizados quedan en un rango entre 0 y 1, donde 0 es el criterio que alcanza su mejor valor y 1 su peor valor.

Porcentaje de red secundaria	Número de habitantes	Índice de Marginación
$\frac{\alpha_{max} - \alpha}{\alpha_{max} - \alpha_{min}}$		
Ejemplos de cálculo:	Ejemplos de cálculo:	Ejemplos de cálculo:
$Dgo. = \left(\frac{0.79 - 0.62}{0.79 - 0.51}\right) = 0.61$	$Chis. = \left(\frac{15'175,862 - 4'796,580}{15'175,862 - 3'406,465}\right) = 0.88$	$Camp. = \left(\frac{2.53 - 0.43}{2.53 - 0.42}\right) = 0.99$
$Gto. = \left(\frac{0.79 - 0.68}{0.79 - 0.51}\right) = 0.42$	$Chih. = \left(\frac{15'175,862 - 3'406,465}{15'175,862 - 3'406,465}\right) = 1.00$	$Chis. = \left(\frac{2.53 - 2.32}{2.53 - 0.42}\right) = 0.10$
$Gro. = \left(\frac{0.79 - 0.56}{0.79 - 0.51}\right) = 0.84$	$Gto. = \left(\frac{15'175,862 - 5'486,372}{15'175,862 - 3'406,465}\right) = 0.82$	$Gro. = \left(\frac{2.53 - 2.53}{2.53 - 0.42}\right) = 0.00$
$Yuc. = \left(\frac{0.79 - 0.63}{0.79 - 0.51}\right) = 0.59$	$Ver. = \left(\frac{15'175,862 - 7'643,194}{15'175,862 - 3'406,465}\right) = 0.64$	$Yuc. = \left(\frac{2.53 - 0.42}{2.53 - 0.42}\right) = 1.00$

Al realizar la suma de los tres criterios por los tres procedimientos de normalización el estado que obtuvo los mayores resultados para dos de los tres procedimientos fue Oaxaca, por lo que se decidió definir la zona de estudio en la RFLP de esta entidad, los resultados se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Resultados del proceso de normalización.

Entidad	Normalización		
	Procedimiento 1	Procedimiento 2	Procedimiento 3 <sup>52</sup>
<b>Oaxaca</b>	<b>1.83</b>	<b>3.4</b>	1.91
Guerrero	1.7	3.18	0.84
México	1.66	3.16	0.96
Chiapas	1.23	1.51	0.98
Guanajuato	1.21	2.87	1.24
Querétaro	1	2.82	<b>0</b>
Hidalgo	0.99	2.38	1.64
Yucatán	0.96	2.44	1.59
Veracruz	0.93	1.16	1.33
San Luis Potosí	0.88	2.14	1.89
Durango	0.78	2.21	0.61
Tlaxcala	0.7	1.98	0.85
Puebla	0.66	0.83	1.66
Nayarit	0.65	1.82	1
Michoacán	0.49	0.62	1.87
Jalisco	0.48	0.62	0.66
Nuevo León	0.31	0.4	0.89
Chihuahua	0.22	0.29	1
Tabasco	0.19	0.22	0.98
Campeche	0.17	0.21	0.99

Fuente: Elaboración propia considerando la información de (SCT, 2015), (Consejo Nacional de Población, 2010) e (INEGI, 2010).

<sup>52</sup> En este procedimiento a diferencia de los otros, se considera que el mejor valor es el más pequeño y el peor el más grande.

El estado de Oaxaca se localiza al sur de la República Mexicana, limita al norte con Puebla y Veracruz, al este con Chiapas, al oeste con Guerrero y al Sur con el Océano Pacífico. Está definido por tres grandes regiones, al este se encuentra el Istmo de Tehuantepec, en el centro la Sierra Madre de Oaxaca y al oeste la Sierra Mixteca. Según datos del INEGI en el año 2010 la población de Oaxaca era de 3'801,962 habitantes, esto es el 3.3% de la población a nivel nacional; alberga a 570 municipios y la superficie con la que cuenta es de 93'697.03 km<sup>2</sup> lo que representa el 4.78% de la superficie del país.

Puertos: En cuanto a infraestructura de transporte, la costa de Oaxaca cuenta con 4 puertos marítimos principales:

- Salina Cruz: este puerto forma parte de los 3 corredores económicos que unen al Océano Pacífico con el Océano Atlántico, los cuales son: Corredor del Norte que inicia en el Puerto de Mazatlán y termina en los Puertos de Matamoros y Altamira, el Corredor del Centro que conecta los Puertos de Manzanillo y Lázaro Cárdenas con los de Veracruz y Tuxpan, y por último el Corredor del Sur que es el eje transversal del Istmo de Tehuantepec, que conecta a los Puertos de Salina Cruz y Coatzacoalcos mediante 336.5 km por carretera y 302 por ferrocarril. El puerto de Salina Cruz es catalogado como un puerto operador; a través de sus instalaciones moviliza la carga comercial de la región sur y sureste del país, se distribuyen petrolíferos en la costa del Pacífico Mexicano y se exporta combustóleo, turbosina, amoniaco, diésel y crudo<sup>53</sup>, permite navegación de altura y cabotaje<sup>54</sup>.
- Bahías de Huatulco: está integrado por nueve bahías (San Agustín, Chachacual, Maguey, Órgano, Santa Cruz, Chahué, Cacaluta, Tangolunda y Conejos) cuenta con una franja costera de 35 km de longitud. Se encuentra a 282 kilómetros desde la ciudad de Oaxaca. El Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR) funge como Operadora Portuaria, ya que este puerto fue parte de la infraestructura necesaria para reactivar la economía de Huatulco, consolidándolo como destino

---

<sup>53</sup> (SCT, Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, 2016).

<sup>54</sup> *Altura: navegación en alta mar; son puertos que atienden embarcaciones, personas y bienes, en navegación entre puertos nacionales e internacionales. Cabotaje: navegación costera o próxima a la costa; son puertos que solo atienden embarcaciones, personas y bienes, en navegación entre puertos nacionales* (SCT, Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, 2016).

turístico<sup>55</sup>. Permite la navegación de altura y cabotaje y su principal servicio que ofrece es el turismo, ya que cuenta con terminales que permiten recibir cruceros y marinas para embarcaciones de recreo, también es utilizado por buques de guerra de la Secretaría de Marina-Armada de México.

- Puerto Ángel: permite anclar a buques pequeños en la época de secas (octubre-junio) tanto para navegación de altura como de cabotaje; los servicios que ofrece principalmente son para turismo y productos pesqueros.<sup>56</sup>
- Puerto Escondido: también es un puerto que recibe embarcaciones locales de pesca y de recreo, por lo que su principal actividad es turismo y pesca.

Aeropuertos: Oaxaca cuenta con 3<sup>57</sup> aeropuertos que realizan viajes internacionales y nacionales, Aeropuerto de Oaxaca ubicado en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Aeropuerto de Puerto Escondido perteneciente al municipio de San Pedro Mixtepec Distrito 22 y el Aeropuerto de Huatulco que se encuentra en el municipio de Santa María Huatulco. Así mismo cuenta con 16 aeródromos, los cuales se encuentran en los siguientes municipios: Heroica Ciudad de Huajuapán de León (1), Putla Villa de Guerrero (1), San Jacinto Tlacotepec (1), San José Independencia (1), San Juan Bautista Tuxtepec (1), San Mateo Yucutindoo (1), San Pedro Tapanatepec (1), Santa Cruz Zenzontepec (2), Santiago Amoltepec (3), Santiago Jamiltepec (1), Santo Domingo Zanatepec (1) y Villa de Tututepec de Melchor Ocampo (2).

Ferrocarriles: la longitud de la red ferroviaria en Oaxaca es de 648 km<sup>58</sup>, las cuales están divididas en 3 líneas: operada por la empresa Ferrocarril del Sureste (FERROSUR) se encuentra la línea que inicia en la ciudad de Oaxaca y termina en Tehuacán, Puebla; la empresa de participación estatal mayoritaria Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec tiene a su cargo la línea que comunica al Puerto de Salina Cruz con el Puerto de Coatzacoalcos, y la línea ferroviaria que une a la Ciudad de Juchitán con la de Tapachula, Chiapas.

Carreteras: La RFLP de Oaxaca está integrada por 2,850 kilómetros, los cuales pertenecen a 10 rutas. En el Cuadro 18 se presentan estas rutas, el tipo de red y la longitud lineal. Cabe

---

<sup>55</sup> (Fondo Nacional de Fomento al Turismo, 2016).

<sup>56</sup> (SEMAR, Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrología y Meteorología., 2016).

<sup>57</sup> (INEGI, 2015).

<sup>58</sup> (SCT, Dirección General de Planeación , 2013).

aclarar que existen 48.75 km, de la carretera La Tinaja – Sayula ruta 145 que Veracruz conserva, es por ello que se excluyó de los análisis posteriores.

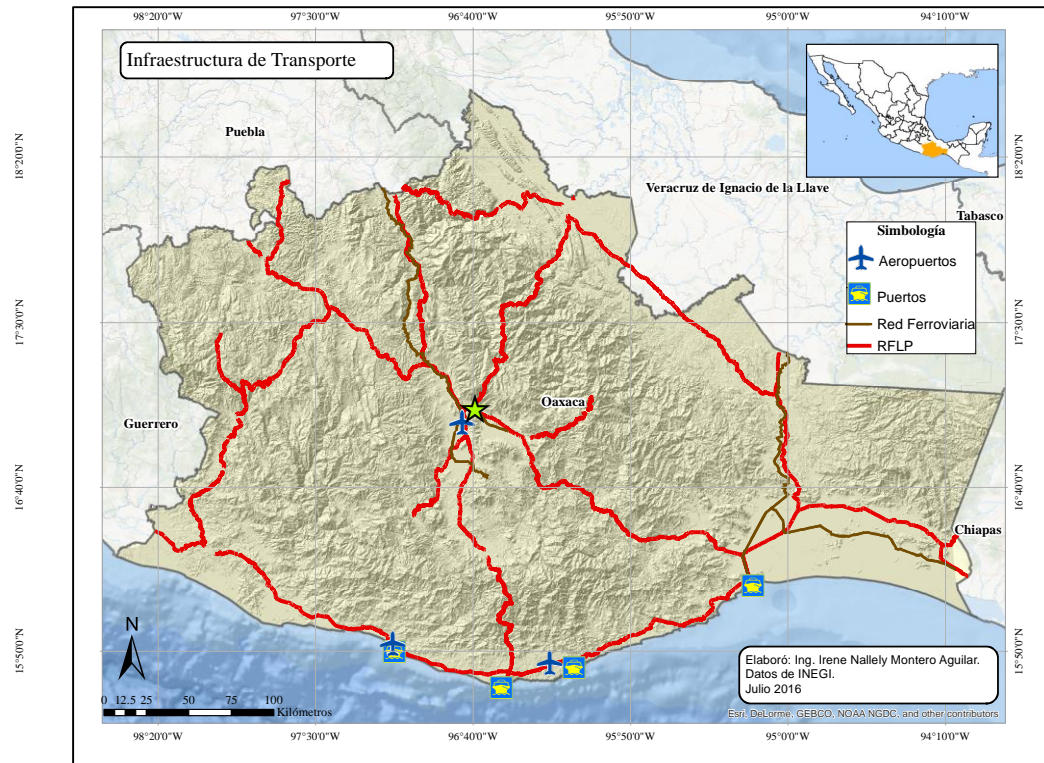
*Cuadro 18. Carreteras que integran la RFLP de Oaxaca.*

Carretera	No. Ruta	Tipo de Red	Longitud Lineal (Km)
Tehuacán - Huajuapán De León	125	S	68.80
T. Yucudaa - Pinotepa Nacional	125	S	313.60
Tehuacán - Oaxaca	131	S	143.70
Oaxaca - Puerto Escondido	131	S	79.50
La Tinaja - Sayula	145	B	48.75
Tuxtepec - Matías Romero	147	S	129.90
Alvarado - Tuxtepec	175	S	4.30
Tuxtepec - Oaxaca	175	S	209.90
Oaxaca - Puerto Ángel	175	S	256.30
Mitla - Playa Vicente	179	S	160.90
Teotitlán - Tuxtepec	182	S	155.64
Coatzacoalcos - Salina Cruz	185	C	196.69
Puebla - Huajuapán De León	190	B	13.49
Huajuapán De León - Oaxaca	190	B	222.70
Oaxaca - Tehuantepec	190	C	264.24
La Ventosa - Tapanatepec	190	C	94.60
Tapanatepec - Tuxtla Gutiérrez	190	B	17.90
Acapulco - Pinotepa Nacional	200	B	40.40
Pinotepa Nacional - Salina Cruz	200	B	401.04
Tapanatepec - Talismán	200	C	28.00
Total:			2,850.35

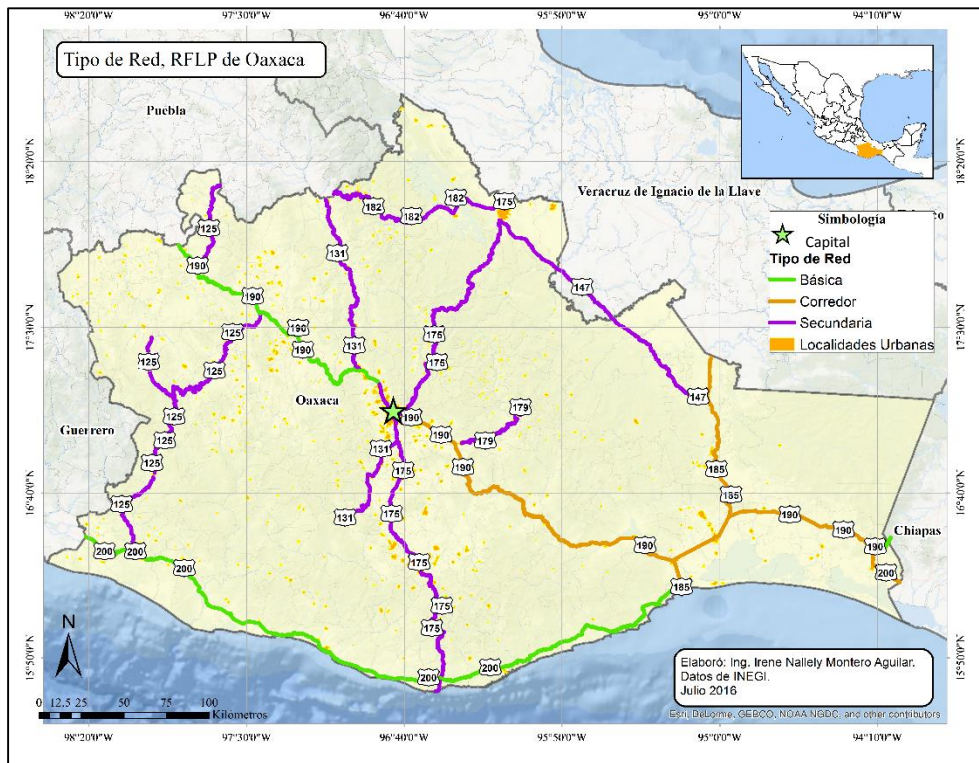
*Fuente: Elaboración propia considerando la información de la Jurisdicción de Junio 2015 de la DGCC.*

En el Mapa 1 se presenta la infraestructura de transporte con la que cuenta Oaxaca y en el Mapa 2 se muestra la RFLP por tipo de red: básica, corredor y secundaria. Cabe mencionar que en el Anexo de Mapas, se encuentra una réplica de estos en tamaño carta.

Mapa 1. Infraestructura de Transporte en el estado de Oaxaca.



Mapa 2. Red Federal Libre de Peaje del estado de Oaxaca.



CARACTERIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL TRANSPORTE CARRETERO EN LA ZONA DE ESTUDIO

En el Cuadro 19 se incluye el promedio ponderado del TDPA, la composición vehicular y la tasa de crecimiento para cada carretera, que se obtienen a partir de los Datos Viales que publica la DGST.

El TDPA se define como el valor de la media aritmética de los volúmenes diarios de flujo vehicular para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la carretera (SCT, 2014). Al realizar el cálculo del promedio ponderado, se consideran todas las mediciones de TDPA a lo largo de la carretera en estudio. La composición vehicular esta agrupada en 3 tipos: A es la suma de los automóviles y motocicletas; B corresponde a los autobuses y C es la suma de vehículos pesados que incluye todos los tipos de camiones, por otro lado la tasa de crecimiento considera los promedios ponderados del TDPA para el periodo 2010-2014. En el Anexo Técnico se explica el cálculo que se utilizó para obtener estos valores y se explican con mayor detalle estos conceptos.

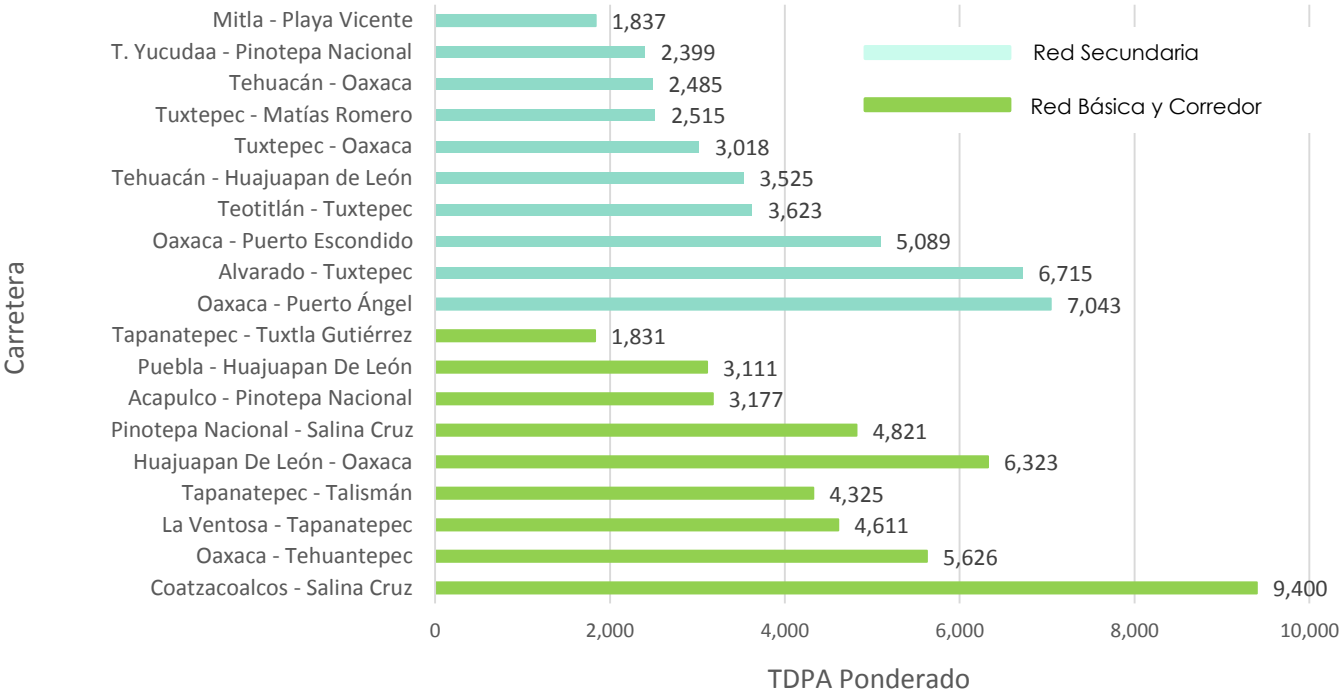
Cuadro 19. Rutas que forman la RFLP de Oaxaca.

Tramo carretero	No. Ruta	Tipo de Red	TDPA ponderado	Composición Vehicular (%)			Tasa de crecimiento (%)
				A	B	C	
Mitla - Playa Vicente	179	S	1,837	88.9	0.6	10.5	7.6
T. Yucudaa - Pinotepa Nacional	125	S	2,399	84.3	1.8	13.9	1.7
Tehuacán - Oaxaca	131	S	2,485	91.4	0.4	8.2	10
Tuxtepec - Matías Romero	147	S	2,515	84.7	2.5	12.9	4.4
Tuxtepec - Oaxaca	175	S	3,018	89	0.6	10.4	4.5
Tehuacán - Huajuapán de León	125	S	3,525	87.6	0.7	11.7	10.4
Teotitlán - Tuxtepec	182	S	3,623	87.9	0.5	11.6	8.3
Oaxaca - Puerto Escondido	131	S	5,089	84.2	2.5	13.3	11.9
Alvarado - Tuxtepec	175	S	6,715	75.3	2.9	21.8	3.2
Oaxaca - Puerto Ángel	175	S	7,043	89.1	0.6	10.3	12.3
Tapanatepec - Tuxtla Gutiérrez	190	B	1,831	80.1	4.6	15.3	-3.2
Puebla - Huajuapán De León	190	B	3,111	85.6	3.3	11.1	5
Acapulco - Pinotepa Nacional	200	B	3,177	86.2	1.6	12.3	7.4
Pinotepa Nacional - Salina Cruz	200	B	4,821	85.4	1.9	12.7	32.5
Huajuapán De León - Oaxaca	190	B	6,323	89.6	0.8	9.6	3.9
Tapanatepec - Talismán	200	C	4,325	72.7	3	24.3	0.4
La Ventosa - Tapanatepec	190	C	4,611	71.9	3.8	24.3	13.7
Oaxaca - Tehuantepec	190	C	5,626	90.4	1.1	8.5	12.3
Coatzacoalcos - Salina Cruz	185	C	9,400	81.5	2.8	15.8	15.5

Fuente: Elaboración propia con información de la DGCC y Datos Viales 2015 de Servicios Técnicos.

Analizando los datos presentados en el Cuadro 19, se observa que el promedio ponderado del TDPA en las redes secundarias no es muy diferente a los obtenidos en las redes de corredor y básica, como se puede apreciar en la Gráfica 7. En la red secundaria del estado, la carretera Oaxaca–Puerto Ángel, que pertenece a la ruta 175, es la de mayor TDPA con 7,043 vehículos debido a que es una ruta turística y tiene influencia del tránsito urbano de la capital oaxaqueña; en tercer lugar y con causas similares, se encuentra la carretera Oaxaca–Puerto Escondido con un TDPA de 5,089 vehículos. La explicación del flujo es diferente para la carretera Alvarado-Tuxtepec, que se encuentra en segundo lugar presentando un TDPA de 6,715 debido a que conecta con el municipio de Tuxtepec, por lo que influye de gran manera el tránsito urbano, en este tramo. Por otro lado la carretera Coatzacoalcos–Salina Cruz es la que mayor TDPA presenta en todo el estado, debido a que es la carretera de tipo corredor que une al puerto de Salina Cruz, Oaxaca con el de Coatzacoalcos en Veracruz. El Mapa 3 es una representación gráfica de esto.

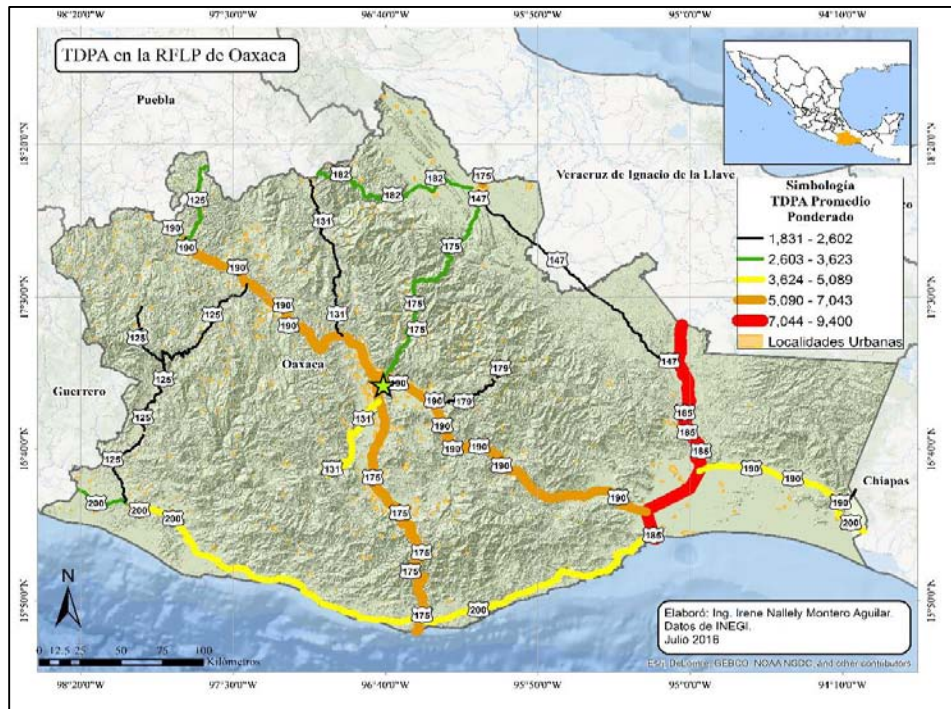
Gráfica 7. TDPA ponderado de la RFLP en Oaxaca.



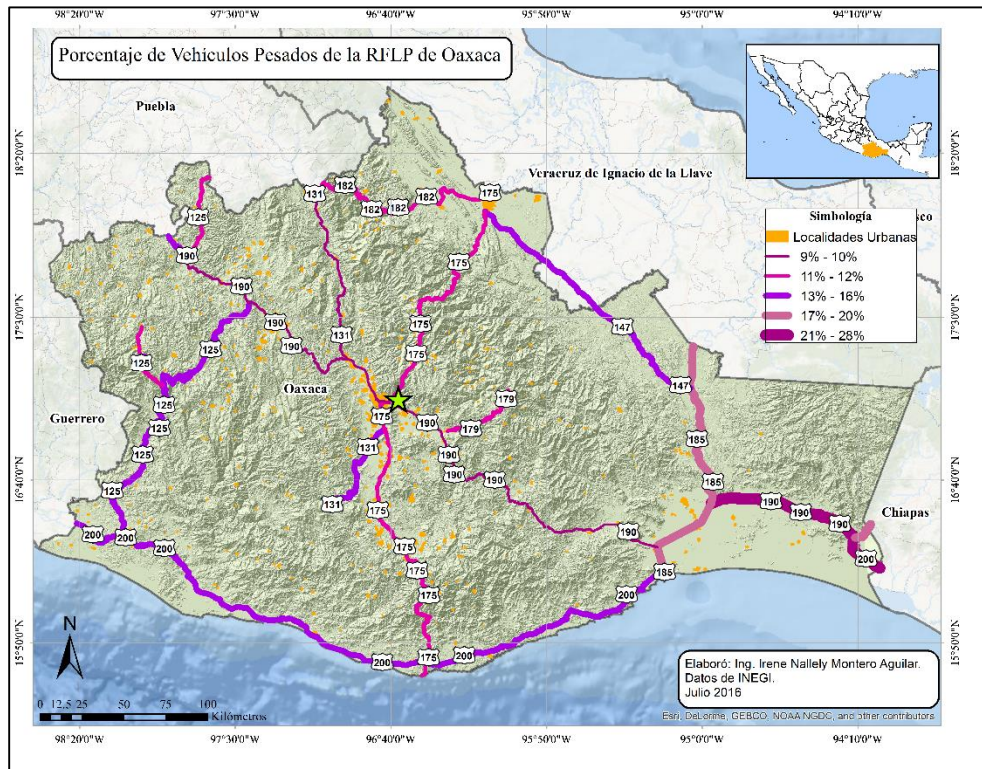
Fuente: Elaboración propia con información de la DGCC y Datos Viales 2015 de Servicios Técnicos.



Mapa 3. TDEA en la RFLP de Oaxaca.

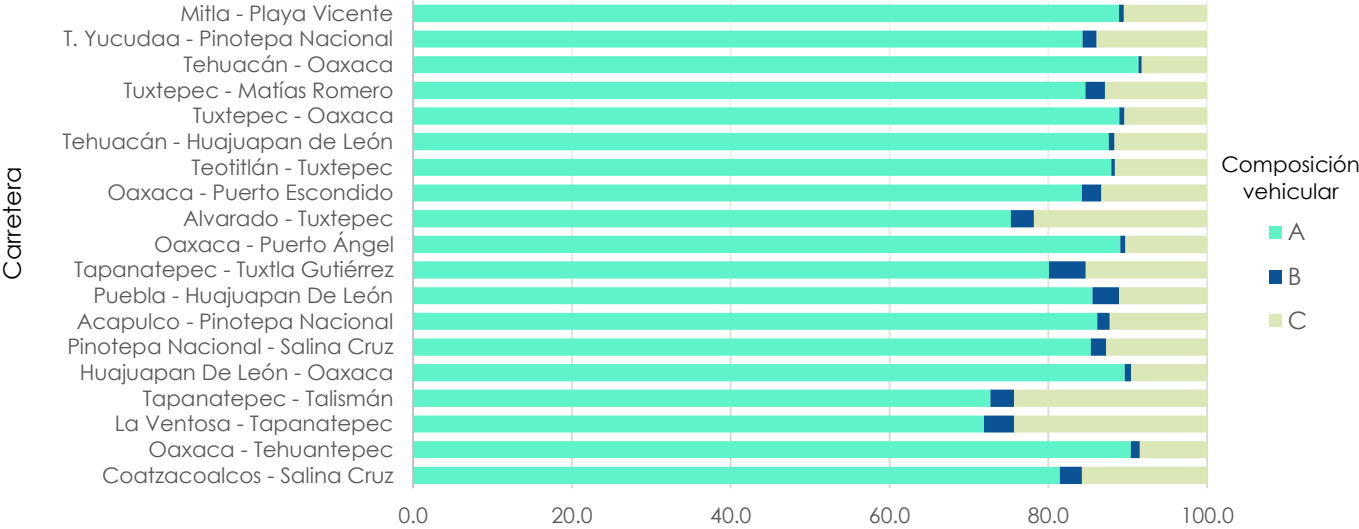


Mapa 4. Porcentaje de vehículos pesados de la RFLP de Oaxaca.



En la *Gráfica 8* se presenta la composición vehicular de la RFLP de Oaxaca, donde se observa que la carretera La Ventosa–Tapanatepec, es la que más porcentaje de vehículos tipo B y C presenta con 3.8 y 24.3, respectivamente, esto es importante porque uno de los factores que más deterioran los caminos son los vehículos pesados que circulan en ellos. En el *Mapa 4* se encuentra la representación del porcentaje de vehículos pesados.

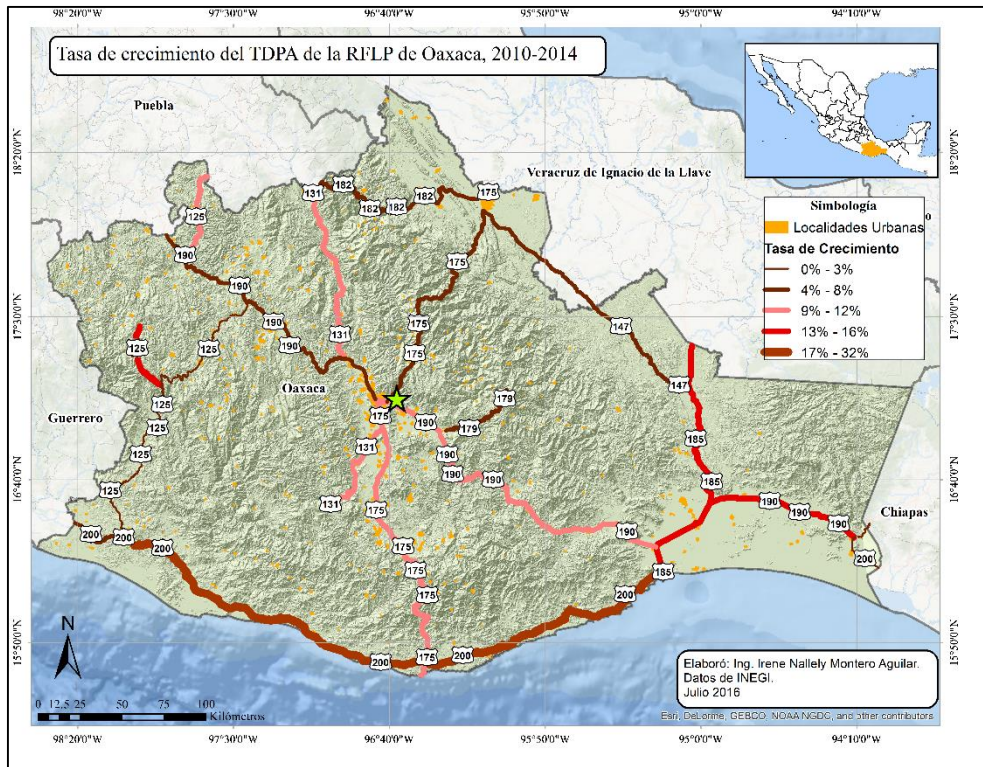
*Gráfica 8. Composición vehicular de la RFLP de Oaxaca.*



Fuente: Elaboración propia con información de la DGCC y Datos Viales 2015 de Servicios Técnicos.

Para calcular las tasas de crecimiento se utilizaron los promedios ponderados de los TDPA para el periodo 2010-2014. La carretera Pinotepa–Salina Cruz que pertenece a la ruta 200 es la que tiene la tasa de crecimiento más alta con 32.5%, por el contrario, la carretera Tapanatepec–Tuxtla Gutiérrez de la ruta 190 registró un decremento en la medición de TDPA en 2014 respecto al 2010, por lo que obtiene una tasa negativa. En el *Mapa 5* se presentan todas las tasas de crecimiento para la RFLP de Oaxaca.

Mapa 5. Tasa de crecimiento del TDPA de la RFLP de Oaxaca, 2010-2014.



## SELECCIÓN DE RUTA CON PRIORIDAD DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

Para los fines de este trabajo, se decidió utilizar la ruta 175 como objeto de estudio, que pertenece a la red secundaria y cuenta con una longitud lineal de 462.7 km; debido a que es una ruta turística que conecta a la capital del estado de Oaxaca con su costa, lo cruza verticalmente por completo y es continua, por lo que permite realizar un análisis íntegro. Cabe mencionar que esta ruta atraviesa la Sierra Madre de Oaxaca, la cual es una región de clima húmedo, por lo que la carretera se ve afectada por condiciones climáticas. El Cuadro 20 contiene las carreteras que la integran, sus kilómetros iniciales y finales y su longitud.

Cuadro 20. Carreteras y tramos de la RFLP que integran la ruta 175 en el estado de Oaxaca.

Carretera	Tramo	Ruta	Red	Km. Inicial	Km. Final	Longitud Lineal (Km)
Alvarado-Tuxtepec	Lím. Edos. Ver. / Oax.-Tuxtepec	175	S	113.00	115.30	2.30
Tuxtepec-Oaxaca	Tuxtepec-La Esperanza			6.00	70.00	64.00
	La Esperanza-Oaxaca			70.00	212.70	142.70
Oaxaca-Puerto Ángel	Oaxaca-Puerto Ángel			0.00	95.00	95.00
	Libramiento Ejutla de Crespo			100.00	247.10	147.10
				0.00	11.60	11.60
Longitud Total:						462.70

Fuente: Elaboración propia con información de DGCC.

Cabe mencionar que algunos de los tramos que cruzan por zonas urbanas no son atendidos por la DGCC, los municipios son los responsables de su mantenimiento.

En este capítulo resalta lo siguiente:

1. Si no se realiza una adecuada conservación en la red carretera, el valor patrimonial de la misma decrece de forma considerable, ocasionando efectos negativos en los usuarios, como es el aumento en los tiempos de recorrido, en el costo de operación vehicular y en el peor de los casos, la falta de conservación de un camino puede ocasionar accidentes de tránsito con saldos en daños materiales, lesiones e incluso la muerte de los usuarios.
2. Los caminos pavimentados nuevos, se deterioran en forma lenta en los primeros 10 a 15 años; después de este tiempo comienzan a aparecer grietas y deformaciones, aumenta el IRI y surgen los primeros baches. Si no se realizan actividades importantes de mantenimiento esta situación produce fallas estructurales, ya que el agrietamiento causa una reducción importante en la resistencia del pavimento, debido a que el agua de lluvia penetra en las grietas y debilita las capas inferiores. Con un mantenimiento rutinario adecuado y un refuerzo oportuno del pavimento, un camino no llegaría a un mal estado, ni requeriría de una reconstrucción.
3. La red secundaria influye a escala regional y local. Sin embargo, está compuesta por tramos que también requieren atención oportuna, ya que la red secundaria es el primer eslabón para conectar a comunidades pequeñas y medianas con localidades y servicios de mayor jerarquía. A finales del año 2014 el 60% de la red

secundaria nacional, se encontraba en estado físico no satisfactorio, esta red representa el 42% de la RFLP a nivel nacional.

4. Los componentes y criterios que se utilizaron para la estrategia alternativa de conservación de carreteras secundarias son los siguientes:
  - Red secundaria:
    - Se eligieron los estados que tienen más del 51% de su RFLP clasificada como secundaria.
  - Número de habitantes:
    - Se eligieron los diez estados con mayor número de habitantes que registró el INEGI en el Censo de 2010, omitiendo al Distrito Federal.
  - Índice de marginación:
    - Se consideraron los estados que reportan una marginación muy alta y alta en este índice que publicó el CONAPO.
5. Con el objetivo de poder comparar los tres criterios, se realizó una normalización, donde el estado que obtuvo los mayores resultados para dos de los tres procedimientos fue Oaxaca, por lo que se decidió definir la zona de estudio en la RFLP de esta entidad.
6. Al analizar el promedio ponderado del TDPA de las rutas carreteras de Oaxaca se observa que el promedio ponderado del TDPA en las redes secundarias no es muy diferente a los obtenidos en las redes de corredor y básica, esto quiere decir que la red secundaria opera con características muy similares a las redes que son primordiales a conservar.
7. Se decidió utilizar la ruta 175 como objeto de estudio, que pertenece a la red secundaria; debido a que es una ruta turística que conecta a la capital del estado de Oaxaca con su costa, lo cruza verticalmente por completo y es continua. Además, atraviesa la Sierra Madre de Oaxaca, la cual es una región de clima húmedo, por lo que la carretera se ve afectada por condiciones climáticas. En el capítulo 3 se realiza el análisis de esta ruta utilizando herramientas de georreferenciación que permiten comparar indicadores técnicos y sociales.

## CAPÍTULO 3. ANÁLISIS GEOESPACIAL PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

El capítulo tres tiene como objetivo realizar un análisis geoespacial que permita identificar tramos carreteros que requieren atención de conservación, utilizando indicadores técnicos y sociales. Para lo cual se plantea la utilidad de la geotecnología, mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en la gestión de conservación de carreteras y se explica una de las herramientas de mayor utilidad para el análisis de este tipo de infraestructura, la segmentación dinámica.

Así mismo, se definen las variables técnicas (IRI, deflexiones y roderas) y sociales (Índice de Marginación, Índice de Desarrollo Humano y Valor Agregado Censal Bruto) que se utilizaron para realizar el análisis geoespacial de la ruta 175 en el estado de Oaxaca, la cual cuenta con 462.7 kilómetros y su área de influencia intersecta a 95 municipios del estado de Oaxaca los cuales suman una población total de 1'108,863 habitantes, lo que representa el 29.16% de la población total del estado.

En la *Figura 6* se observa el contenido del capítulo 3.

*Figura 6. Contenido del Capítulo 3.*



*Fuente: Elaboración propia.*

## UTILIDAD DE LA GEOTECNOLOGÍA EN LA GESTIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

---

El proceso de gestión de conservación de carreteras permite responder a las preguntas:

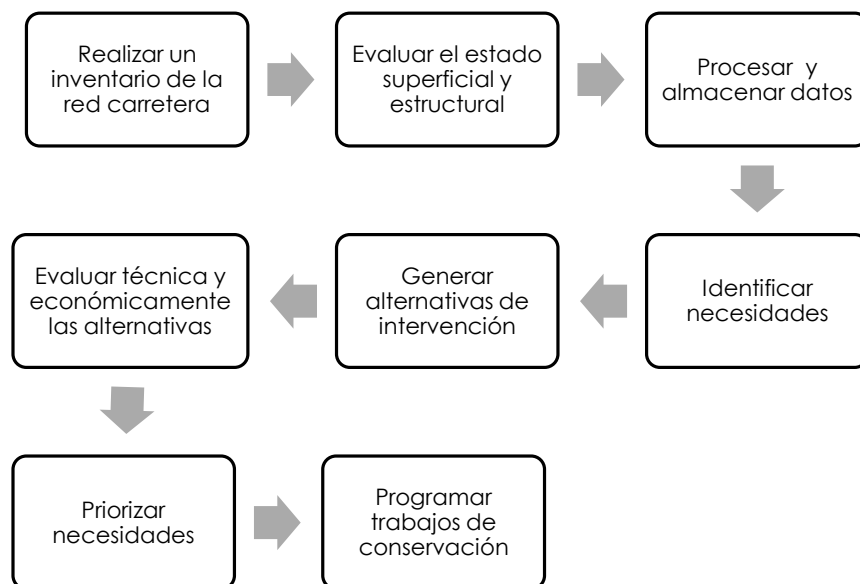
¿Qué trabajos de conservación hacer?

¿Cuándo hacerlos?

¿En qué tramos carreteros?

Es un proceso que generalmente se realiza de manera anual por los organismos viales. Comienza con un inventario de la ubicación y condición de los elementos que integran la infraestructura carretera. Después se evalúa el estado superficial y estructural mediante indicadores de condición, como IRI, roderas y deflexiones, los cuales se definen más adelante. Estos datos se procesan y almacenan en un sistema de gestión, con el fin de realizar un listado de requerimientos de conservación que permite identificar necesidades. En función de estas necesidades se plantean alternativas de intervención que posteriormente se evalúan técnica y económicamente, lo que permite priorizar las necesidades de conservación. Como resultado de estos análisis se generan reportes que ayudan a los tomadores de decisiones a programar la reparación de carreteras. En la *Figura 7* se resume este proceso.

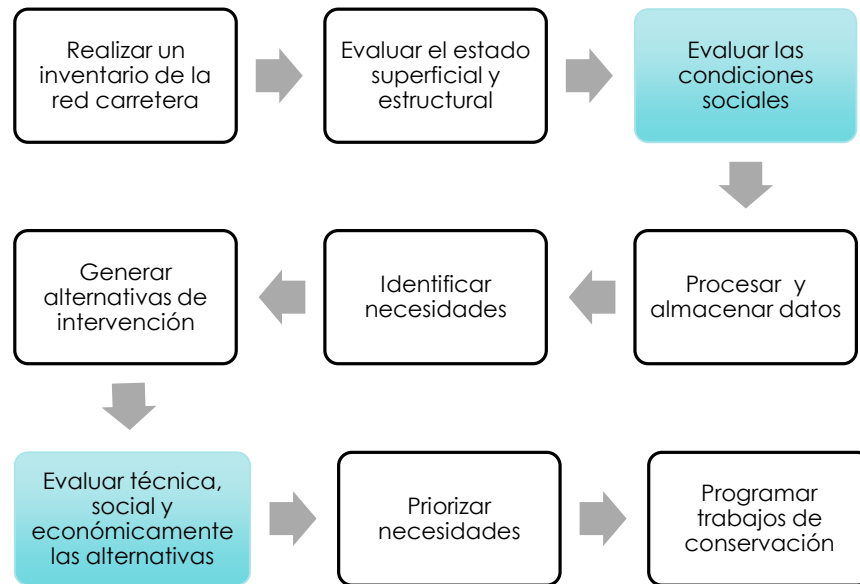
*Figura 7. Proceso de la gestión de conservación de carreteras.*



*Fuente: Elaboración propia con información de DGCC.*

En este trabajo se propone que para la administración de la red secundaria se consideren variables sociales, en la *Figura 8* se presenta la modificación al proceso de gestión de conservación de carreteras representado en la *Figura 7*.

*Figura 8. Propuesta del proceso de la gestión de conservación de carreteras, para la red secundaria.*



*Fuente: Elaboración propia con información de DGCC.*

La geotecnología es la unión entre el conocimiento geográfico y el conocimiento tecnológico; la geotecnología aplicada está relacionada con los métodos y técnicas de análisis espacial estandarizados mediante la tecnología de los SIG<sup>59</sup>; que permiten realizar análisis geospaciales de gran utilidad para la gestión de conservación de carreteras, ya que permite comparar y enlazar diferentes tipos de información (gráfica y alfanumérica). Por ejemplo: datos poblacionales (nombre, número de habitantes, población vulnerable, etc.) y datos de carreteras (nombre, clasificación y volumen de tránsito, indicadores de condición estructural y superficial, trabajos de conservación realizados, tipo de pavimento, accidentes).

Los datos necesarios para la gestión de conservación de carreteras, espacialmente son, puntos o secciones de líneas. Las carreteras son espacialmente líneas y como referencia generalmente se utilizan las marcas de kilometraje, ya que el uso de coordenadas no es lo más común para localizar elementos de la carretera, por ejemplo, el tramo de concreto hidráulico inicia en el kilómetro 2.5, contrario a: el tramo de concreto hidráulico inicia en

<sup>59</sup> (Buzai, 2011).



30°40'25"N 96°22'32"W. La segmentación dinámica, es un proceso de los SIG, que permite integrar datos alfanuméricos con datos gráficos.

---

## GEORREFERENCIACIÓN DE DATOS MEDIANTE LA SEGMENTACIÓN DINÁMICA EN UN SIG

---

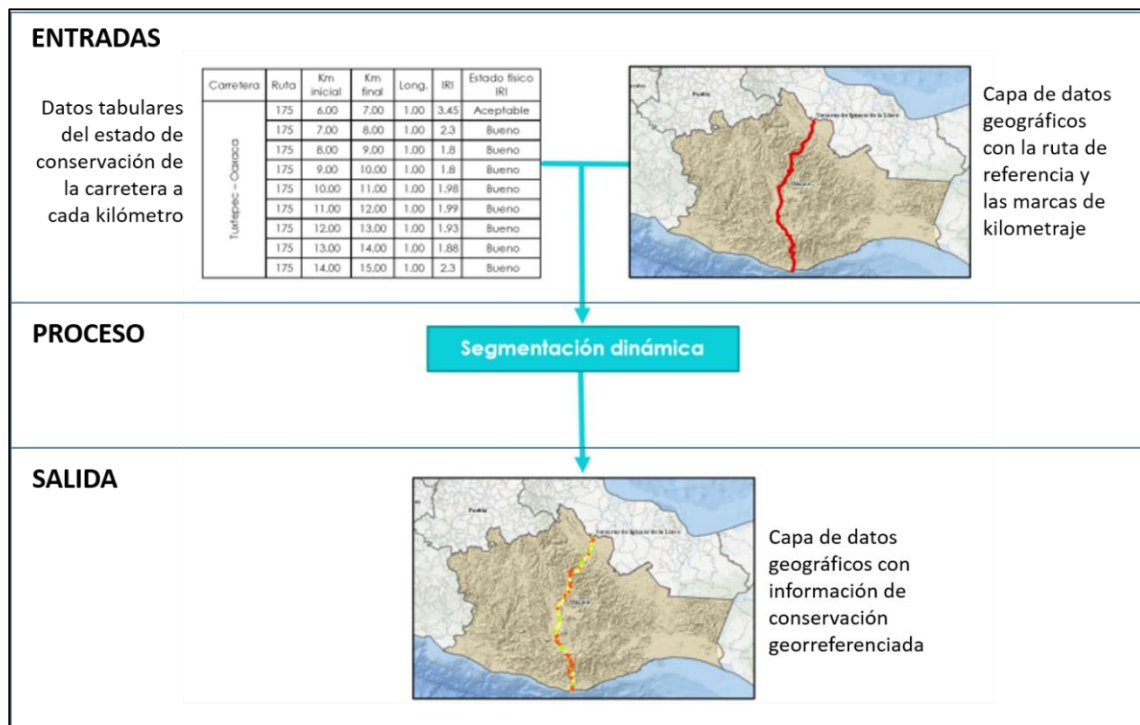
La segmentación dinámica es el proceso de calcular la ubicación de eventos lineales o puntuales sobre los segmentos georreferenciados en un mapa, a partir de los datos almacenados en una tabla, este proceso permite asociar varios conjuntos de atributos sobre cualquier ubicación de una entidad lineal. Algunas aplicaciones pueden ser:

- Asignación de datos en caminos, vías férreas y cauces de ríos.
- Administración de conservación de caminos.
- Manejo de redes urbanas e inventarios para semáforos, luces de tráfico, cruce de peatones.
- Monitoreo de rutas de navegación marítimas.
- Análisis de exploración de gas y petróleo.
- Modelado de redes de comunicación y distribución de: electricidad, teléfono, agua, saneamiento, televisión por cable.
- Manejo de cursos de agua y corrientes.

Los componentes de la segmentación dinámica son los eventos y las rutas. Los eventos son la parte que contienen los datos que se desea mostrar gráficamente, mediante un campo, como el nombre, se hace referencia a la ruta. En los eventos se incluyen campos que ubican cada registro en la ruta, como lo son los campos de inicio y fin de los saltos de línea o campos de ubicación de datos de puntos. Por otro lado, las rutas son la parte espacial de la segmentación dinámica, mediante una polilínea especial, una polilínea es una serie de segmentos definidos por pares de coordenadas (x, y). Una ruta es un objeto lineal que referencia un dato, es una polilínea que además contiene valores de medición en cada vértice.

La georreferenciación consiste en representar la información espacial a través de un sistema de coordenadas de dos dimensiones (x,y), en cambio el referenciamiento lineal, en el que se basa el proceso de segmentación dinámica, la ubicación es dada en términos de un elemento conocido (para este caso una ruta) y una posición o medida sobre él (para este caso, el intervalo de cadenamamiento), lo que hace más sencillo el procedimiento. En la presente investigación se utilizó este proceso para representar espacialmente los valores de IRI, roderas y deflexiones<sup>60</sup> de la ruta 175 a cada kilómetro, en la *Figura 99* se presenta un esquema sobre este procedimiento y en el Anexo de Mapas, se encuentra el mapa de salida de esta figura, que permite apreciarlo con mayor detalle.

Figura 9. Proceso de Segmentación Dinámica.



Fuente: Elaboración propia con información de la DGCC.

<sup>60</sup> Medidos por la DGCC en 2014.

En esta sección se presentan las definiciones de: IRI, deflexiones y roderas sin embargo, en el Anexo Técnico se encuentra información más detallada.

En 1986 el Banco Mundial propuso el Índice de Rugosidad Internacional como medida de regularidad superficial para un camino, este índice es útil como parámetro de referencia para la medición de la calidad de la superficie del pavimento. El IRI se define como "la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior (en milímetros, metros o pulgadas) de un modelo de vehículo (cuarto de carro), dividido entre la distancia recorrida sobre un camino (en metros, kilómetros o millas) que se produce por los movimientos al vehículo, cuando este circula a una velocidad de 80 km/h"<sup>61</sup>. Las dimensiones comunes en las que se expresan los valores son mm/m o m/km.

Las roderas son deformaciones permanentes de la carpeta asfáltica en el sentido longitudinal, presentes en las rodadas de los vehículos, se pueden formar debido a la deformación permanente de cualquier capa del pavimento, por la consolidación o movimiento lateral por el tránsito.

La deflexión de un pavimento se define como el desplazamiento vertical de la estructura por efecto de una carga y sirve para valorar la capacidad estructural de un pavimento en campo. Se considera que los pavimentos con una estructura deficiente presentan valores altos de deflexión, por lo que requieren de una capa de refuerzo adicional.

En el caso de las mediciones de IRI y deflexiones se agruparon considerando los siguientes rangos:

Cuadro 21. Parámetros para IRI y deflexiones.

Parámetro	Condición <sup>62</sup>		
	Buena	Aceptable	No satisfactoria
IRI	≤ 2.5	2.5 a 3.5	> 3.5
Deflexión	≤ 0.6	0.6 a 0.9	> 0.9

Fuente: Elaboración propia con información de la DGCC.

<sup>61</sup> (Arriaga Patiño, Garnica Anguas, & Rico Rodríguez, 1998).

<sup>62</sup> Para el caso de la medición del IRI, se entiende como condición al estado físico.

---

## GEORREFERENCIACIÓN DE IRI, DEFLEXIONES Y RODERAS

---

Como insumos de este procedimiento, se utilizó la información de la Red Nacional de Caminos que publicó el INEGI en 2014, particularmente las capas de datos geográficos<sup>63</sup>:

- Postes de Referencia: sitio donde la SCT marca el kilometraje en determinado tramo de la red carretera, así como la existencia de algún tipo de señal relevante para el transporte.
- Red Vial: vía de transporte terrestre destinada para el tránsito vehicular y/o peatonal.

Como se ha mencionado, el proceso de segmentación dinámica es relativamente sencillo en cualquier SIG, sin embargo el proceso previo de limpieza y estructuración de datos es el que demanda más tiempo, ya que se deben de revisar y validar los puntos y líneas de las capas con las que se trabajará, por ejemplo, algunas marcas de kilometraje no se encontraban en la posición correcta, por lo que se editaron estos puntos con auxilio de Google Maps, de igual forma, la capa de Red Vial presentaba ciertas inconsistencias como falta de conexión, algunos tramos faltantes y otros duplicados, por lo que se editó.

Los valores de IRI, roderas y deflexiones que se utilizaron para realizar el análisis geoespacial son los correspondientes a las mediciones realizadas a finales del año 2014.

---

## INDICADORES SOCIALES PARA LA PRIORIZACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

---

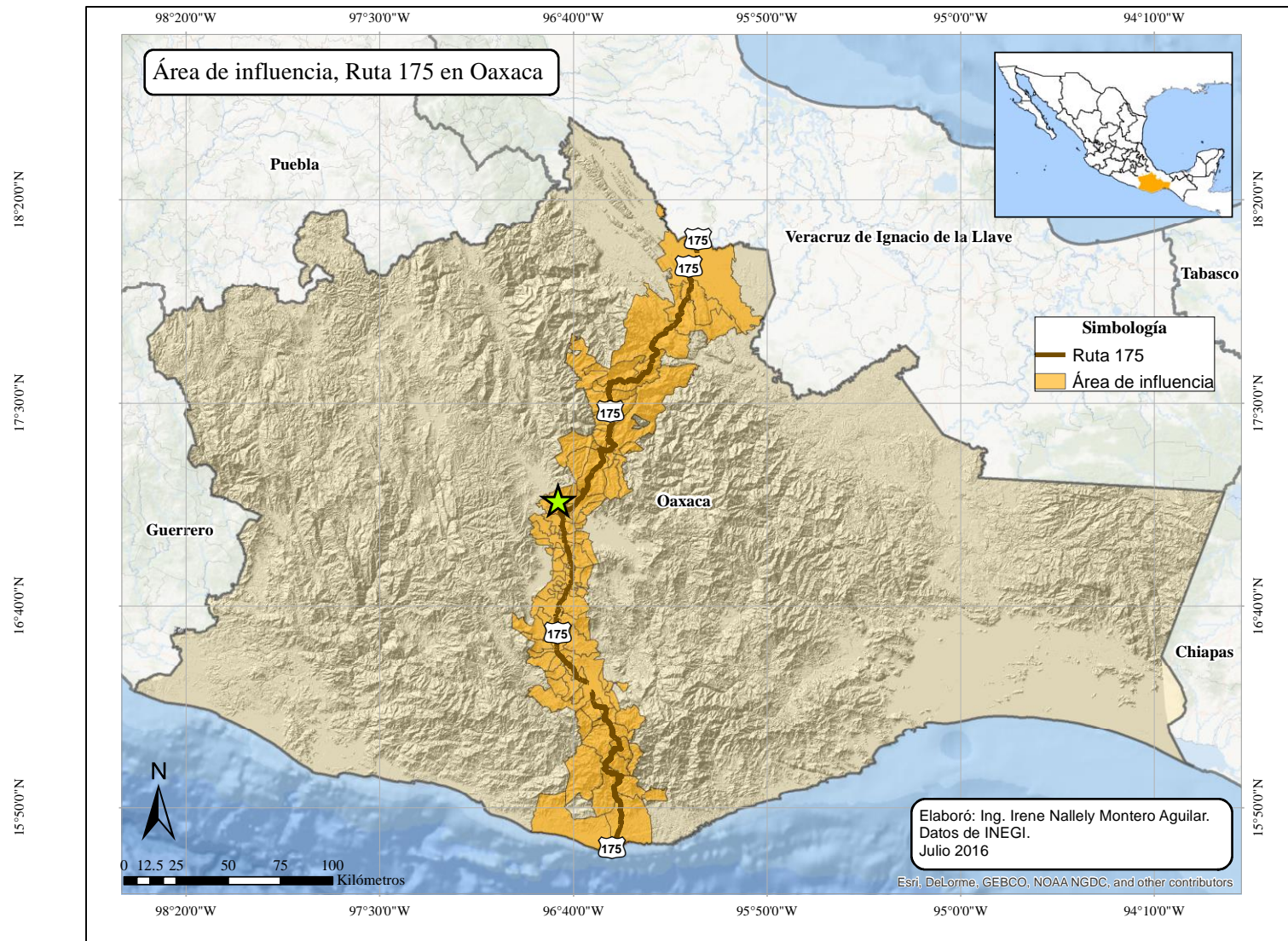
En esta sección se presenta el análisis de tres indicadores a escala municipal que se proponen considerar en la asignación de trabajos de conservación: el índice de marginación municipal, el índice de desarrollo humano y el valor agregado censal bruto. Primero se muestra el análisis de la información para todo el estado de Oaxaca y después solo para el área de influencia para la ruta 175, considerando una franja de 10 kilómetros<sup>64</sup> a partir del trazo de la carretera, como se muestra en el Mapa 6.

---

<sup>63</sup> (INEGI, SCT e IMT, 2014).

<sup>64</sup> (Obregón Biosca, 2008). Al interior de la SCT se considera un área de influencia de 3km.

Mapa 6. Área de influencia de la Ruta 175 en Oaxaca.



---

## POBLACIÓN MUNICIPAL BENEFICIADA

---

Respecto al valor de la población beneficiada se consideró la población total de los municipios cuyo Palacio de Gobierno estuviera dentro del área de influencia, ya que se estimó que este es el centro de actividades económicas y sociales, por lo que concentra el mayor número de población.

La ruta 175 cuenta con 462.7 kilómetros y su área de influencia intersecta a 95 municipios del estado de Oaxaca los cuales suman una población total de 1'108,863 habitantes, lo que representa el 29.16% de la población total del estado. En el Cuadro 35 que se encuentra en el Anexo Técnico, se presenta la clave geográfica (CVEGEO) con la que los identifica INEGI, los nombres de los municipios y la población de cada uno. En el Mapa 7, se representan los municipios y su población del estado de Oaxaca y en los Mapas 8 y 9 se observan solo los municipios que integran la zona de estudio. Destaca que en el 20% de los municipios se encuentra el 80.5% de la población, esto significa que en 19 municipios se encuentran 892,598 habitantes.

---

## ÍNDICE DE MARGINACIÓN MUNICIPAL

---

Como se mencionó anteriormente, la marginación es un *fenómeno estructural que expresa la dificultad para propagar el progreso en el conjunto de la estructura productiva, pues excluye a ciertos grupos sociales del goce de beneficios que otorga el proceso de desarrollo. La precaria estructura de oportunidades sociales para los ciudadanos, sus familias y comunidades los expone a privaciones, riesgos y vulnerabilidades sociales que a menudo, escapan al control personal, familiar y comunitario, cuya reversión requiere del concurso activo de los agentes públicos, privados y sociales*<sup>65</sup>. El índice de marginación que publicó el CONAPO en 2010, permite diferenciar las desigualdades socio-económicas de los municipios en función de las carencias que padece la población considerando: educación, vivienda, ingresos monetarios y distribución de la población. En el Cuadro 22 se presenta el número de municipios de México, su población y el porcentaje que representan respecto a la población total, considerando las 5 clasificaciones del índice.

---

<sup>65</sup> (Consejo Nacional de Población, 2010).

Cuadro 22. Clasificación de la población y municipios a nivel nacional por índice de marginación.

Valores	Índice de Marginación					Totales
	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	
Municipios	441	408	944	401	262	2,456
Millones de personas	5.5	6.0	21.2	16.4	63.2	112.3
Porcentaje población total	4.9%	5.3%	18.9%	14.6%	56.3%	100%

Fuente: Elaboración propia con información de (Consejo Nacional de Población, 2010).

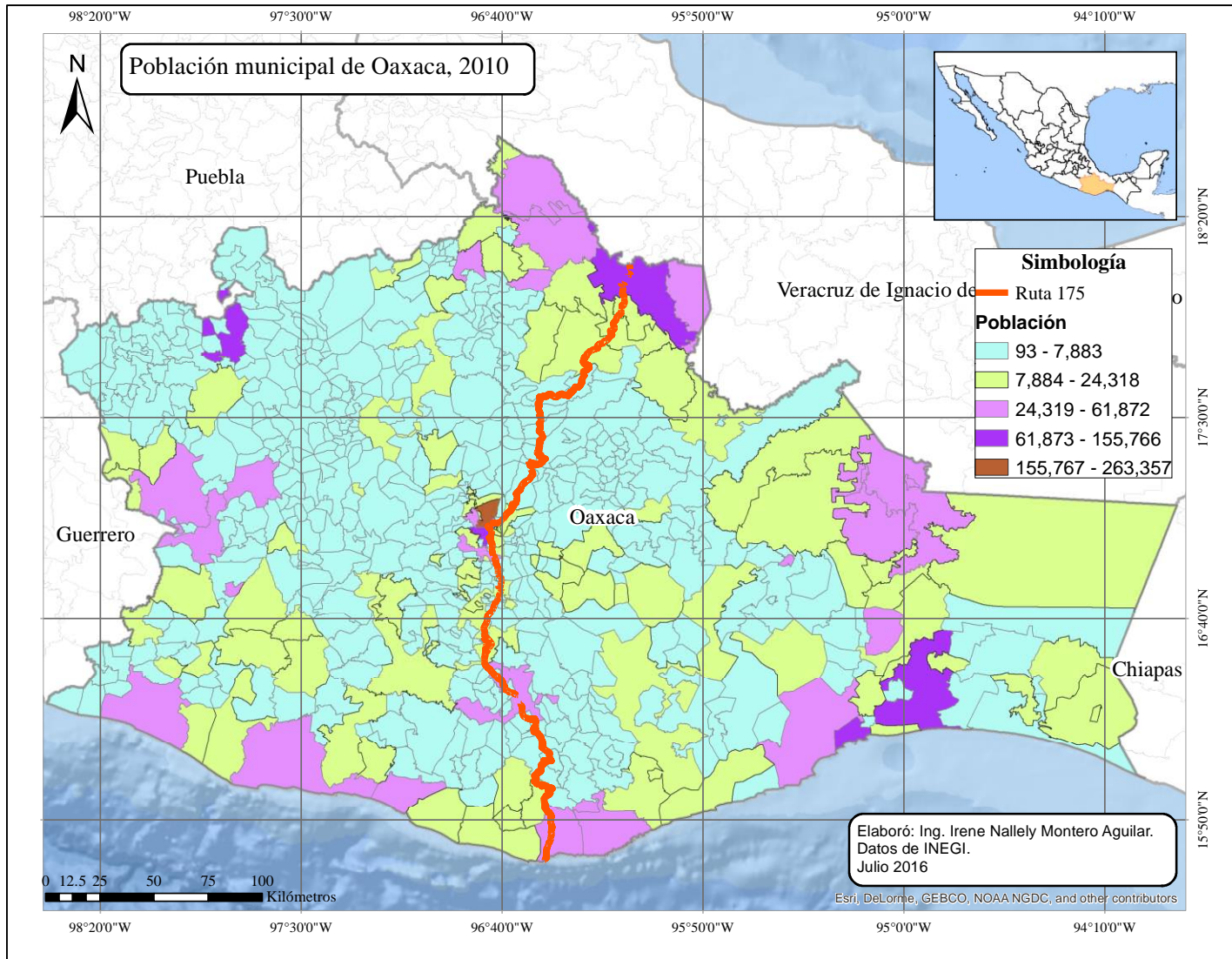
En el Mapa 10 se presenta el índice de marginación a nivel municipal en el estado de Oaxaca, el cual cuenta con 570 municipios, de los cuales 360 se encuentran en una clasificación muy alta y alta, esto es más del 60% del total de municipios, 171 se encuentran en nivel medio y solo 39 en nivel bajo y muy bajo. Al considerar el número de habitantes de cada municipio los resultados son los siguientes: 1'687, 888 personas se encuentran en muy alta y alta marginación que representan el 44.4% del total de la población de la entidad; 1'118,311 personas están en marginación media y 995,763 personas están en marginación baja y muy baja. En el Cuadro 23 se presentan estos valores a detalle.

Cuadro 23. Clasificación de la población y municipios en función del índice de marginación en el estado de Oaxaca.

Índice de marginación	Número de municipios	Porcentaje	Número de habitantes	Porcentaje
Muy alto	216	37.89%	1'067,227	28.07%
Alto	144	25.26%	620,661	16.32%
Medio	171	30.00%	1'118,311	29.41%
Bajo	28	4.91%	526,145	13.84%
Muy bajo	11	1.93%	469,618	12.35%
Total	570	100%	3'801,962	100%

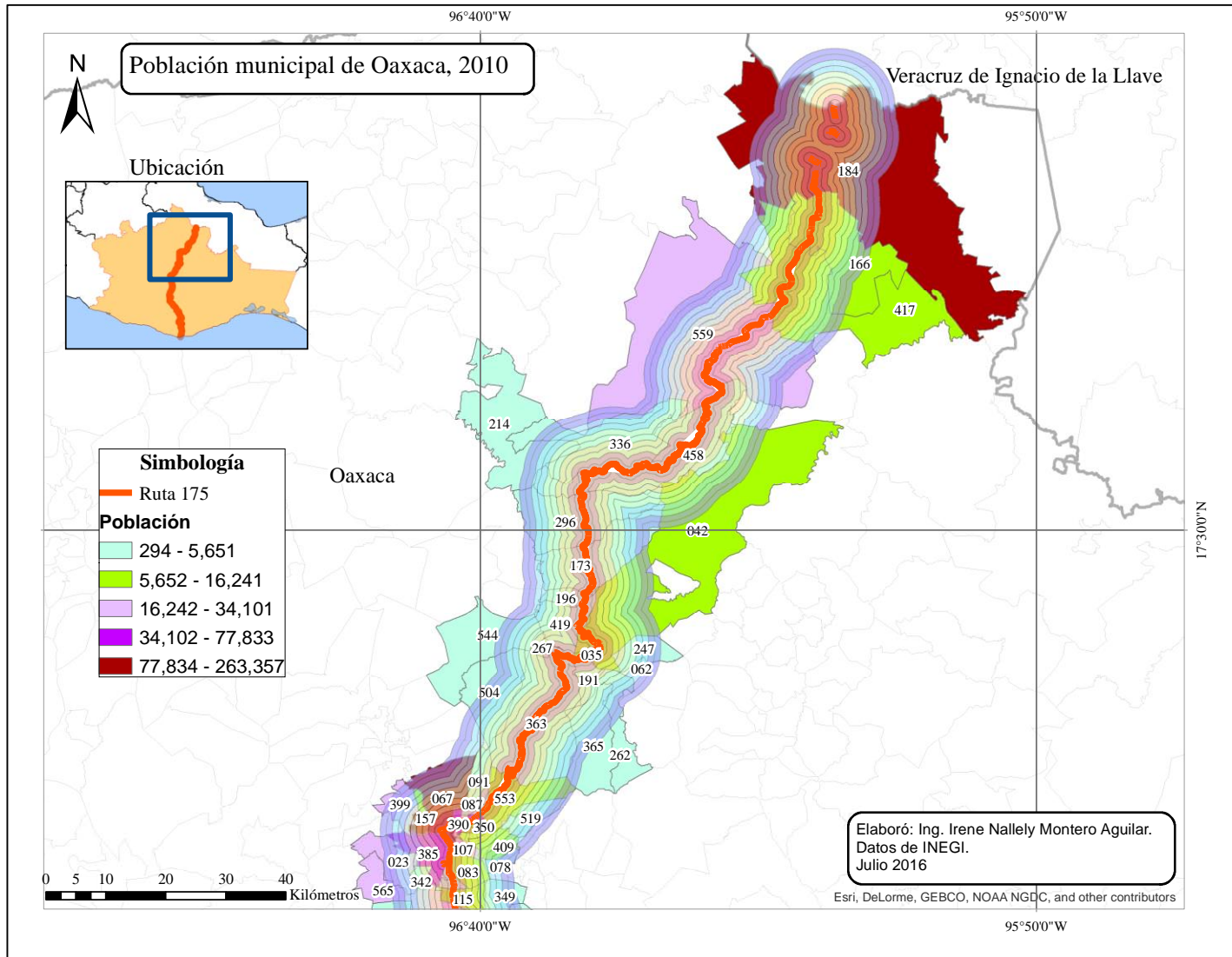
Fuente: Elaboración propia con información de (Consejo Nacional de Población, 2010) y de (INEGI, 2010).

Mapa 7. Población municipal de Oaxaca, 2010.

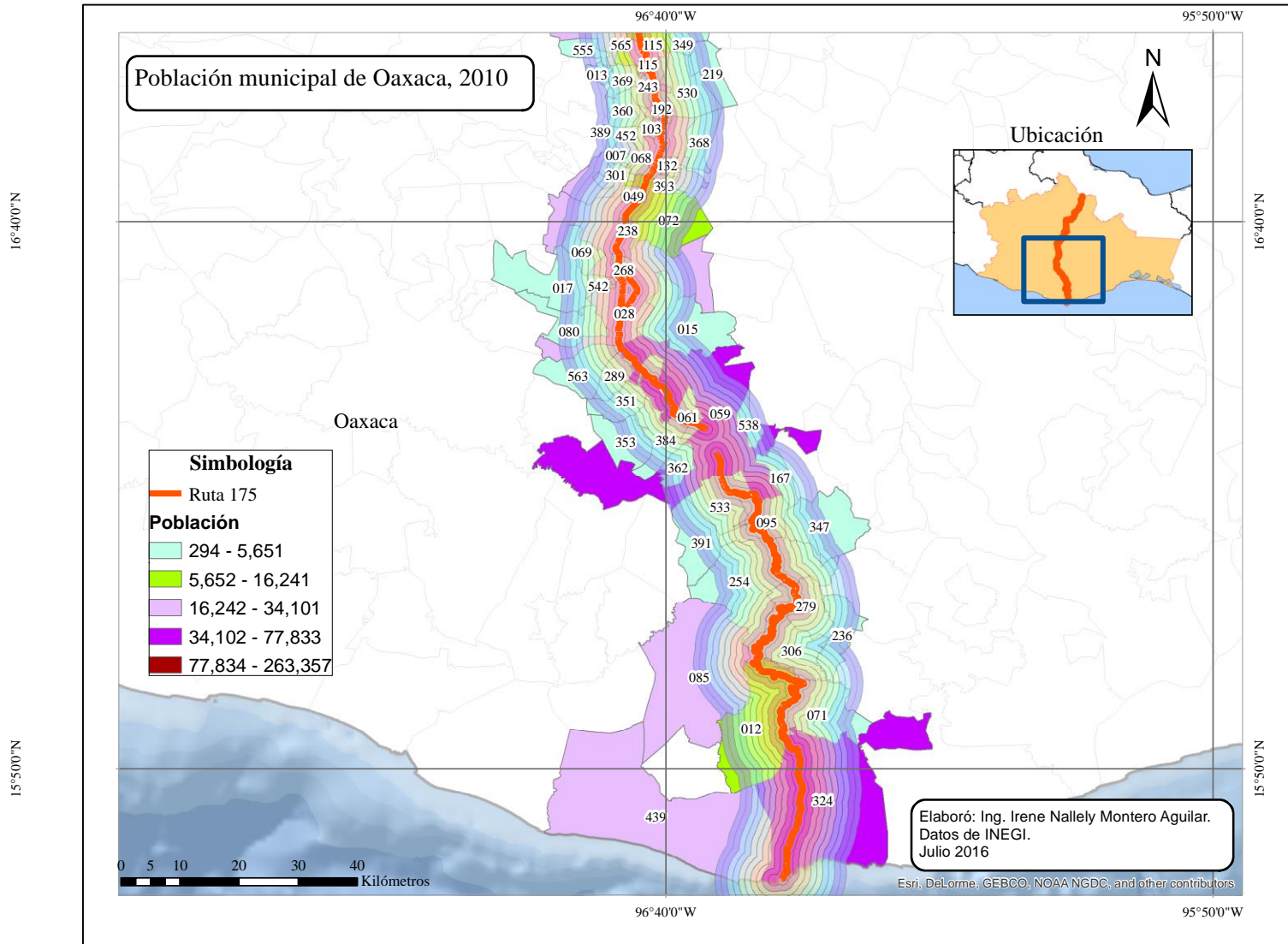




Mapa 8. Población municipal de Oaxaca, 2010. Detalle 1.



Mapa 9. Población municipal de Oaxaca, 2010. Detalle 2.



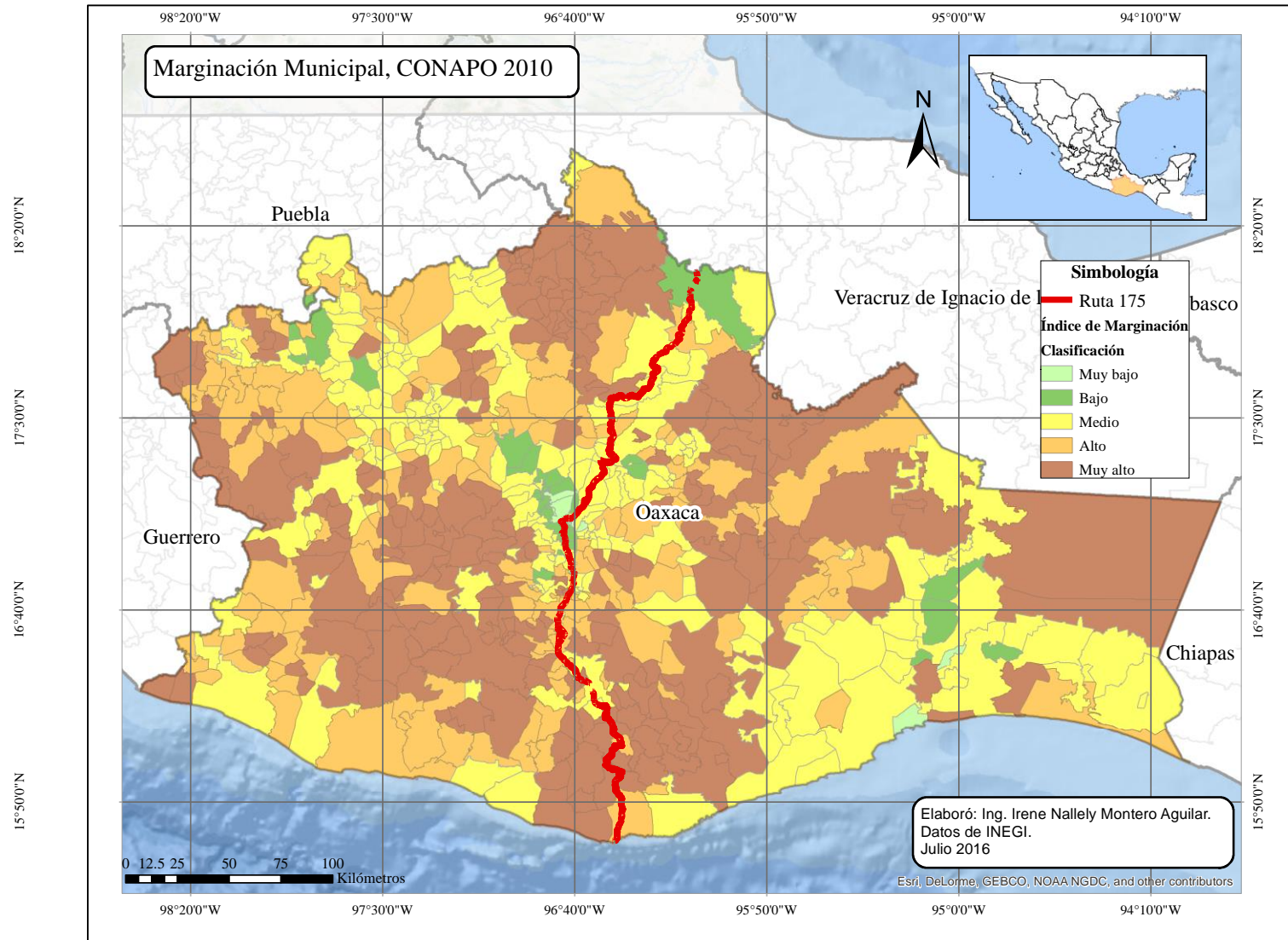
En los Mapas 11 y 12 se puede apreciar a detalle el índice de marginación municipal y la ruta 175, donde, 45 de los 95 municipios que integran el área de influencia tienen un índice de marginación muy alto y alto, lo que representa cerca del 50% del total de municipios, 32 se encuentran en un nivel medio y 18 en marginación baja y muy baja. Respecto al número de habitantes 234,437 personas que representan el 21.14% de la población en el área de influencia se encuentran en un nivel muy alto y alto; 201,171 personas se encuentran en un nivel medio de marginación y 673,255 personas en marginación baja y muy baja. En el Cuadro 24 se presentan estos valores.

*Cuadro 24. Clasificación de la población y municipios en función del índice de marginación para la Ruta 175 en Oaxaca.*

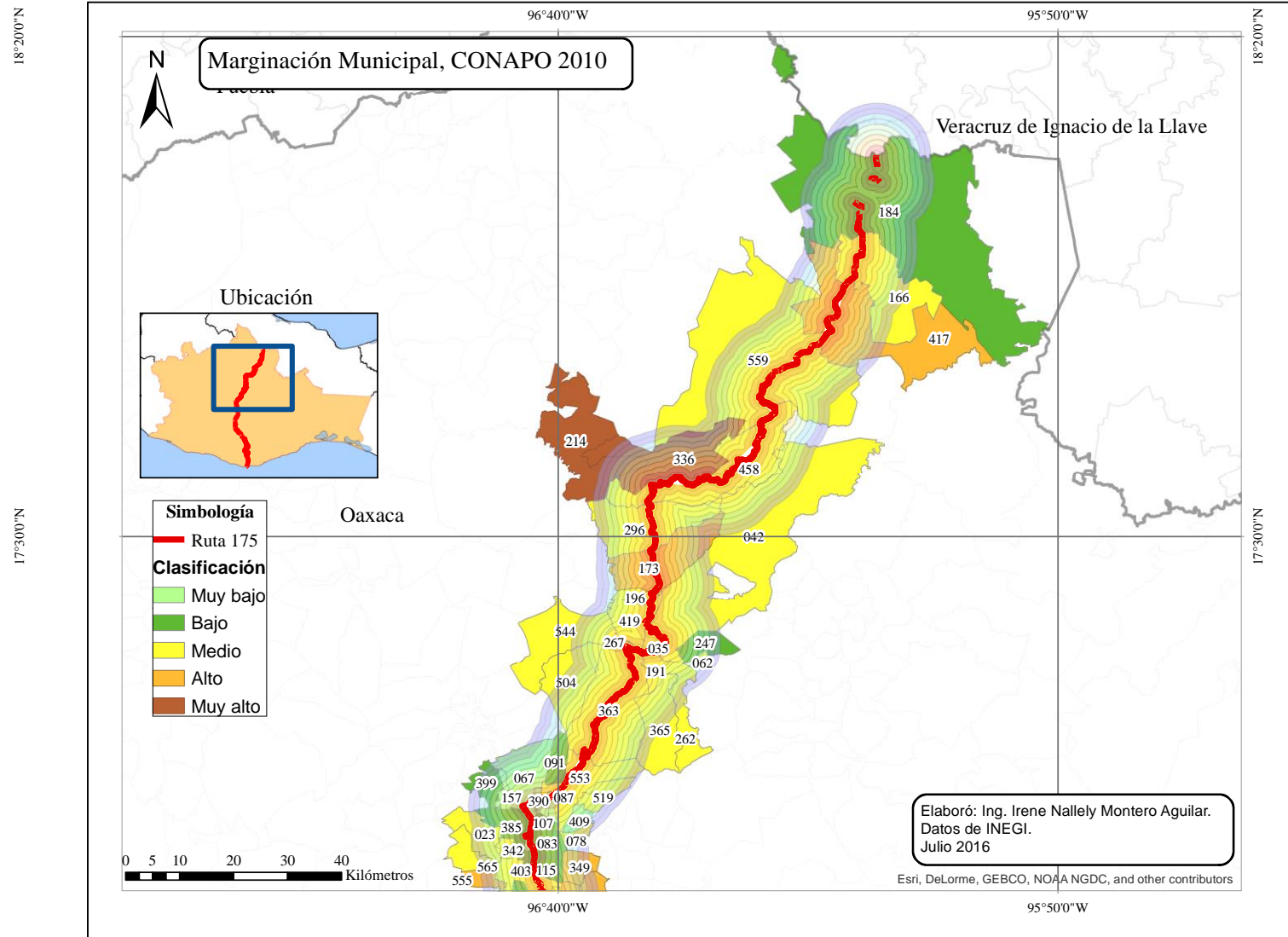
Índice de marginación	Número de municipios	Municipios acumulados	%	% Acum.	Número de habitantes	Hab. acumulados	%	% Acum.
Muy alto	24	24	25.26%	25.26%	116,081	116,081	10.47%	10.47%
Alto	21	45	22.11%	47.37%	118,356	234,437	10.67%	21.14%
Medio	32	77	33.68%	81.05%	201,171	435,608	18.14%	39.28%
Bajo	10	87	10.53%	91.58%	309,853	745,461	27.94%	67.22%
Muy bajo	8	95	8.42%	100%	363,402	1'108,863	32.77%	100%
Total	95		100%		1'108,863		100%	

*Fuente: Elaboración propia con información de (Consejo Nacional de Población, 2010) y de (INEGI, 2010).*

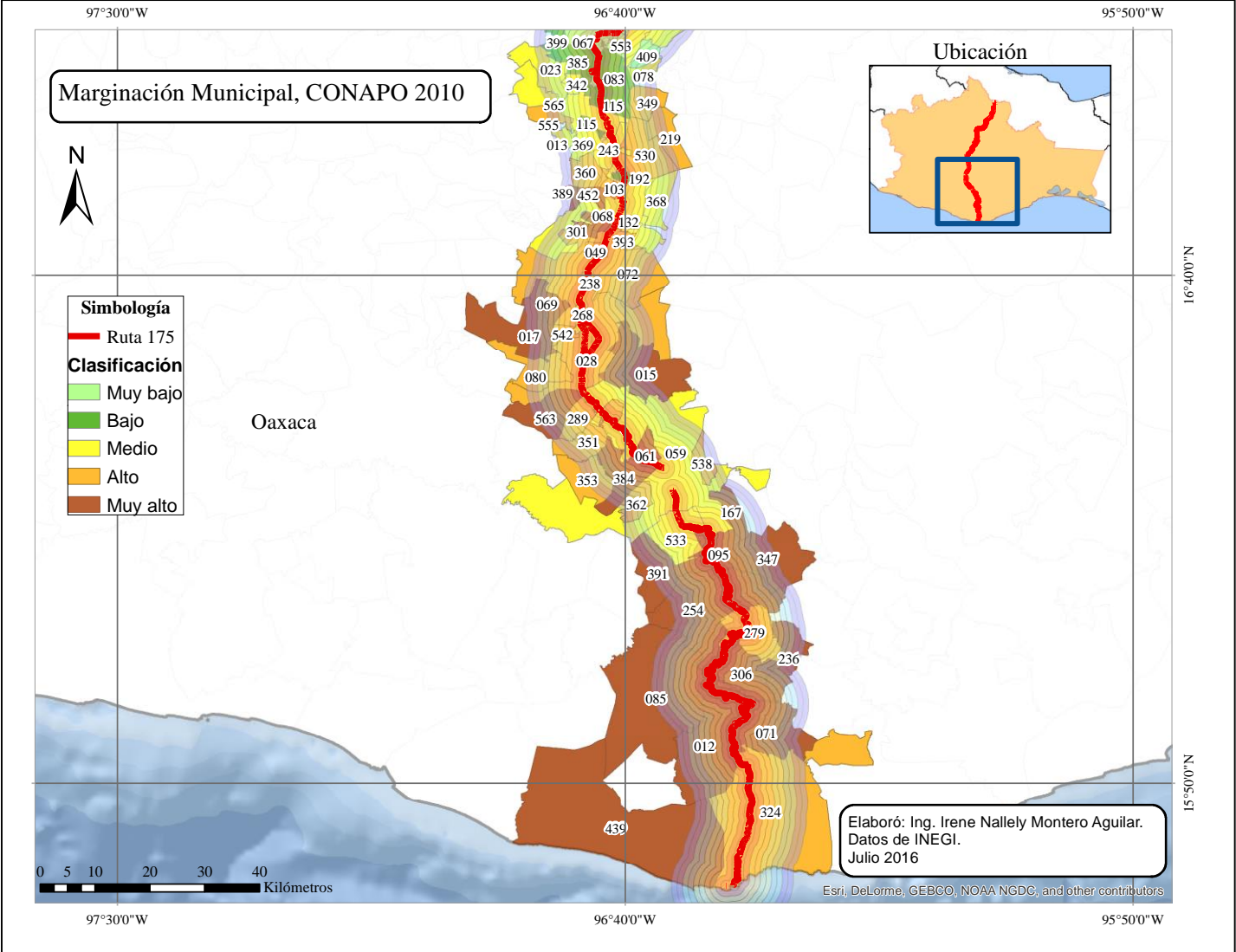
Mapa 10. Marginación municipal en Oaxaca.



Mapa 11. Marginación municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 1.



Mapa 12. Marginación municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 2.



## ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO MUNICIPAL

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) fue creado por las Naciones Unidas en 1990 con el objetivo de medir el conjunto de capacidades y libertades que tienen los individuos para tener una calidad de vida aceptable. Su objetivo es destacar que las personas y sus capacidades, y no el crecimiento por sí solo, deben ser el criterio para evaluar el desarrollo de un país. El IDH considera tres dimensiones básicas<sup>66</sup>:

1. Posibilidad de gozar de una vida larga y saludable, para lo cual se utiliza el valor calculado de la esperanza de vida al nacer.
2. Capacidad de adquirir conocimientos, se estima con los años promedio de escolaridad de los adultos de 25 años o más y por los años esperados de escolaridad de los niños en edad escolar.
3. Oportunidad de tener recursos que permitan un nivel de vida digno, que se mide con el PIB per cápita (ingreso nacional bruto).

En el estado de Oaxaca más del 50% de los municipios, tienen un IDH muy bajo y bajo, 165 municipios se encuentran en un nivel medio y 105 tienen un IDH alto y muy alto. Respecto a la población, cerca del 47% del total de habitantes se encuentra en un nivel de IDH alto y muy alto, 853,502 habitantes están en un nivel medio y 1'161,912 se ubican en un nivel bajo y muy bajo; estos valores se encuentran en el Cuadro 25. En el Mapa 13 se representa el IDH a nivel municipal, para el cual se utilizó como base la capa Índice de Desarrollo Humano por municipio 2010, creada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) basada en los datos publicados por Naciones Unidas.

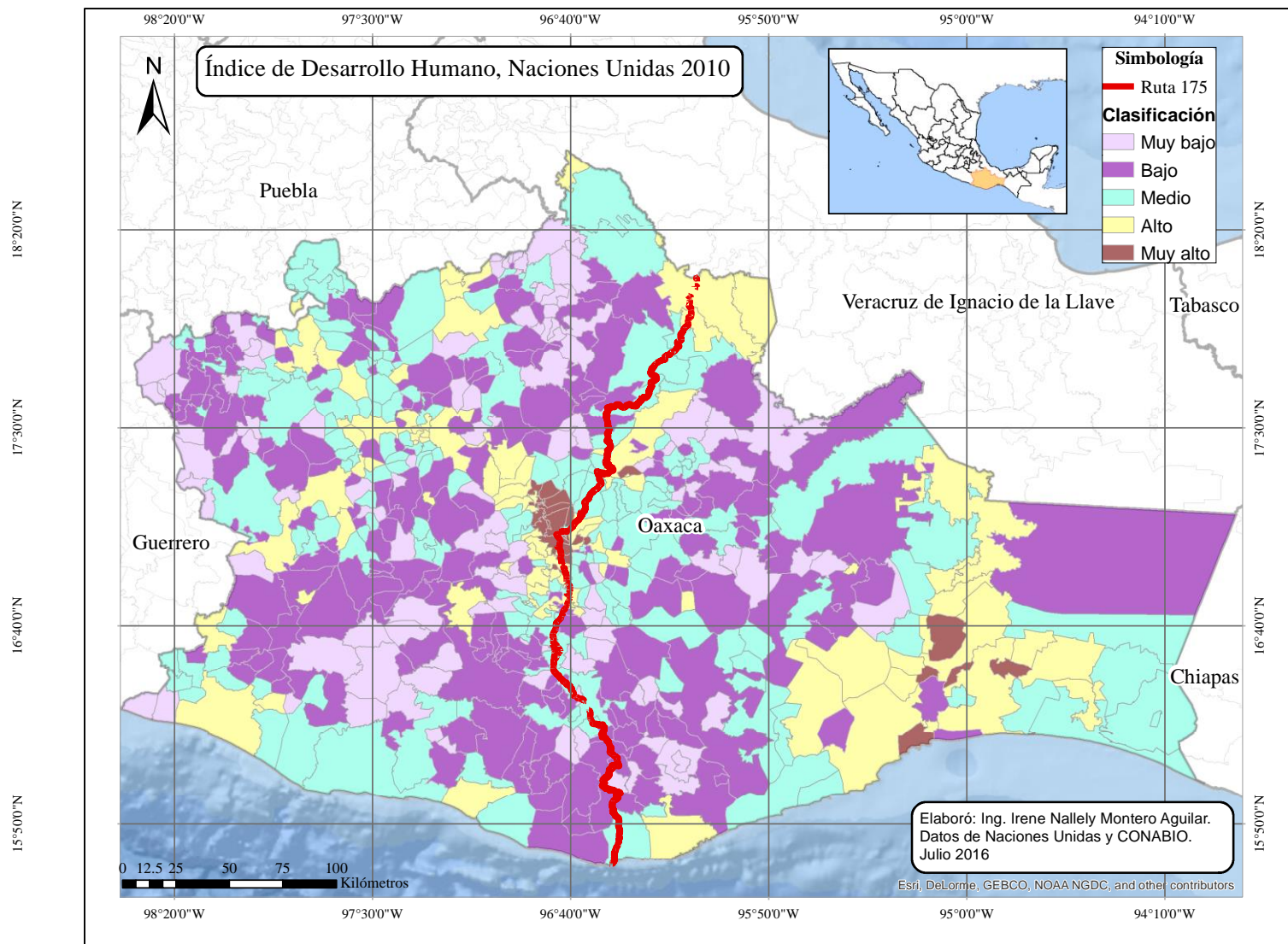
*Cuadro 25. Clasificación de la población y municipios en función del IDH en el estado de Oaxaca.*

IDH	Número de Municipios	Municipios acumulados	%	% Acum.	Número de habitantes	Habitantes acumulados	%	% Acum.
Muy bajo	110	110	19.30%	19.30%	392,556	392,556	10.33%	10.33%
Bajo	190	300	33.33%	52.63%	769,356	1'161,912	20.24%	30.57%
Medio	165	465	28.95%	81.58%	853,502	2'015,414	22.45%	53.02%
Alto	75	540	13.16%	94.74%	1'070,776	3'086,190	28.16%	81.18%
Muy alto	30	570	5.26%	100%	715,772	3'801,962	18.83%	100%
Total	570		100%		3'801,962		100%	

*Fuente: Elaboración propia con información de Naciones Unidas, (INEGI, 2010) y CONABIO.*

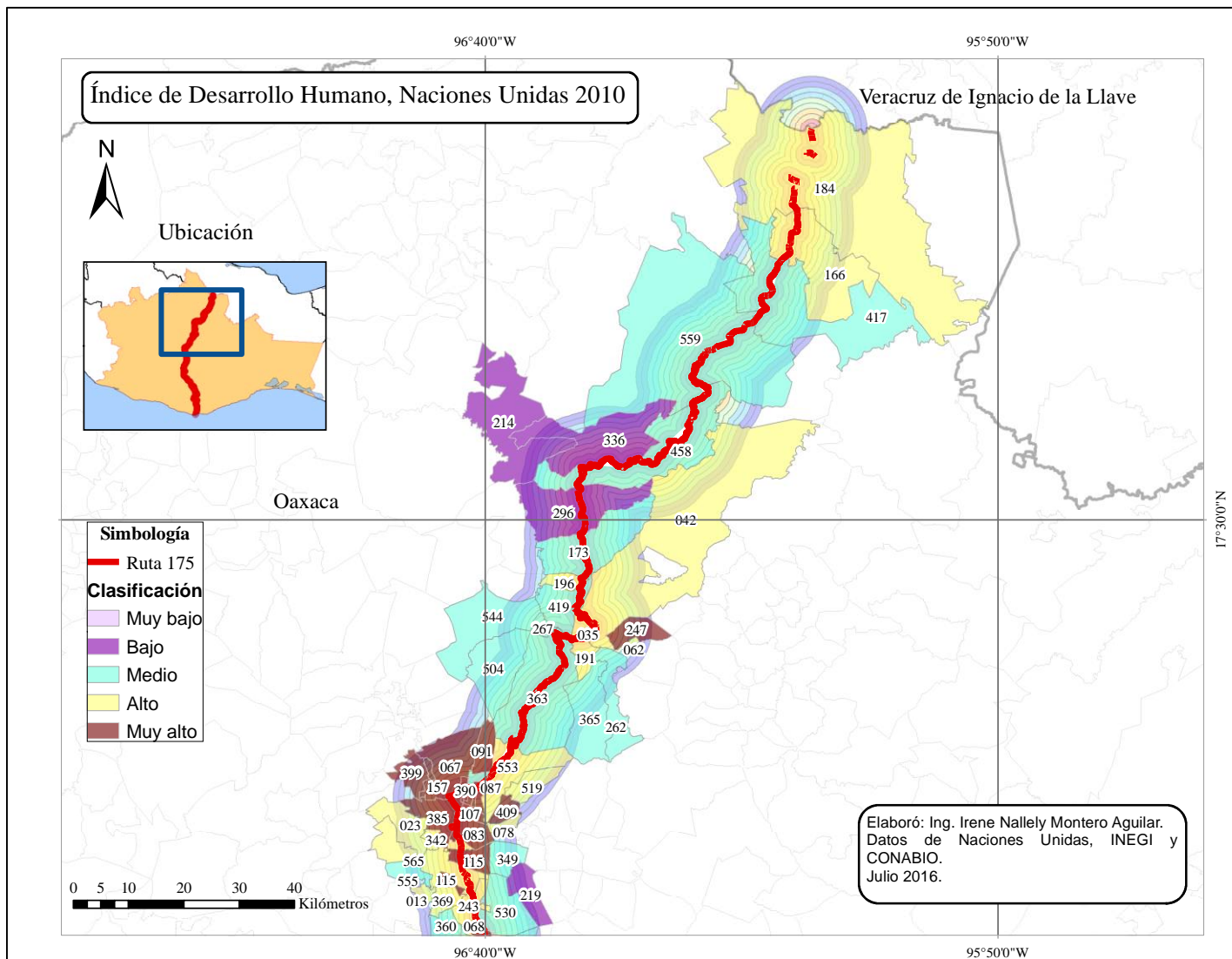
<sup>66</sup> (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo México, 2012).

Mapa 13. Índice de Desarrollo Humano a nivel municipal en Oaxaca.

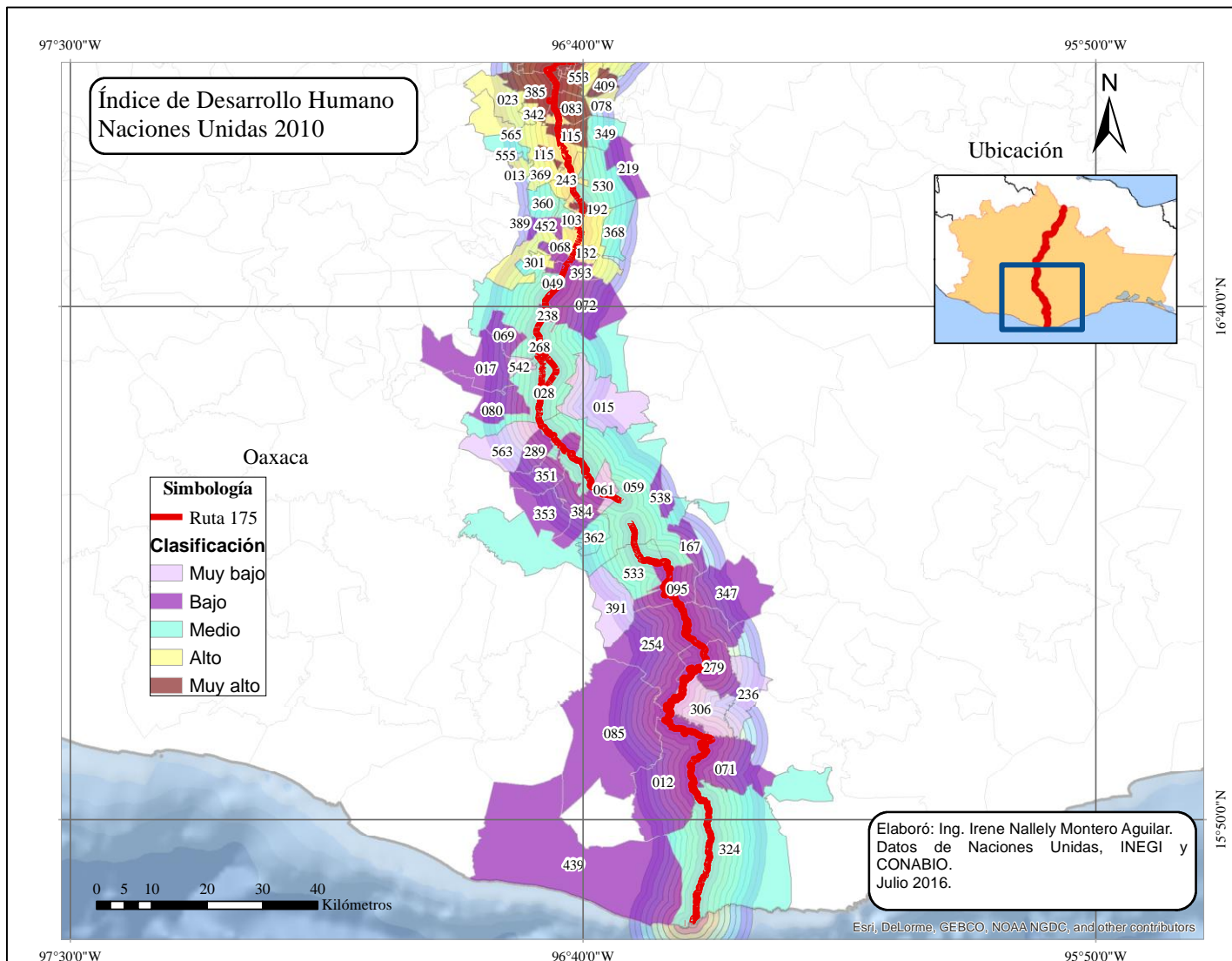




Mapa 14. Índice de Desarrollo Humano a nivel municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 1.



Mapa 15. Índice de Desarrollo Humano a nivel municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 2.



En los Mapas 14 y 15 se presenta el IDH municipal en la zona de influencia de la ruta 175, en la cual más del 36% de los 95 municipios tienen un IDH muy bajo y bajo, 25 municipios se encuentran en un nivel medio y 35 municipios están en un nivel alto y muy alto. Al considerar el número de personas 791,669 se encuentra en un nivel alto y muy alto esto representa más del 70% de la población en la zona de influencia, 176,746 personas se encuentran en nivel medio y 140,448 se encuentran en niveles bajo y muy bajo.

Cuadro 26. Clasificación de la población y municipios en función del IDH para la Ruta 175 en Oaxaca.

Índice de desarrollo humano	Número de municipios	Municipios acumulados	%	% Acum.	Número de habitantes	Habitantes acumulados	%	% Acum.
Muy bajo	8	8	8.42%	8.42%	19,039	19,039	1.72%	1.72%
Bajo	27	35	28.42%	36.84%	121,409	140,448	10.95%	12.67%
Medio	25	60	26.32%	63.16%	176,746	317,194	15.94%	28.61%
Alto	19	79	20.00%	83.16%	276,952	594,146	24.98%	53.59%
Muy alto	16	95	16.84%	100%	514,717	1'108,863	46.42%	100%
Total	95		100%		1'108,863		100%	

Fuente: Elaboración propia con información de Naciones Unidas, (INEGI, 2010) y CONABIO.

## VALOR AGREGADO CENSAL BRUTO MUNICIPAL

El Valor Agregado Censal Bruto (VACB) es una variable útil en los análisis a nivel regional, el INEGI lo define como *el valor de la producción que se añade durante el proceso de trabajo por la actividad creadora y de transformación del personal ocupado, el capital y la organización (factores de la producción), ejercida sobre los materiales que se consumen en la realización de la actividad económica. Aritméticamente, el VACB resulta de restar a la producción bruta total el consumo intermedio. Se le llama bruto porque no se le ha deducido el consumo de capital fijo*<sup>67</sup>.

Dicho en otras palabras: el VACB es la expresión monetaria del valor que se agrega a los insumos en la ejecución de las actividades económicas y se obtiene de restarle a la producción bruta total el importe de los insumos totales. Es bruto, porque a este valor no se le han deducido las asignaciones efectuadas por la depreciación de los activos fijos<sup>68</sup>.

<sup>67</sup> (INEGI, 2014).

<sup>68</sup> (INEGI, 2003).

Existen casos en que los datos censales presentan un VACB negativo debido a alguna de las siguientes razones<sup>69</sup>:

- a) Unidades auxiliares. Son unidades que apoyan a los establecimientos productores en actividades de contabilidad, administración, transporte (de su personal o sus productos y mercancías), almacenamiento, promoción de ventas, limpieza, reparación, mantenimiento, seguridad, etc., se caracterizan por no tener trato directo con terceros, tienen la misma razón social que el establecimiento al que apoyan y no generan ingresos por la prestación de servicios, la comercialización o manufactura de productos. Por esta última razón, en el momento de obtener el VACB para los establecimientos auxiliares, el valor es negativo.
- b) Unidades económicas<sup>70</sup> dedicadas a las actividades no lucrativas (asistencia social o cultural). Estos establecimientos comúnmente no generan ingresos producto de la actividad que realizan, ya que los recursos que obtienen son mediante donaciones, subsidios u otro tipo de apoyos, sean en moneda o en especie. El hecho de no generar ingresos ocasiona que el VACB que se obtiene sea negativo.
- c) Unidades económicas que reciben subsidios: existen establecimientos que son parte de algunos de los niveles de gobierno y reciben subsidios o partidas presupuestales que se reportan en los ingresos no derivados de la actividad. De esta forma, en los casos que los ingresos generados por el establecimiento son menores al consumo intermedio, el VACB es negativo.
- d) Unidades económicas en proceso de quiebra: son unidades que se encuentran en proceso de liquidación o quiebra, en las cuales el consumo intermedio es superior a los ingresos generados.

Según lo reportado por INEGI en 2014<sup>71</sup>, en Oaxaca el 98% de los municipios, cuya población es de 3'287,363 personas, tienen un VACB de máximo \$3'717,331.75 cada uno, 8 municipios (13,105 personas) tienen un VACB menor a cero y solo 3 superan los \$3'717,331.75. El

---

<sup>69</sup> (INEGI, 2004).

<sup>70</sup> Se define como unidad económica a las unidades estadísticas sobre las cuales se recopilan datos, se dedican principalmente a un tipo de actividad de manera permanente en construcciones e instalaciones fijas, combinando acciones y recursos bajo el control de una sola entidad propietaria o controladora, para llevar a cabo producción de bienes y servicios, sea con fines mercantiles o no. Se definen por sector de acuerdo con la disponibilidad de registros contables y la necesidad de obtener información con el mayor nivel de precisión analítica.

<sup>71</sup> (INEGI, 2014).

municipio de mayor VACB es Salina Cruz con \$14'869,327 el cual tiene 82,371 habitantes. Los detalles se presentan en el Cuadro 27 y en el Mapa 16.

*Cuadro 27. Clasificación de la población y municipios en función del VACB en el estado de Oaxaca.*

VACB (\$)	Número de Municipios	Municipios acumulados	%	% Acum.	Número de habitantes	Habitantes acumulados	%	% Acum.
- 4,449.0 a 0.0	8	8	1.40%	1.40%	13,105	13,105	0.34%	0.34%
0.001 a 3'717,331.75	559	567	98.07%	99.47%	3'287,363	3,300,468	86.46%	86.8%
3'717,331.76 a 7'434,663.50	1	568	0.18%	99.65%	155,766	3'456,234	4.10%	90.9%
7'434,663.51 a 11'151,995.20	1	569	0.18%	99.83%	263,357	3'719,591	6.93%	97.83%
11'151,995.21 a 14'869,327.00	1	570	0.18%	100%	82,371	3'801,962	2.17%	100%
Total	570		100%		3'801,962		100%	

*Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2010) e (INEGI, 2014).*

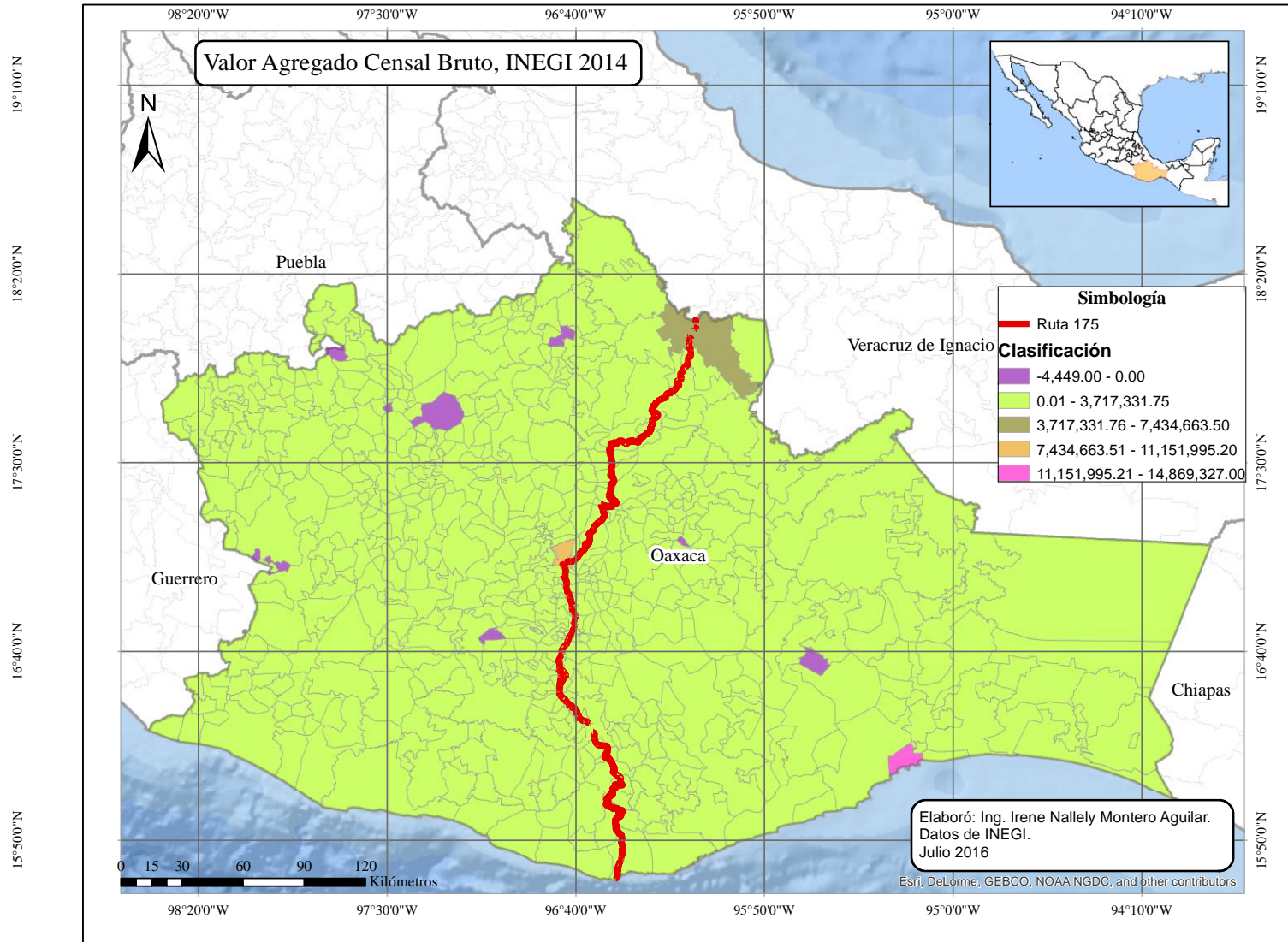
Al analizar los municipios que atraviesa la ruta 175, de los 95 municipios 93 tienen un VACB máximo de \$3'717,331.75, en los cuales habitan 689,740 personas. Los municipios restantes que tienen un VACB mayor a \$3'717,331.75 son: San Juan Bautista Tuxtepec con \$ 6'495,208 y Oaxaca de Juárez con \$10'939,714, entre los dos tienen una población de 419,123 habitantes. En el Cuadro 28 y en los Mapas 17 y 18 se presentan los valores.

*Cuadro 28. Clasificación de la población y municipios en función del VACB para la Ruta 175 en Oaxaca.*

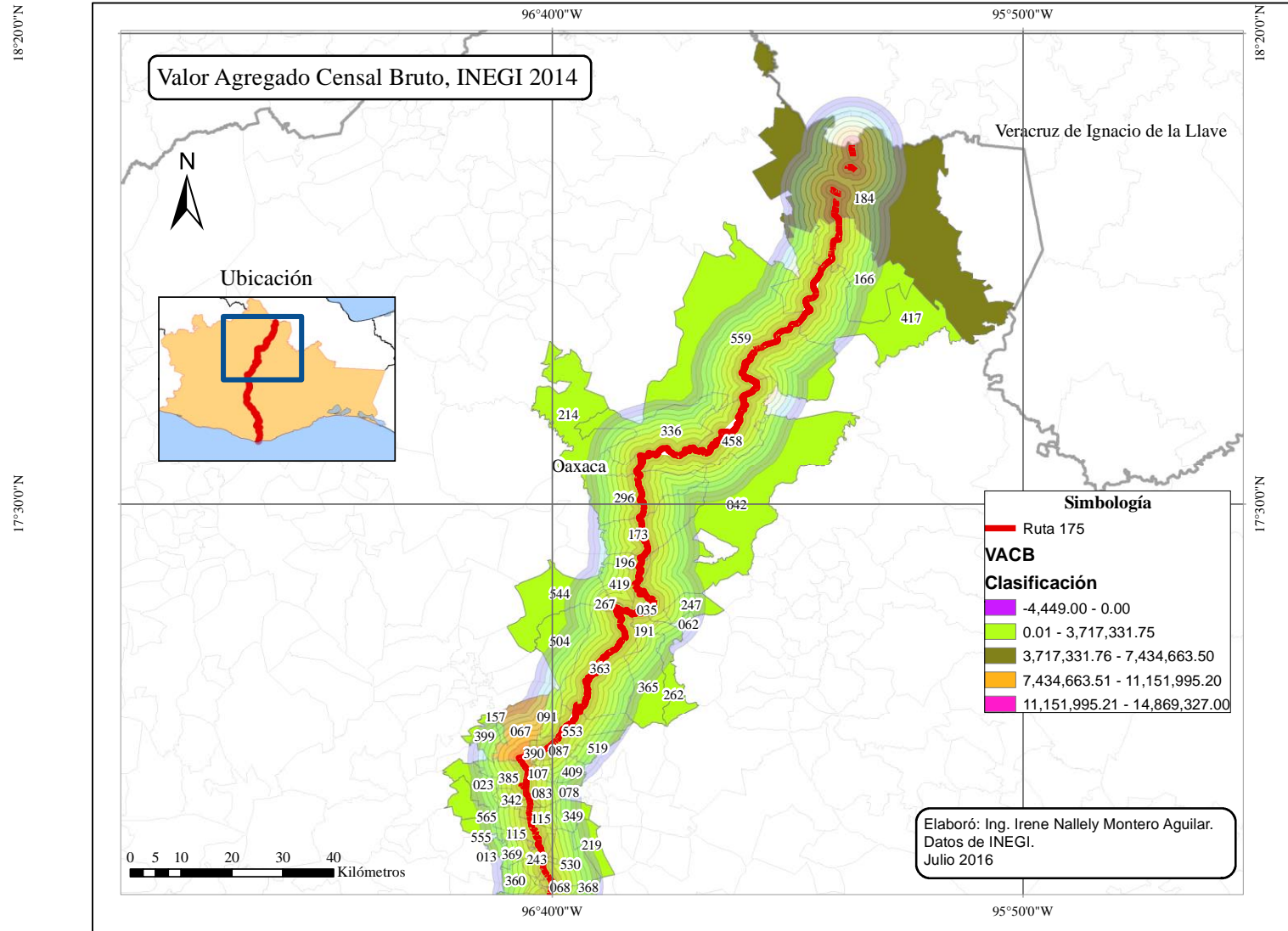
VACB (\$)	Número de municipios	Porcentaje	Número de habitantes	Porcentaje
Menos de 3,717,331.75	93	97.89%	689,740	62.20%
3,717,331.76 a 7,434,663.50	1	1.05%	155,766	14.05%
7,434,663.51 a 11,151,995.20	1	1.05%	263,357	23.75%
Total	95	100%	1'108,863	100%

*Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2010) e (INEGI, 2014).*

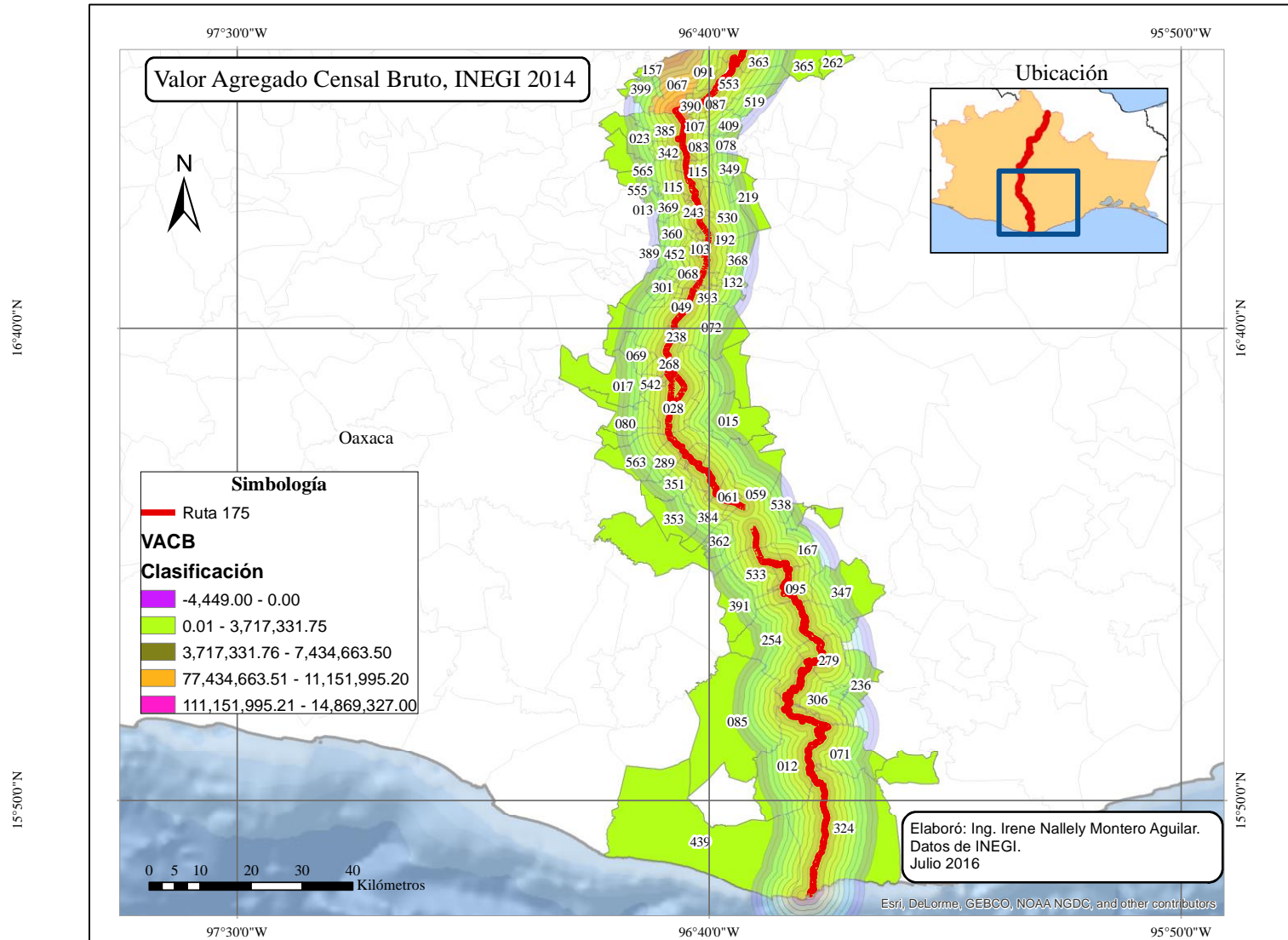
Mapa 16. Valor Agregado Censal Bruto a nivel municipal en Oaxaca.



Mapa 17. Valor Agregado Censal Bruto a nivel municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 1.



Mapa 18. Valor Agregado Censal Bruto a nivel municipal en la ruta 175 en Oaxaca. Detalle 2.





## INTEGRACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En el Cuadro 29 se presenta la integración de resultados del análisis de la ruta 175 con sus indicadores técnicos y sociales, abordados en este trabajo, como son: IRI, roderas, deflexiones, TDPA, porcentaje de vehículos pesados, municipios por los que cruza, población total, índice de marginación, IDH y VACB. Para la presentación de los resultados se realizó una segmentación de la carretera, buscando que los tramos tuvieran una longitud mínima de 20 km, la cual es recomendable para programar una obra de conservación de pavimentos<sup>72</sup>.

Destaca que para la carretera Tuxtepec-Oaxaca, los tramos que se encuentran en un estado superficial no satisfactorio, se pueden apreciar en el Cuadro 29 en color amarillo, inician en el kilómetro 91.00 y terminan en el 150.00, su deflexión aún es aceptable, esto quiere decir que el deterioro es superficial y el trabajo que requiere es menor que una falla estructural. Estos tramos tienen un TDPA bajo, aunque con un porcentaje de vehículos pesados alto y los municipios involucrados tienen un índice de marginación muy alto, un IDH bajo o medio y un VACB bajo, la población total de los municipios involucrados es de 8,005 personas. En las Figuras 10 y 11 se observan ejemplos de los daños que, a finales del año 2014, presentaban estos tramos carretera.

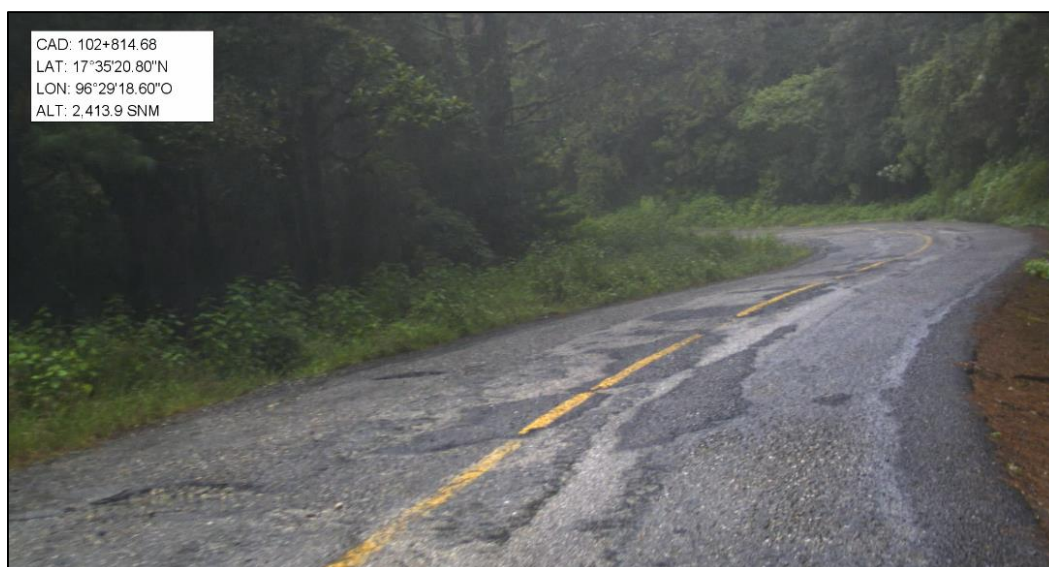
Figura 10. Daños en la carretera Tuxtepec-Oaxaca, kilómetro 101.3.



Fuente: DGCC, finales de 2014.

<sup>72</sup> En los estudios técnicos se realiza la ingeniería a detalle que permite planear la obra correspondiente que mejor convenga.

Figura 11. Daños en la carretera Tuxtepec-Oaxaca, kilómetro 102.8.



Fuente: DGCC, finales de 2014.

En la carretera Oaxaca–Puerto Ángel los tramos que tienen un estado físico no satisfactorio se encuentran llegando a la costa oaxaqueña, a partir del kilómetro 100.00 y hasta el final de la carretera en el kilómetro 247.00, se muestran en el Cuadro 29 en color naranja. El TDPA se encuentra en un rango medio y el porcentaje de vehículos pesados mayor es de 14.1%. Del km 100.00 al 158.00 se tiene una deflexión alta, por lo que se requiere una solución que atienda directamente a la estructura del pavimento. En la mayoría de los municipios que se encuentran inmersos, existe un grado de marginación muy alto y un IDH y VACB bajo; la población total de los municipios involucrados en este tramo carretero es de 174,193 personas. En las Figuras 12 y 13 se observan imágenes de los daños que se presentaban a finales del año 2014.

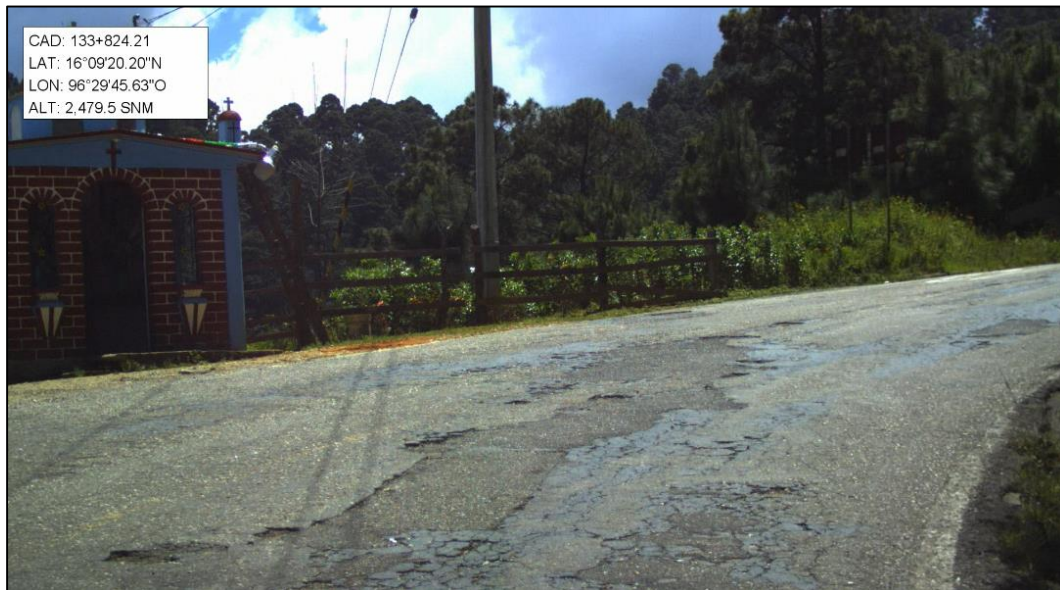
En los Mapas 19 y 20 se ubican los tramos detectados en este análisis que requieren atención. Al mantener esta ruta carretera en óptimas condiciones se beneficiaría directamente a 1'108,863 personas en 95 municipios del estado de Oaxaca. El turismo es una actividad de gran valor que contribuye a la economía no sólo regional sino estatal, no conservar en buen estado esta ruta, afecta directamente a la economía y a la conectividad de toda la costa.

Figura 12. Daños en la carretera Oaxaca-Puerto Ángel, kilómetro 110.3.



Fuente: DGCC, finales de 2014.

Figura 13. Daños en la carretera Oaxaca-Puerto Ángel, kilómetro 133.8.



Fuente: DGCC, finales de 2014.

Cuadro 29. Resumen de indicadores técnicos y sociales para la Ruta 175 en el estado de Oaxaca.

Carretera	Km Inicial	Km Final	Long	IRI	Estado Físico	Roderas	Deflexión	Condición	TDPA 2014	%VP	CVEGEO	Nombre Municipios	Población Total	IM	IDH	VACB
Avarado - Tuxtepec	113.00	115.30	2.30	3.3	Aceptable	6.0	0.3	Bueno	6,715	24.7	184	San Juan Bautista Tuxtepec	155,766	Bajo	Alto	\$ 6,495,208
Tuxtepec - Oaxaca	6.00	36.00	30.00	2.7	Aceptable	5.7	0.9	Aceptable	5,427	11.3	166	San José Chiltepec	11,019	Medio	Alto	\$ 15,481
											417	Santa María Jacatepec	9,240	Alto	Medio	\$ 2,189
	36.00	61.00	25.00	3.1	Aceptable	6.6	0.8	Aceptable	2,251	8.2	559	San Juan Bautista Valle Nacional	22,446	Medio	Medio	\$ 82,382
	61.00	91.00	30.00	3.3	Aceptable	5.8	0.9	Aceptable	1,355	12.2	458	Santiago Comaltepec	1,115	Medio	Medio	\$ 1,562
	91.00	125.00	34.00	4.7	No satisfactorio	8.8	0.7	Aceptable	511	25.2	214	San Juan Quiotepec	2,313	Muy Alto	Bajo	\$ 2,041
											296	San Pablo Macuiltepec	929	Medio	Bajo	\$ 7,181
											336	San Pedro Yólox	2,267	Muy Alto	Bajo	\$ 691
	125.00	150.00	25.00	3.8	No satisfactorio	7.9	0.7	Aceptable	656	24.5	173	San Juan Atepec	1,517	Alto	Medio	\$ 2,178
											196	San Juan Evangelista Analco	404	Medio	Alto	\$ 637
											419	Santa María Jaltepec	575	Medio	Medio	\$ 1,472
	150.00	190.00	40.00	2.9	Aceptable	6.5	0.7	Aceptable	945	16.5	35	Guelatao de Juárez	544	Muy Bajo	Muy Alto	\$ 5,027
											42	Ixtlán de Juárez	7,674	Medio	Alto	\$ 98,857
											62	Natividad	586	Medio	Alto	\$ 1,857
											191	San Juan Chicomezúchil	320	Medio	Alto	\$ 162
											247	Capulálpam de Méndez	1,467	Bajo	Muy Alto	\$ 11,683
											262	San Miguel Amatlán	1,043	Medio	Medio	\$ 668
											267	San Miguel del Río	294	Medio	Medio	\$ 1,124
											363	Santa Catarina Ixtepej	2,633	Medio	Medio	\$ 6,824
											365	Santa Catarina Lachatao	1,307	Medio	Medio	\$ 768
											504	Nuevo Zoquiálpam	1,652	Medio	Medio	\$ 3,145
544											Teococuilco de Marcos Pérez	1,106	Medio	Medio	\$ 3,323	
190.00											212.70	22.70	3.1	Aceptable	6.5	0.8
	91	San Andrés Huayálpam	4,879	Bajo	Muy Alto	\$ 20,088										
	390	Santa Lucía del Camino	47,356	Muy Bajo	Muy Alto	\$ 692,796										
	519	Santo Domingo Tomaltepec	2,790	Medio	Alto	\$ 6,739										
	553	Tlaxiálpam de Cabrera	9,417	Medio	Alto	\$ 171,387										
	78	Rojas de Cuauhtémoc	1,092	Medio	Alto	\$ 1,956										
409	Santa María del Tule	8,165	Muy Bajo	Muy Alto	\$ 236,034											

Fuente: Elaboración propia.

Continúa Cuadro 29. Resumen de indicadores técnicos y sociales para la Ruta 175 en el estado de Oaxaca.

Carretera	Km Inicial	Km Final	Long	IRI	Estado Físico	Roderos	Deflexión	Condición	TDPA 2014	%VP	CVEGEO	Nombre Municipios	Población Total	IM	IDH	VACB
Oaxaca - Puerto Ángel	0.00	20.00	20.00	3.3	Aceptable	8.5	0.9	Aceptable	41,931	9.1	13	Ciénega de Zimatlán	2,785	Medio	Alto	\$ 5,494
											23	Cuilápam de Guerrero	18,428	Medio	Alto	\$ 35,215
											67	Oaxaca de Juárez	263,357	Muy Bajo	Muy Alto	\$ 10,939,714
											83	San Agustín de las Juntas	8,089	Bajo	Muy Alto	\$ 74,459
											107	San Antonio de la Cal	21,456	Bajo	Muy Alto	\$ 154,255
											115	San Bartolo Coyotepec	8,684	Bajo	Muy Alto	\$ 111,149
											157	San Jacinto Amilpas	13,860	Muy Bajo	Muy Alto	\$ 356,998
											174	Ánimas Trujano	3,759	Muy Bajo	Muy Alto	\$ 191,021
											219	San Juan Teitipac	2,565	Alto	Bajo	\$ 5,232
											342	San Raymundo Jalpan	2,079	Medio	Alto	\$ 881
											349	San Sebastián Teitipac	1,976	Alto	Medio	\$ 3,971
											350	San Sebastián Tutla	16,241	Muy Bajo	Muy Alto	\$ 272,236
											369	Santa Catarina Quiané	1,847	Medio	Alto	\$ 5,161
											375	Santa Cruz Amilpas	10,120	Muy Bajo	Muy Alto	\$ 19,724
											385	Santa Cruz Xoxocotlán	77,833	Bajo	Muy Alto	\$ 693,561
	399	Santa María Atzompa	27,465	Bajo	Muy Alto	\$ 88,463										
	403	Santa María Coyotepec	2,772	Bajo	Alto	\$ 48,632										
	555	Trinidad Zaachila	2,653	Alto	Medio	\$ 271										
	565	Villa de Zaachila	34,101	Medio	Alto	\$ 217,373										
	20.00	40.00	20.00	2.9	Aceptable	7.7	0.8	Aceptable	9,209	18.2	7	Asunción Ocotlán	2,612	Muy Alto	Bajo	\$ 4,406
											68	Ocotlán de Morelos	21,341	Medio	Alto	\$ 277,088
											103	San Antonino Castillo Velasco	5,651	Alto	Medio	\$ 49,410
											132	San Dionisio Ocotlán	1,245	Medio	Alto	\$ 5,546
											192	San Juan Chilateca	1,442	Bajo	Muy Alto	\$ 5,388
											243	San Martín Tilcajete	1,742	Medio	Alto	\$ 14,006
											301	San Pedro Apóstol	1,544	Muy Alto	Alto	\$ 54,906
											315	San Pedro Mártir	1,711	Muy Alto	Bajo	\$ 1,096
360											Santa Ana Zegache	3,592	Alto	Medio	\$ 3,419	
368											Santa Catarina Minas	1,816	Medio	Medio	\$ 6,926	
389											Santa Inés Yatzeche	921	Muy Alto	Muy Bajo	\$ 719	
393											Santa Lucía Ocotlán	3,604	Alto	Bajo	\$ 5,145	
452	Santiago Apóstol	4,220	Muy Alto	Bajo	\$ 4,582											
530	Santo Tomás Jalieza	3,385	Alto	Medio	\$ 3,390											

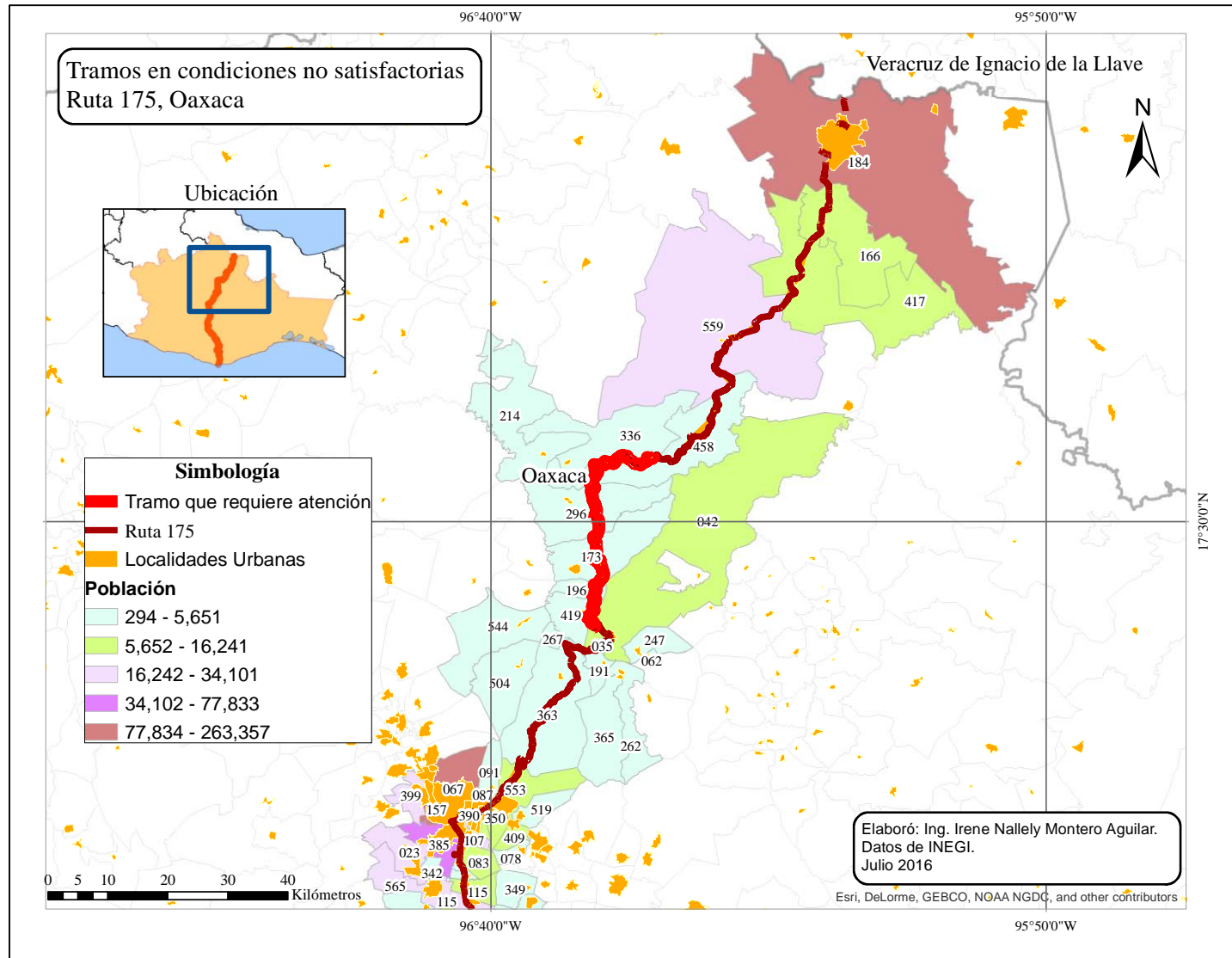
Fuente: Elaboración propia.

Continúa Cuadro 29. Resumen de indicadores técnicos y sociales para la ruta 175 en el estado de Oaxaca.

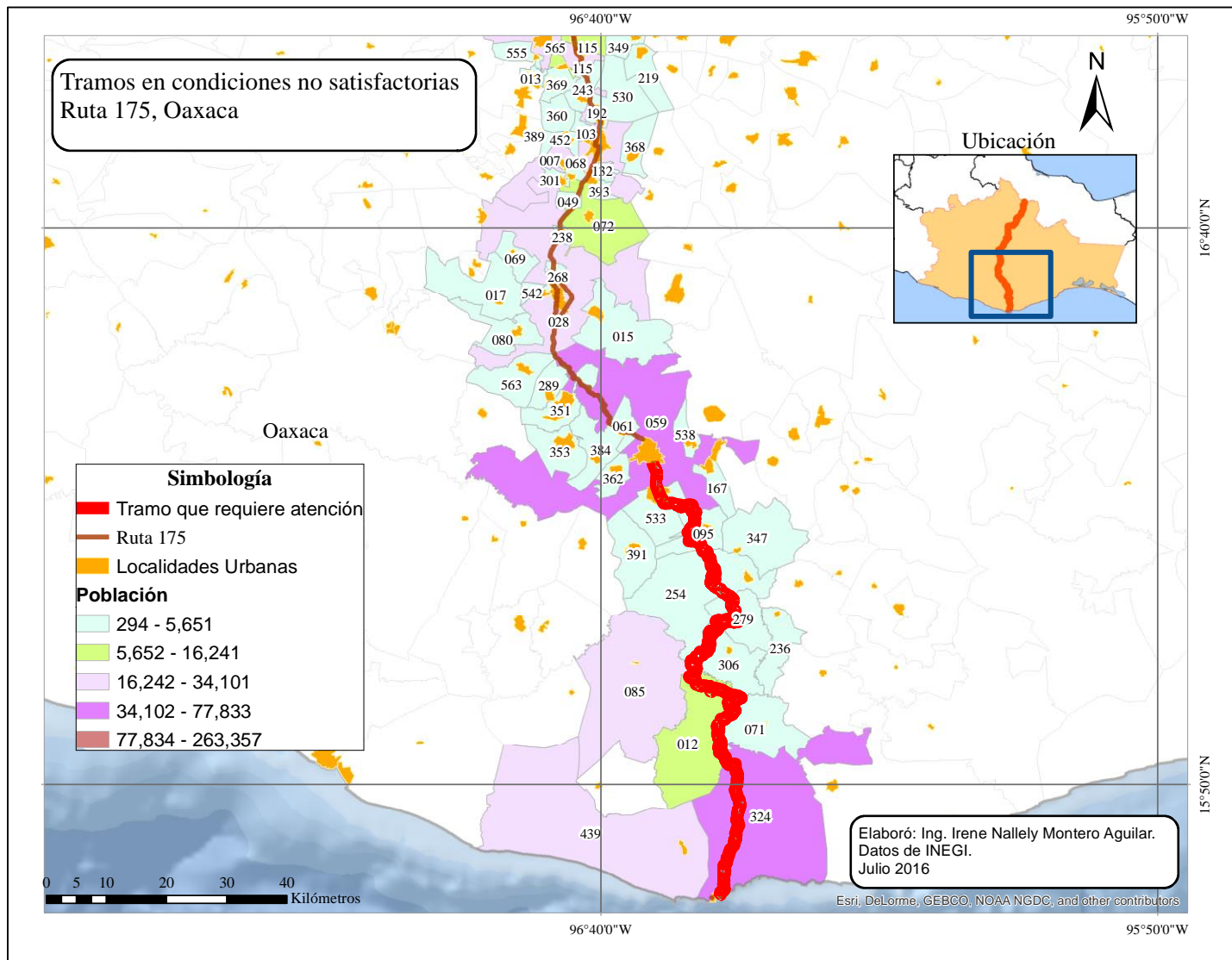
Carretera	Km Inicial	Km Final	Long	IRI	Estado Físico	Roderas	Deflexión	Condición	TDPA 2014	%VP	CVEGEO	Nombre Municipios	Población Total	IM	IDH	VACB	
Oaxaca - Puerto Ángel	40.00	70.00	30.00	3.5	Aceptable	8.6	0.9	Aceptable	4,898	21.4	15	Coatecas Altas	4,712	Muy Alto	Muy Bajo	\$ 1,494	
											17	La Compañía	3,302	Muy Alto	Bajo	\$ 722	
											28	Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo	19,679	Alto	Medio	\$ 271,200	
											49	Magdalena Ocotlán	1,141	Alto	Medio	\$ 315	
											69	La Pe	2,446	Muy Alto	Bajo	\$ 2,762	
											72	San José del Progreso	6,579	Alto	Bajo	\$ 348,353	
											80	San Agustín Amatengo	1,312	Alto	Bajo	\$ 1,323	
											238	San Martín de los Cansecos	816	Medio	Bajo	\$ 334	
											268	San Miguel Ejutla	916	Medio	Medio	\$ 4,243	
	542	Taniche	746	Alto	Muy Bajo	\$ 1,275											
	70.00	95.00	25.00	3.2	Aceptable	7.2	0.8	Aceptable	3,595	24.3	61	Monjas	2,568	Muy Alto	Muy Bajo	\$ 8,990	
											289	San Nicolás	1,143	Alto	Bajo	\$ 555	
											351	San Simón Almolongas	2,623	Alto	Bajo	\$ 795	
											353	Santa Ana	1,978	Alto	Bajo	\$ 695	
											384	Santa Cruz Xitla	4,514	Muy Alto	Bajo	\$ 7,843	
											563	Yogana	1,308	Muy Alto	Muy Bajo	\$ 12,629	
	100.00	128.00	28.00	4.0	No satisfactorio	6.9	1.1	No satisfactorio	2,406	13.5	59	Miahuatlán de Porfirio Díaz	41,387	Medio	Medio	\$ 492,699	
											95	San Andrés Paxtlán	3,990	Muy Alto	Bajo	\$ 2,106	
											167	San José del Peñasco	2,094	Muy Alto	Bajo	\$ 464	
											347	San Sebastián Río Hondo	3,664	Muy Alto	Bajo	\$ 1,709	
											362	Santa Catarina Cuixtla	1,496	Alto	Medio	\$ 3,068	
											391	Santa Lucía Miahuatlán	3,356	Muy Alto	Muy Bajo	\$ 1,313	
											533	Santo Tomás Tamazulapan	2,191	Medio	Medio	\$ 2,487	
											538	Sitio de Xitlapehua	705	Alto	Bajo	\$ 1,230	
128.00	158.00	30.00	4.9	No satisfactorio	8.3	1.0	No satisfactorio	1,883	13.6	236	San Marcial Ozolotepec	1,525	Muy Alto	Muy Bajo	\$ 920		
										254	San Mateo Río Hondo	3,308	Muy Alto	Bajo	\$ 3,549		
										279	San Miguel Suchixtepec	2,911	Alto	Bajo	\$ 56,744		
158.00	188.00	30.00	4.1	No satisfactorio	7.2	0.6	Aceptable	1,438	14.1	85	San Agustín Loxicha	22,565	Muy Alto	Bajo	\$ 59,541		
										306	San Pedro el Alto	3,903	Muy Alto	Muy Bajo	\$ 1,441		
188.00	213.00	25.00	3.8	No satisfactorio	7.9	0.2	Bueno	2,719	9.9	12	Candelaria Loxicha	9,860	Muy Alto	Bajo	\$ 140,202		
										71	Pluma Hidalgo	3,060	Muy Alto	Bajo	\$ 4,502		
213.00	247.00	34.00	4.0	No satisfactorio	6.5	0.2	Bueno	4,074	7.6	324	San Pedro Pochutla	43,860	Alto	Medio	\$ 457,308		
										439	Santa María Tonameca	24,318	Muy Alto	Bajo	\$ 55,311		
Total Municipios:											95	Total Población:		1,108,863			

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 19. Tramo en condiciones no satisfactorias, carretera Tuxtepec-Oaxaca.



Mapa 20. Tramo en condiciones no satisfactorias, carretera Oaxaca-Puerto Ángel.





En este capítulo se destaca lo siguiente:

1. La geotecnología aplicada mediante los SIG, permiten realizar análisis geoespaciales de gran utilidad para la gestión de conservación de carreteras, ya que permite comparar y enlazar diferentes tipos de información (gráfica y alfanumérica). Por ejemplo: datos poblacionales (nombre, número de habitantes, población vulnerable, etc.) y datos de carreteras (nombre, clasificación y volumen de tránsito, indicadores de condición estructural y superficial, trabajos de conservación realizados, tipo de pavimento, accidentes). Esto se logra mediante el proceso de segmentación dinámica, el cual consiste en calcular la ubicación de eventos lineales o puntuales sobre los segmentos georreferenciados en un mapa, a partir de los datos almacenados en una tabla, este proceso permite asociar varios conjuntos de atributos sobre cualquier ubicación de una entidad lineal.
2. Para realizar la georreferenciación de IRI, deflexiones y roderas, se utilizó la información de la Red Nacional de Caminos que publicó el INEGI en 2014, particularmente las capas de datos geográficos Postes de Referencia (marcas de kilometraje) y Red Vial. Al revisar y validar los puntos y líneas de estas capas, algunas marcas de kilometraje no se encontraban en la posición correcta, por lo que se editaron estos puntos con auxilio de Google Maps, de igual forma y presentaba ciertas inconsistencias como falta de conexión, algunos tramos faltantes y otros duplicados, por lo que se editó.
3. Se consideró una franja de 10 kilómetros a partir del trazo de la carretera, como área de influencia para la ruta 175, y se estableció como población beneficiada, a la población total de los municipios cuyo Palacio de Gobierno estuviera dentro del área de influencia, ya que se estimó que este es el centro de actividades económicas y sociales, por lo que concentra el mayor número de población.
4. La ruta 175 cuenta con 462.7 kilómetros y su área de influencia intersecta a 95 municipios del estado de Oaxaca los cuales suman una población total de 1'108,863 habitantes, lo que representa el 29.16% de la población total del estado. Destaca que en el 20% de los municipios se encuentra el 80.5% de la población, esto significa que en 19 municipios se encuentran 892,598 habitantes.

5. Se presentó el análisis de tres indicadores a escala municipal que se propone considerar en la asignación de trabajos de conservación: el índice de marginación municipal, el índice de desarrollo humano y el valor agregado censal bruto.
  
6. En la carretera Tuxtepec-Oaxaca, los tramos que se encuentran en un estado superficial no satisfactorio, inician en el kilómetro 91.00 y terminan en el 150.00. Estos tramos tienen un TDPA bajo, aunque con un porcentaje de vehículos pesados alto y los municipios involucrados tienen un índice de marginación muy alto, un IDH bajo o medio y un VACB bajo. En la carretera Oaxaca–Puerto Ángel los tramos que tienen un estado físico no satisfactorio se encuentran llegando a la costa oaxaqueña, a partir del kilómetro 100.00 y hasta el final de la carretera en el kilómetro 247.00. En la mayoría de los municipios que se encuentran inmersos, existe un grado de marginación muy alto y un IDH y VACB bajo. La población total de los municipios involucrados en estos tramos es de 182,198 personas.

## CONCLUSIONES

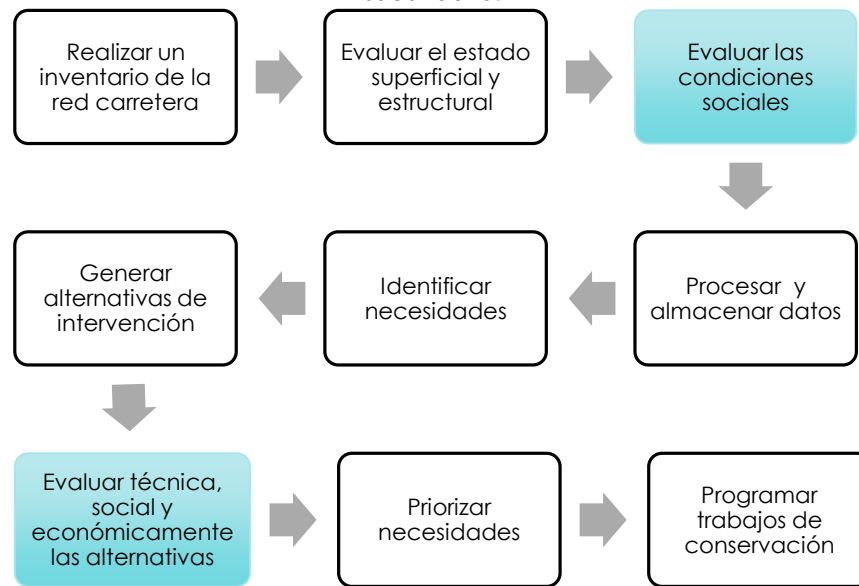
Instituciones internacionales sostienen que, un componente fundamental para la competitividad de un país, es contar con una red de infraestructura de transporte y comunicaciones desarrollada. La competitividad en infraestructura de transporte de México, es un área de oportunidad que requiere atención, ya que se encuentra en los lugares más bajos al compararlo con países de características similares.

El transporte carretero en México es muy importante, en 2014 la RCN estaba integrada por 377,660 km, de los cuales 40,739 km son de la RFLP, que se encuentra clasificada en: corredor, básica y secundaria. La red secundaria influye a escala regional y local. Sin embargo, está compuesta por tramos que también requieren atención oportuna, ya que la red secundaria es el primer eslabón para conectar a comunidades pequeñas y medianas con localidades y servicios de mayor jerarquía, como lo son las capitales de los estados del país, ciudades, puertos, aeropuertos y cruces fronterizos. La red carretera secundaria habilita una integración entre los centros de producción y los centros de distribución y consumo, además de permitir acceso a los servicios básicos de educación, salud, tecnología y desarrollo económico. A finales del año 2014 el 60% de la red secundaria nacional, se encontraba en estado físico no satisfactorio, esta red representa el 42% de la RFLP a nivel nacional.

En la actualidad para definir los tramos carreteros que se atienden anualmente, se consideran aspectos técnicos y económicos, en esta investigación se propone complementar estos análisis con información sociodemográfica de la población usuaria que se encuentra dentro de la zona de influencia, con ello se busca que los tramos con bajo TDPA, también sean candidatos a incorporarse dentro del PNCC y que no se les excluya desde un principio, esto permitiría justificar la atención oportuna y no urgente en tramos que son poco rentables, pero con una vulnerabilidad social considerable. En la *Figura 14* se presenta una propuesta del proceso para la conservación de la red secundaria.

Se debe tener en cuenta que cuando se decide postergar un trabajo de conservación, los COV aumentan y el costo de rehabilitación del pavimento puede variar significativamente, según la etapa del deterioro en la que se produzca dicha postergación, porque si se descuidan los tramos que están en la etapa crítica del pavimento, la solución será una reconstrucción, la cual es la opción más costosa.

Figura 14. Propuesta del proceso de la gestión de conservación de carreteras, para la red secundaria.



Fuente: Elaboración propia con información de DGCC.

Este trabajo es un primer acercamiento a complementar las evaluaciones socioeconómicas que solicita la SHyCP con indicadores sociales que permiten ubicar regiones vulnerables de nuestro país, si bien la pobreza es un fenómeno complejo y multifactorial, que requiere de la implementación y conservación de diversos tipos de infraestructura, contar con una red carretera en buenas condiciones ofrece beneficios importantes a la población: disminución en tiempos de recorrido, en costos de operación vehicular, en tasas de accidentes y facilita la movilidad comunicando a las personas con los centros de educación, salud y comercio.

Para elegir la zona de estudio, se consideró el porcentaje de red secundaria, número de habitantes e índice de marginación de cada estado de la República Mexicana. Debido a que no se encontró que un mismo estado tenga el porcentaje más alto de red secundaria, sea el de mayor población y que su índice de marginación sea el más alto, se realizó una normalización para poder comparar los tres criterios y el estado que obtuvo los valores más elevados fue Oaxaca. Se analizó la ruta 175 que cuenta con 462.7 kilómetros, debido a que es una ruta turística que conecta a la capital del estado de Oaxaca con su costa, lo cruza verticalmente por completo y es continua, por lo que permite realizar un análisis íntegro. Como área de influencia de la ruta carretera se estudió una franja de 10 kilómetros a partir del trazo, es por ello que la ruta cruza por 95 municipios los cuales tienen una población total de 1'108,863 habitantes, esto representa el 29.16% de la población total del estado.

Destaca que en el 20% de los municipios se encuentra el 80.5% de la población, esto significa que en 19 municipios se encuentran 892,598 habitantes.

Al calcular el promedio ponderado del TDPA para todas las rutas carreteras de la RFLP en el estado de Oaxaca, se encontró que la red secundaria en Oaxaca está operando con valores de tránsito muy parecidos a los de la red corredor y básica, las cuales son las redes primordiales a conservar.

Para realizar la georreferenciación de IRI, deflexiones y roderas, se utilizó el proceso de segmentación dinámica y la información de la Red Nacional de Caminos que publicó el INEGI en 2014, particularmente las capas de datos geográficos: Postes de Referencia y Red Vial. Al revisar y validar los puntos y líneas de estas capas, algunas marcas de kilometraje no se encontraban en la posición correcta, por lo que se editaron estos puntos con auxilio de Google Maps y presentaba ciertas inconsistencias como falta de conexión, algunos tramos faltantes y otros duplicados, por lo que se editó.

El análisis combinó variables técnicas con variables de carácter social: IRI, roderas, deflexiones, TDPA, porcentaje de vehículos pesados, municipios por los que cruza, población total, índice de marginación, índice de desarrollo humano y valor agregado censal bruto. La segmentación se realizó por carretera, buscando que los tramos tuvieran una longitud mínima de 20 km.

Se cumple con la hipótesis de esta investigación: "Los tramos carreteros con tránsito menor también requieren de trabajos de conservación oportunos, no sólo cuando su estado físico es tal, que el trabajo de conservación es urgente; por lo que al considerar variables técnicas y socioeconómicas, se proporciona información de interés para que los tomadores de decisiones consideren brindar la atención necesaria a dichos tramos", ya que se detectaron dos tramos con una longitud total de 206 kilómetros que requieren atención y que beneficiarían a 182,198 personas. Las características que comparten son: estado físico no satisfactorio, TDPA bajo o medio, grado de marginación muy alto, IDH bajo o medio y VACB bajo. Además, estos tramos pertenecen a la red secundaria, que representa el 42% de la RFLP a nivel nacional<sup>73</sup> y a finales del año 2014 el 60% se encontraba en estado físico no satisfactorio<sup>74</sup>.

---

<sup>73</sup> Ver Gráfica 3.

<sup>74</sup> Ver Gráfica 6.

En este trabajo se analizó solo el segmento de la ruta carretera 175 que se encuentra en el estado de Oaxaca, sin embargo, las rutas carreteras cruzan varias entidades, por lo que la metodología desarrollada en este trabajo puede ser aplicada para analizar una ruta completa y conocer a detalle las características sociodemográficas de la población beneficiada en todos los estados involucrados.

De igual forma, como trabajo futuro se pueden utilizar otras variables sociales como el índice de rezago social publicada en 2010 por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) o bien consultar otros indicadores de fuentes reconocidas. Otros trabajos futuros pueden ser: realizar un perfil de la ruta considerando, ciudades origen-destino, tipo de camino, número de carriles, concesiones, tipo de pavimento, accidentes, TDPA, IRI, deflexiones y variables socioeconómicas como los valores que ofrece el Censo de Población del INEGI, ya que se pueden elegir poblaciones de interés como: la económicamente activa, indígena, analfabeta, sin seguridad social, por citar algunos ejemplos. Georreferenciar las obras del PNCC y de emergencias de años anteriores, para identificar los tramos que han requerido de una mayor conservación.

Una realidad a nivel mundial es la publicación de los datos en formato estándar que obtiene la administración pública y el uso de software libre. La DGCC publica anualmente el PNCC del año en curso y la longitud de la RFLP, sin embargo aún hace falta que se publiquen las mediciones de IRI, rodera y deflexiones y que se tenga acceso directo a información histórica de manera permanente. En el caso del software libre en los SIG algunas de las ventajas son: disminución de costos y utilización correcta de los recursos públicos, transparencia y rendición de cuentas, disponibilidad de datos, flexibilidad y adaptación a las necesidades exactas.

## ANEXO TÉCNICO

En la administración de pavimentos existen principalmente tres formas de evaluación útiles para un modelo de gestión de pavimentos:

- Evaluación de calidad proporcionada a los usuarios: también conocida como evaluación funcional, está relacionada con la percepción que tienen los usuarios de la superficie del pavimento; actualmente el indicador más utilizado es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
- Evaluación estructural: en esta evaluación se determina la capacidad estructural que tiene el pavimento para soportar las cargas de del tránsito. En las evaluaciones no destructivas se obtienen valores de deflexiones que permiten modelar la capacidad estructural del pavimento. Existen también las evaluaciones destructivas, en las cuales se obtiene una cala de las capas que forman el pavimento, con las cuales se pueden analizar las características de los materiales en laboratorio.
- Evaluación de daños: está relacionada con la exploración visual y el registro de la frecuencia y severidad de los diferentes tipos de daños que se presentan en los caminos.

Cada año se realizan mediciones en la RFLP, con el objetivo de conocer el deterioro de los pavimentos y contar con la información técnica necesaria que permita generar el PNCC<sup>75</sup>, para ello se recopilan datos de Índice de Rugosidad Internacional (IRI), roderas, deflexiones y coeficiente de fricción, se levanta un inventario de daños en la estructura del pavimento y se actualizan los Datos Viales que contienen el TDPA de cada ruta carretera. A continuación se explicara de manera breve cada una de estas mediciones.

---

### IRI

---

En 1986 el Banco Mundial propuso el Índice de Rugosidad Internacional como medida de regularidad superficial para un camino, este índice es útil como parámetro de referencia para la medición de la calidad de la superficie del pavimento. El IRI se define como “la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior (en milímetros, metros o pulgadas) de un modelo de vehículo (cuarto de

---

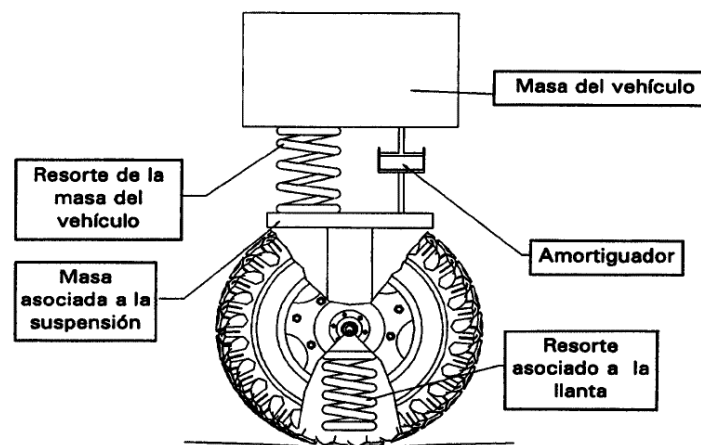
<sup>75</sup> Programa Nacional de Conservación de Carreteras.



carro), dividido entre la distancia recorrida sobre un camino (en metros, kilómetros o millas) que se produce por los movimientos al vehículo, cuando este circula a una velocidad de 80 km/h"<sup>76</sup>. Las dimensiones comunes en las que se expresan los valores son mm/m o m/km.

El modelo de cuarto de carro que se puede apreciar en la *Figura 155*, el cual es un monociclo integrado por dos masas, una asociada a la suspensión y otra al vehículo, dos resortes, uno de la masa del vehículo y otro en la llanta, y un amortiguador. Este sistema calcula la deflexión de la suspensión de un sistema mecánico simulado como una respuesta similar a la que percibe un pasajero.

*Figura 15. Representación gráfica del modelo "cuarto de carro".*



Fuente: (Romero Navarrete & Lozano Guzmán, 1995).

En la *Figura 166* se muestra una escala que permite interpretar los valores de IRI que se pueden obtener en un camino, como podemos observar un valor de IRI menor a 2 m/km está asociado a superficies en excelente estado, tanto en su perfil longitudinal y como en el transversal, en estos caminos es posible manejar a velocidades mayores a los 100 km/h de manera cómoda, generalmente estos valores se encuentran en autopistas y pistas de aeropuertos, donde por cuestiones de seguridad, se requiere mantener estos valores de IRI. Los valores más altos se presentan en carreteras sin pavimentar o que presentan daños considerables, dichos tramos obtienen valores de IRI cercanos a 15 m/km y la velocidad de circulación disminuye a 50 km/h.

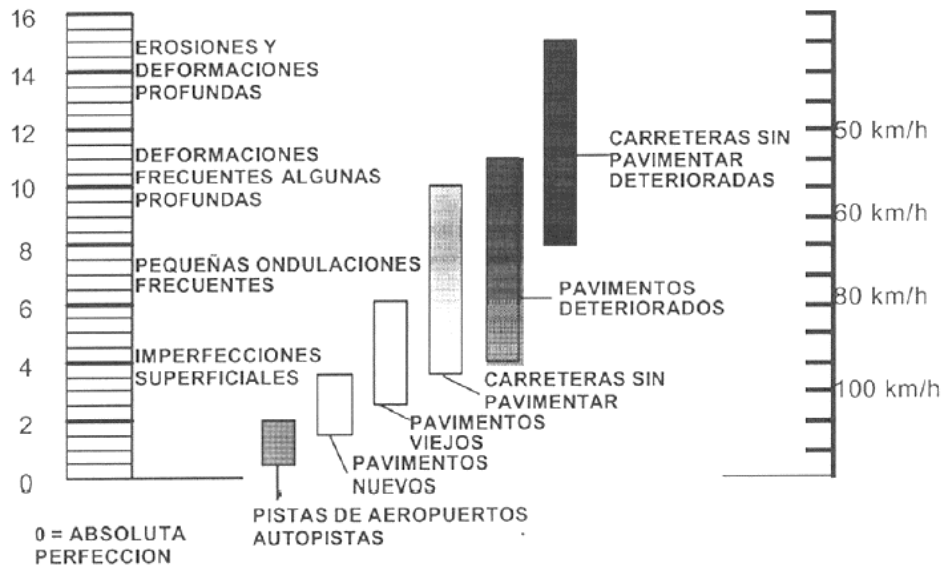
Como se mencionó en el capítulo 2, la DGCC estableció que los tramos carreteros en buen estado deben de tener un IRI menor a 2.5 m/km, los tramos con IRI entre 2.5 y 3.5 m/km

---

<sup>76</sup> (Arriaga Patiño, Garnica Anguas, & Rico Rodríguez, 1998).

tienen un estado físico aceptable y los que superan los 3.5 m/km de IRI se encuentran en una condición no satisfactoria.

Figura 16. Escala de valores IRI.



Fuente: (Aguerreberre Salido & Cepeda Narváz, 1991).

Los equipos de alto rendimiento que se utilizan para obtener valores de IRI, miden el perfil longitudinal del tramo en estudio mediante un perfilógrafo, al mismo tiempo miden la profundidad de rodera mediante medidores láser que obtienen un barrido transversal.

Las roderas son deformaciones permanentes de la carpeta asfáltica en el sentido longitudinal, presentes en las rodadas de los vehículos, se pueden formar debido a la deformación permanente de cualquier capa del pavimento, por la consolidación o movimiento lateral debido al tránsito.

Figura 17. Equipos de medición para IRI y roderas.



Fuente: Archivo del IMT.

---

## DEFLEXIÓN

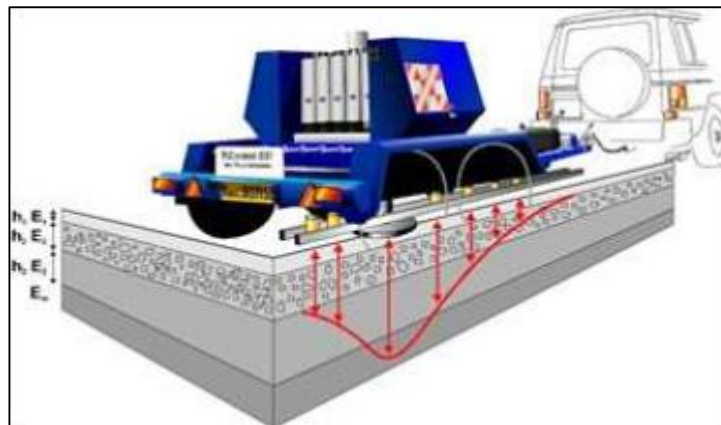
---

La deflexión de un pavimento se define como el desplazamiento vertical de la estructura por efecto de una carga y sirve para valorar la capacidad estructural de un pavimento en campo. Se considera que los pavimentos con una estructura deficiente presentan valores altos de deflexión, por lo que requieren de una capa de refuerzo adicional.

En la actualidad el equipo de mayor uso en medición de deflexiones puntuales es el deflectómetro de impacto, el cual es eficiente y económico. Este equipo es capaz de levantar masas determinadas y soltarlas en caída libre, generando una onda por el impacto que es transmitida al pavimento; mediante sensores se mide el desplazamiento vertical máximo para cada punto del pavimento evaluado, obteniendo así una curva de desplazamientos verticales llamada cuenca de deflexiones.

La obtención de las deflexiones utilizando un deflectómetro de alto impacto, brindan información de la resistencia en cada una de las capas del pavimento (carpeta, base, sub-base, subrasante) mediante una carga que simula la carga que ejercen los vehículos que circulan en el camino. Esta simulación ocurre de manera constante, ya que cuando se aplica una carga en la superficie de un pavimento, a través de un vehículo terrestre o aéreo, el pavimento se flexiona hacia abajo formando una cuenca de deflexiones, como la que se muestra en la *Figura 18*.

*Figura 18. Deflectómetro de alto impacto y cuenca de deflexiones.*



Fuente: (SCT, 2014).

---

## COEFICIENTE DE FRICCIÓN

---

El coeficiente de fricción en un pavimento es un parámetro que permite conocer el nivel de adherencia entre los neumáticos de un vehículo y la superficie del camino. Este parámetro cobra relevancia en zonas de frenado, curvas y cuando el pavimento se encuentra mojado, ya que permite mantener a los vehículos dentro de su trayectoria en las curvas, sin que se produzcan derrapes, así mismo, permite que los vehículos se detengan de manera eficaz y evitar colisiones, por lo que es de vital importancia para la seguridad de los usuarios.

La fricción está directamente relacionada con la velocidad, las características del neumático y del camino como macrotextura, microtextura, drenaje, pendiente transversal y por condiciones climáticas: precipitación y temperatura. La macrotextura depende de la textura superficial del pavimento, está determinada por el tamaño, forma y granulometría del agregado y por las técnicas empleadas para la colocación de la superficie de rodamiento del camino. La macrotextura proporciona canales de salida para el agua. Por otro lado la microtextura se obtiene considerando las características mineralógicas del agregado que se utilizó en el pavimento, las cuales le permiten mantener su rugosidad contra el pulimento debido al tránsito de vehículos. Cabe mencionar que en agregados calizos el pulimento es mayor que en agregados de origen volcánico.

Los equipos de medición continua de fricción, más utilizados, requieren de un sistema de remolque y un tanque de agua de 500 litros, para obtener una película de agua de 1 milímetro de espesor ya que el equipo obtiene valores en la peor condición, esto es con una superficie del camino mojada. Dentro de los equipos más utilizados para obtener mediciones continuas del coeficiente de fricción destaca el MuMeter, que se muestra en la *Figura 19*.

Figura 19. Equipo MuMeter.



Fuente: Archivo del IMT.

---

## INVENTARIO DE DAÑOS

---

Un inventario de daños se forma a partir de un levantamiento de kilómetro a kilómetro, de los tramos en estudios. En el caso de la RFLP anualmente se actualizan los deterioros que se presentan en la superficie del pavimento, los cuales se califican de acuerdo al grado de severidad observado y se determina el área dañada, con relación a la superficie total del pavimento. Dicha información se recolecta en un sistema informático que permite capturar y analizar los valores de manera más sencilla.

El levantamiento está dividido en cuatro diferentes tipos de daños:

1. Porcentaje de área agrietada
2. Porcentaje del área con desprendimiento de áridos
3. Baches (número por km)
4. Área con rotura de borde ( $m^2$  por km)

Además de capturar los daños, se captura información importante como: estructura del pavimento, topografía, sección, obras de drenaje, drenaje superficial, subdrenaje, intersecciones y TDPA.

---

## INFORMACIÓN DE TRÁNSITO

---

La información de tránsito es un insumo básico en cualquier proyecto, ya que permite determinar el grado de ocupación y las condiciones en que opera cada segmento de la red en estudio; en proyectos nuevos define las características geométricas y estructurales de la vía a construir, en proyectos que ya se encuentran en operación son útiles para priorizar las necesidades de mantenimiento, programar una modernización o reconstrucción y para identificar rutas alternas.

Un estudio de tránsito deberá obtener datos de Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA<sup>77</sup>), clasificación vehicular, tasa de crecimiento y carga transportada. Anualmente se realizan estudios de tránsito en la Red Nacional, ya que es un criterio importante en la toma de decisiones y un insumo indispensable en los análisis económicos. La DGST es la encargada de publicar la estadística de datos viales que se obtienen de los conteos vehiculares que permiten conocer los volúmenes anuales y su clasificación que se presenta en el Cuadro 30. El volumen de TDPA permite clasificar las carreteras, en el Cuadro 31 se presenta un resumen considerando el Reglamento de Pesos y Dimensiones y las normas de la DGST.

Por otro lado, la tasa de crecimiento se obtiene estadísticamente considerando los volúmenes de tránsito de años consecutivos anteriores que permitan definir un crecimiento sostenido; es de utilidad para definir las acciones de conservación, ya que definen las proyecciones del tránsito en el horizonte del proyecto.

*Cuadro 30. Clasificación de vehículos en Datos Viales.*

Tipo de vehículo	Descripción
M	Motos
A	Automóviles
B	Autobuses
C2	Camiones de 2 ejes
C3	Camiones de 3 ejes
T3S2	Tracto de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes
T3S3	Tracto de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes
T3S2R4	Tracto de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes
Otros	Considera otro tipo de combinación de camiones de carga

*Fuente: (SCT, 2015).*

---

<sup>77</sup> Es el valor de la media aritmética de los volúmenes diarios de flujo vehicular para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la carretera (SCT, 2014).

Cuadro 31. Clasificación de carreteras en función del TDPA.

Clasificación	TDPA (vehículos)	Características
ET	> 5,000	Corredores carreteros establecidos por la SCT, cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso.
A4		Carreteras con características geométricas y estructurales que permiten el tránsito de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones excepto aquellos que por sus dimensiones y peso solo se permitan en las carreteras tipo ET. A4 se refiere a que es una carretera con 4 carriles, A2 tiene solo 2 carriles.
A2	3,000 - 5,000	
B	1,500 - 3,000	Son carreteras que conforman la red primaria o básica, debido a sus características geométricas y estructurales prestan un servicio de comunicación interestatal. Conectan las capitales de los estados, las ciudades más importantes, los puertos y los cruces fronterizos.
C	500 - 1,500	Red secundaria, presta servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, que establece conexiones con la red primaria o básica. Carreteras o ramales cuya influencia es regional o local.
D	100 - 500	Red alimentadora, son redes que prestan servicio dentro del ámbito municipal con longitudes relativamente cortas, estableciendo conexiones con la red secundaria.
E	Hasta 100	

Fuente: Elaboración propia con datos de (Diario Oficial de la Federación , 2006) y (SCT, 1984).

## PROMEDIO PONDERADO DEL TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL

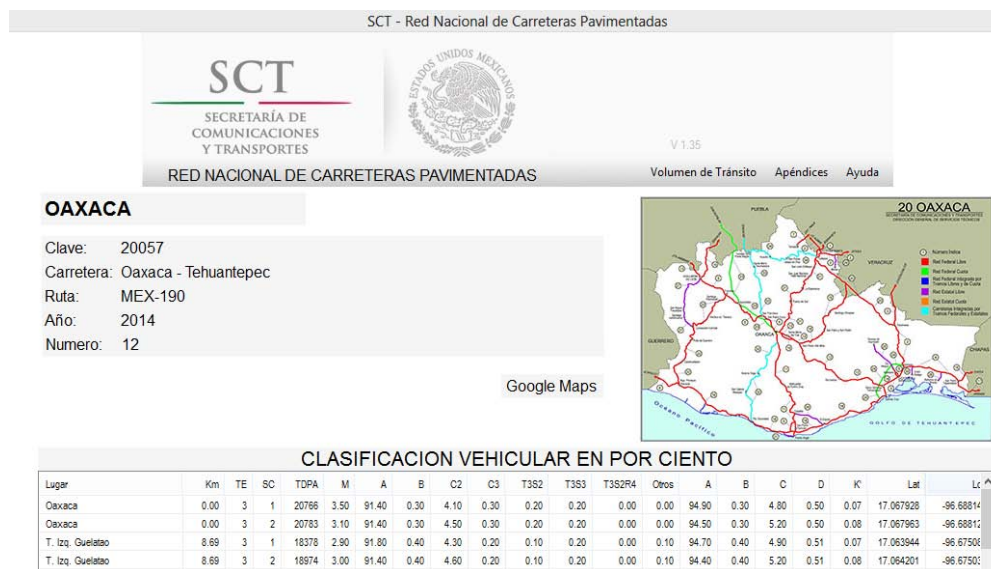
Para realizar el cálculo del TDPA ponderado se consideraron los datos publicados por la DGST en el libro de datos viales 2015<sup>78</sup>. En la *Figura 20* se muestran los datos de tránsito de la carretera Oaxaca- Tehuantepec, los cuales se pueden exportar a Excel, lo que permite trabajar con ellos de una manera más sencilla, estos se presentan en el *Cuadro 32*. El contenido de cada una de las columnas es el siguiente<sup>79</sup>:

<sup>78</sup> El año de medición es 2014.

<sup>79</sup> Apéndice del libro de datos viales.

- Lugar: contiene los nombres de los puntos generadores, como son: ciudades, poblaciones y entronques.
- Km: kilómetro del punto generador antes referido.
- TE (Tipo de Estación): considerando el sentido en el que crece el kilometraje, el número "1" indica que el aforo fue efectuado antes del punto generador, el "2" que fue realizado en el punto generador y el "3" que el aforo se llevó a cabo después del punto generador.
- SE (Sentido de Circulación): el número "1" indica que los datos corresponden al sentido de circulación en que asciende el cadenamamiento del camino, también se le conoce como cuerpo A; el sentido de circulación "2" se le asigna al sentido en el que decrece el kilometraje o cuerpo B y el "0" a ambos sentidos, esto es para el cuerpo único<sup>80</sup>.
- TDPA: es el tránsito diario promedio anual 2014 registrado en el punto generador.

Figura 20. Pantalla de la consulta de Datos Viales.



Fuente: (SCT, 2015).

<sup>80</sup> Un tramo de cuerpo único tiene 2 carriles, cuando se cuenta con 4 o más carriles y los sentidos de circulación se encuentran divididos por una barrera central o un camellón, quiere decir que ese tramo es dos cuerpos.



Cuadro 32. Datos viales de la carretera Oaxaca-Tehuantepec.

Lugar	Km	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	Otros	A	B	C	K'	D	Lat.	Long.
Oaxaca	0.00	3	1	20,766	3.5	91	0	4.1	0.3	0.2	0.2	0	0	95	0	4.8	0.07	0.5	17.06793	-96.68815
Oaxaca	0.00	3	2	20,783	3.1	91	0	4.5	0.3	0.2	0.2	0	0	95	0	5.2	0.08	0.5	17.06796	-96.68812
T. Izq. Guelatao	8.69	3	1	18,378	2.9	92	0	4.3	0.2	0.1	0.2	0	0.1	95	0	4.9	0.07	0.51	17.06394	-96.67508
T. Izq. Guelatao	8.69	3	2	18,974	3	91	0	4.6	0.2	0.1	0.2	0	0.1	94	0	5.2	0.08	0.51	17.0642	-96.67503
Libramiento Santa María el Tule	12.00	1	1	14,705	2.9	91	0	4.4	0.3	0.3	0.2	0	0.1	94	0	5.3	0.08	0.54	17.06146	-96.66684
Libramiento Santa María el Tule	12.00	1	2	17,006	3	91	0	4.5	0.3	0.3	0.2	0	0.1	94	0	5.4	0.09	0.54	17.06171	-96.66677
Santa María El Tule	13.90	1	1	7,306	3.9	92	0	2.9	0.1	0.5	0.6	0	0.1	96	0	4.2	0.07	0.5	17.05094	-96.64522
Santa María El Tule	13.90	1	2	7,392	3.3	92	0	3.2	0.1	0.5	0.7	0	0.1	95	0	4.6	0.09	0.5	17.05079	-96.64532
Santa María El Tule	13.90	3	0	4,815	3.2	89	0	4.6	0.2	2	0.2	0.1	0.2	93	0	7.3	0.08	0.51	17.04089	-96.62407
T. Izq. Teotitlán del Valle	26.50	1	0	15,519	1.8	90	1	5.7	0.7	0.5	0.4	0.2	0.1	91	1	7.6	0.07	0.51	16.99703	-96.529
T. Izq. Teotitlán del Valle	26.50	3	0	14,519	1.8	89	1	6.1	0.8	1.1	0.4	0.2	0.1	90	1	8.7	0.07	0.5	16.99277	-96.52243
T. Der. Tlacolula	33.64	1	0	14,299	2	84	1	6.3	0.7	4.2	0.7	0.3	0.6	86	1	13	0.07	0.5	16.97045	-96.48908
T. Der. Tlacolula	33.64	3	1	5,340	1.4	87	2	7.4	0.8	0.7	0.6	0.3	0.1	89	2	9.9	0.07	0.51	16.94819	-96.46002
T. Der. Tlacolula	33.64	3	2	5,205	1.5	85	2	8.9	0.9	0.7	0.6	0.3	0.1	87	2	12	0.06	0.51	16.94836	-96.45992
T. Izq. Villa de Mitla	42.66	1	0	8,331	1.1	86	1	7.2	1.1	2.7	0.7	0.4	0.3	87	1	12	0.07	0.51	16.92174	-96.40701
T. Izq. Villa de Mitla	42.66	3	0	4,835	1.2	82	3	8	1.4	2.8	1.2	0.6	0.2	83	3	14	0.07	0.5	16.9125	-96.39779
San Pedro Totolapan	81.00	1	0	2,971	0.9	72	6	13	2	2.7	2.2	1.4	0.1	73	6	21	0.06	0.52	16.67663	-96.31453
T. Izq. Nejapa de Madero	127.00	1	0	2,109	3.2	72	6	11	2.1	2.7	1.8	1.2	0.4	75	6	19	0.08	0.51	16.62175	-96.03803
La Reforma	184.62	1	0	1,970	0.7	69	8	13	2.3	2.8	2.5	1.9	0.1	70	8	23	0.07	0.52	16.39956	-95.76749
La Reforma	184.62	3	0	1,985	0.9	71	7	11	2.5	3	2.3	1.7	0.4	72	7	21	0.07	0.52	16.3987	-95.76333
T. Der. Magdalena Tequisistlán	206.66	1	0	2,850	4.3	75	5	7.8	1.8	2.9	1.8	1.3	0.1	80	5	16	0.07	0.51	16.41412	-95.59606
T. Izq. Jalapa de Márquez	224.60	3	0	4,007	3.5	76	4	11	1.5	2.4	1.2	0.9	0.2	79	4	17	0.07	0.51	16.4304	-95.42907
X. C. La Ventosa - Salina Cruz (Cuota)	246.18	1	0	3,124	1.6	78	4	11	1.5	2.1	1.3	1	0.1	79	4	17	0.08	0.51	16.33403	-95.28348
X. C. La Ventosa - Salina Cruz (Cuota)	246.18	3	0	6,041	2.6	79	2	7.8	1.2	3	1.1	2.9	0.4	81	2	16	0.06	0.5	16.33224	-95.27607
Tehuantepec	250.60	1	0	6,699	3.1	78	2	8.2	1.3	3.6	1.1	2.2	0.3	81	2	17	0.06	0.5	16.32896	-95.26231

Fuente: Elaboración propia con datos de (SCT, 2015).

- Clasificación vehicular: se refiere a los tipos de vehículos que integran al tránsito, ésta se proporciona en porcentaje del TDPA, la clasificación es la siguiente:

*Cuadro 33. Clasificación de vehículos en Datos Viales.*

Tipo de vehículo	Descripción
M	Motos.
A	Automóviles.
B	Autobuses.
C2	Camiones de 2 ejes.
C3	Camiones de 3 ejes.
T3S2	Tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes.
T3S3	Tractor de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes.
T3S2R4	Tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes.
Otros	Considera otro tipo de combinación de camiones de carga.

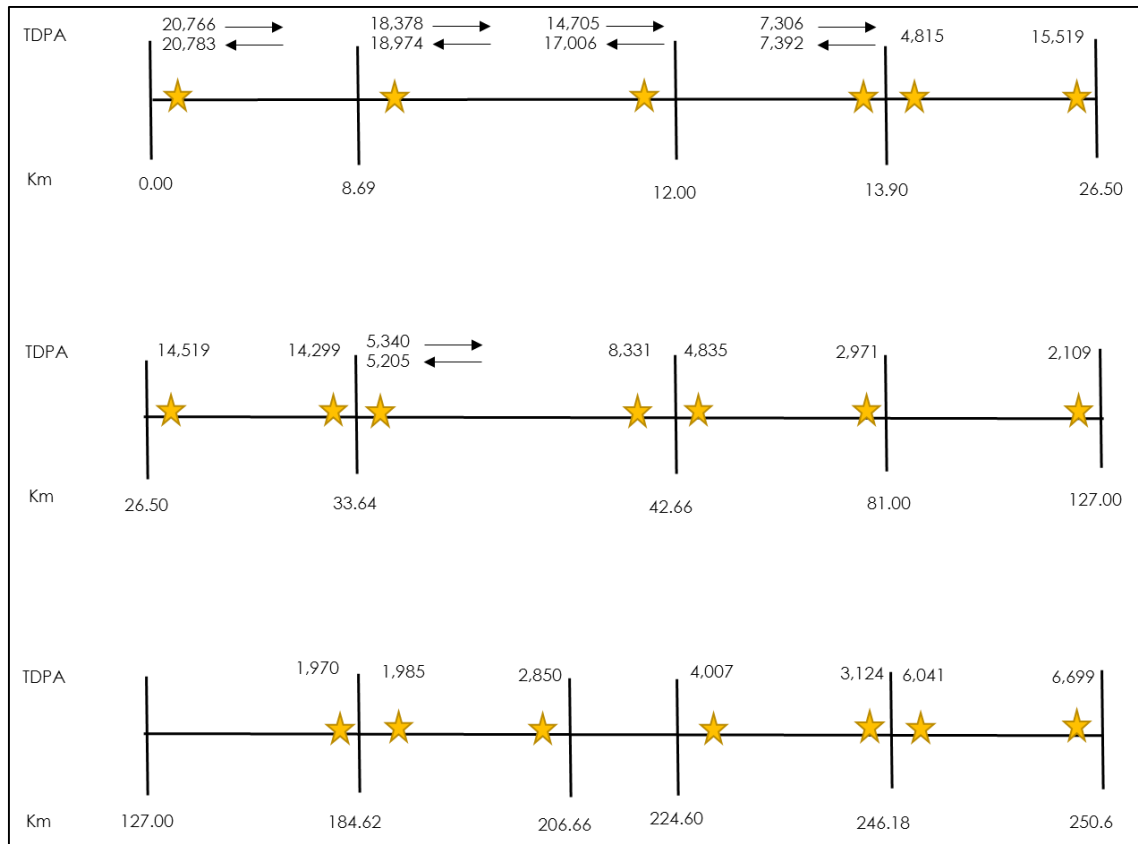
*Fuente: Elaboración propia con datos de (SCT, 2015).*

- K': Factor útil para determinar el volumen horario de proyecto, se obtiene a partir de relacionar los volúmenes horarios más altos registrados en la muestra de aforo semanal y el tránsito diario promedio anual.
- D (Factor direccional): se obtiene al dividir el volumen de tránsito horario en el sentido de circulación más cargado entre el volumen en ambos sentidos a la misma hora.
- Coordenadas: se presentan las coordenadas geográficas del sitio de ubicación del equipo de aforo automático.

Se eligió la carretera Oaxaca-Tehuantepec, debido a que contiene todos los posibles casos para realizar el cálculo del TDPA ponderado con los valores obtenidos en las estaciones de medición. Esta carretera pertenece a la Ruta 190 y se encuentra en el estado de Oaxaca, tiene una longitud de 250.60 km, con tramos de cuerpo único y de doble cuerpo.

En la *Figura 21* se representan las diferentes mediciones de TDPA a lo largo de los tramos, considerando los tipos de estaciones, así como los diferentes sentidos de circulación para los casos de doble cuerpo.

Figura 21. Diagrama de TDPA de la Ruta 190 en el estado de Oaxaca.



Fuente: Elaboración propia con datos de (SCT, 2015).

El promedio ponderado del TDPA se obtiene de la siguiente forma:

$$TDPA_{ponderado} = \frac{TDPA_1 * L_1 + TDPA_2 * L_2 + TDPA_3 * L_3 + \dots + TDPA_n * L_n}{L_{Total}}$$

Donde:

$TDPA_1$ : es el valor del TDPA que rige en tramo 1

$L_1$ : es la longitud del tramo 1

$L_{Total}$ : es la longitud total de la carretera en estudio

Consideraciones:

- Si solo se cuenta con un valor de TDPA en el tramo, este será el que rija a lo largo del mismo. Esto se puede observar en el tramo del km 81.00 al km 127.00, cuyo TDPA es de 2,109 vehículos.

- b) Si en un mismo tramo se encuentran un tipo de estación 1 y 3, el valor del TDPA que se considerará es el promedio simple. Como sucede en el tramo del km 13.90 al km 26.50, donde la estación tipo 3 del km 13.90 tiene registrado un TDPA de 4,815 vehículos y la estación tipo 1 del km 26.50 registró un TDPA de 15,519 vehículos por lo que el valor del TDPA para el tramo es de 10,167 vehículos.
- c) Por el contrario si no se cuenta con ningún dato en el tramo, el valor que se considera es el de la estación más próxima en sentido ascendente del kilometraje. Es el caso del tramo que comprende los kilómetros 206.66 y 224.60 que debido a la ausencia de estaciones de medición se considera el valor registrado en la estación tipo 3 del km 224.60, el cual es de 4,007 vehículos.
- d) Para los tramos de doble cuerpo, el TDPA del tramo es la suma de los 2 valores. Esto aplica para el tramo del km 0.00 al km 8.69 que tiene un TDPA de 20,766 vehículos en el cuerpo A y 20,783 en el cuerpo B, el valor del TDPA del tramo es de 41,549 vehículos.

*TDPA<sub>ponderado</sub>*

$$= \frac{(41,549 * 8.69) + (34,531.5 * 3.31) + (14,698 * 1.9) + (10,167 * 12.6) + (14,409 * 7.14) + (9,438 * 9.02) + (3,903 * 38.34) + (2,109 * 46) + (1,970 * 57.62) + (2,417.5 * 22.04) + (4,007 * 17.94) + (3,565.5 * 21.58) + (6,370 * 4.45)}{250.6}$$

$$TDPA_{ponderado} = 5,626 \text{ veh\u00edculos}$$

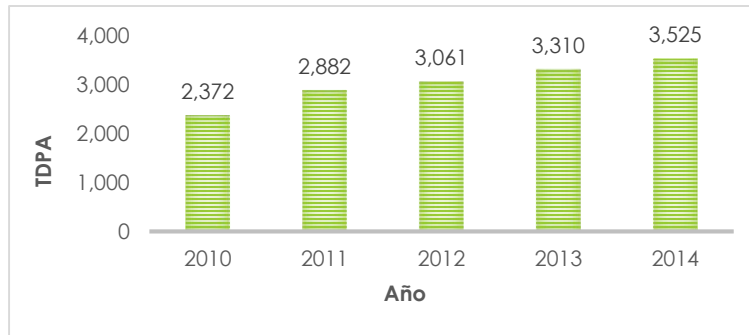
---

#### TDPA PONDERADO DE LA RFLP DE OAXACA, PERIODO 2010-2014

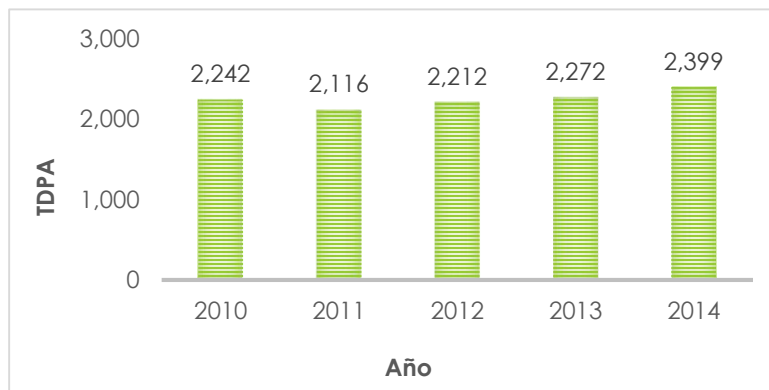
---

En las siguientes gr\u00e1ficas se presenta el promedio ponderado del TDPA para cada ruta de la RFLP en el estado de Oaxaca, para el periodo 2010-2014, estos valores se utilizaron para calcular la tasa de crecimiento.

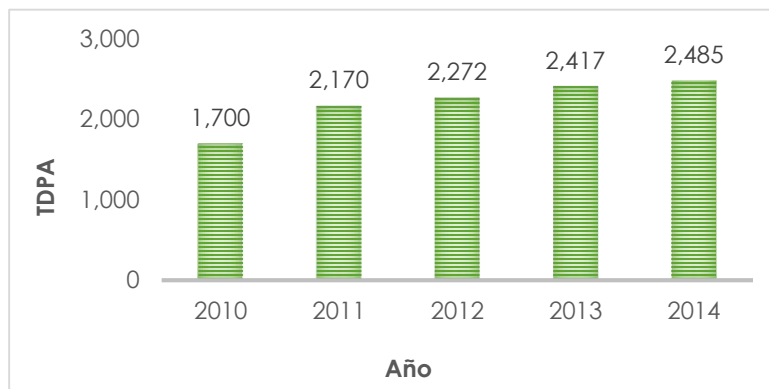
Gráfica 9. TDPA ponderado de la carretera Tehuacán-Huajuapán de León, Ruta 125.



Gráfica 10. TDPA ponderado de la carretera T. Yucudaa-Pinotepa Nacional, Ruta 125.

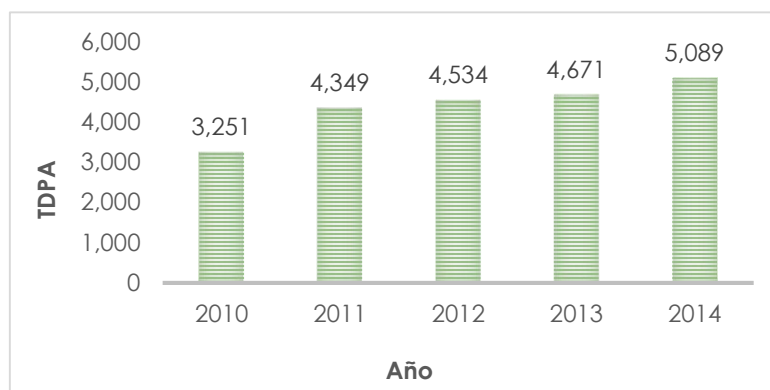


Gráfica 11. TDPA ponderado de la carretera Tehuacán-Oaxaca, Ruta 131.

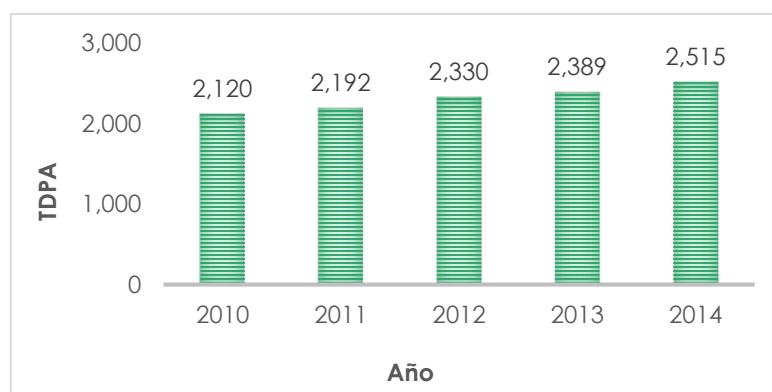


Fuente: Elaboración propia con información de Datos Viales 2015 de la DGST.

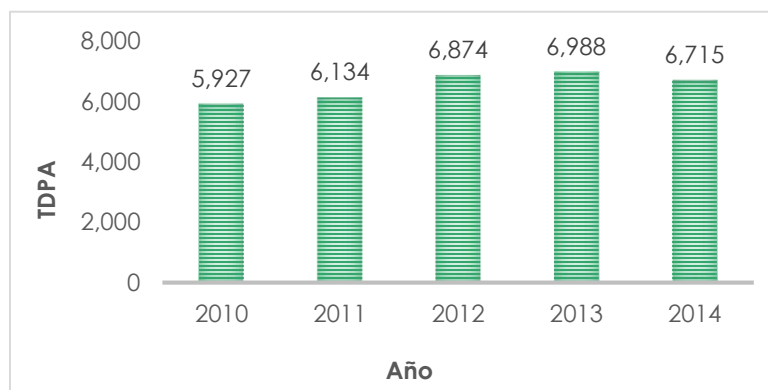
Gráfica 12. TDPA ponderado de la carretera Oaxaca–Puerto Escondido, Ruta 131.



Gráfica 13. TDPA ponderado de la carretera Tuxtepec–Matías Romero, Ruta 147.

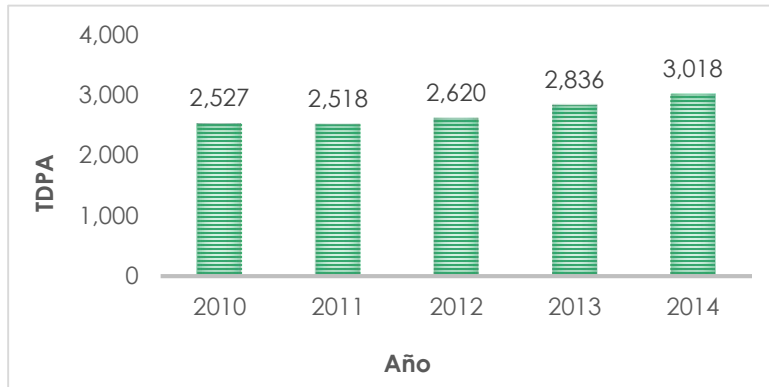


Gráfica 14. TDPA ponderado de la carretera Alvarado–Tuxtepec, Ruta 175.

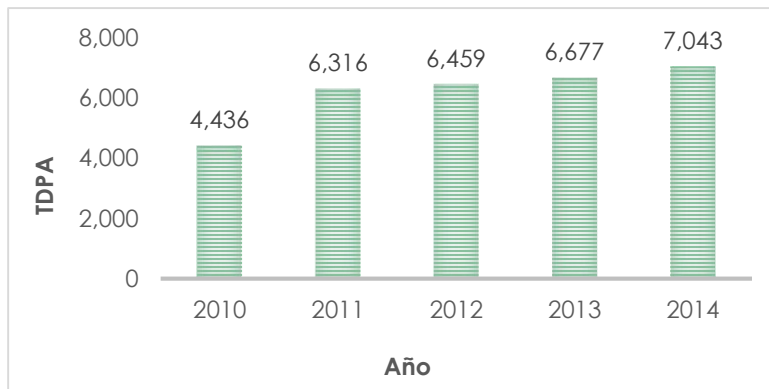


Fuente: Elaboración propia con información de Datos Viales 2015 de la DGST.

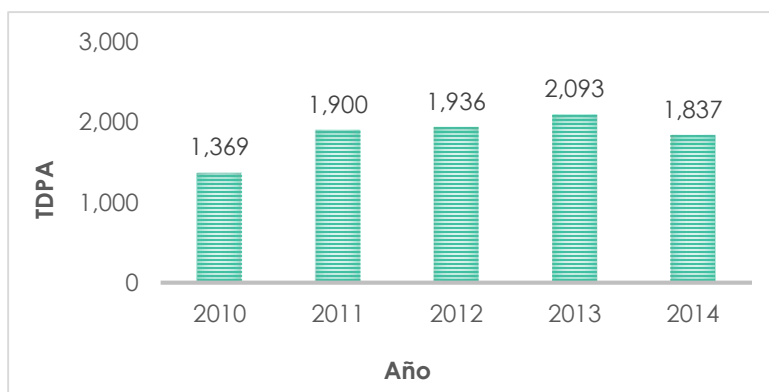
Gráfica 15. TDPA ponderado de la carretera Tuxtepec-Oaxaca, Ruta 175.



Gráfica 16. TDPA ponderado de la carretera Oaxaca-Puerto Ángel, Ruta 175.

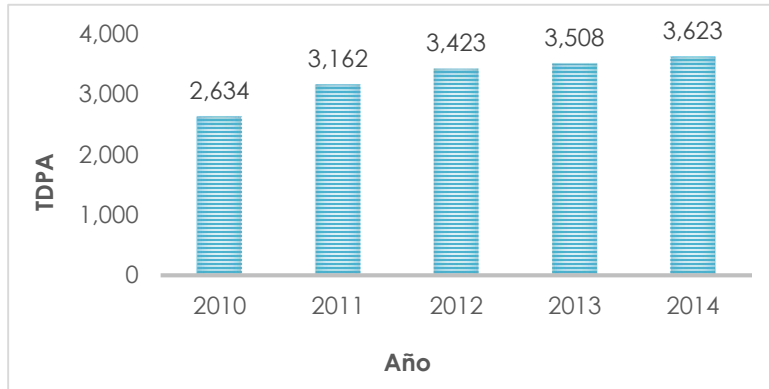


Gráfica 17. TDPA ponderado de la carretera Mitla-Playa San Vicente, Ruta 179.

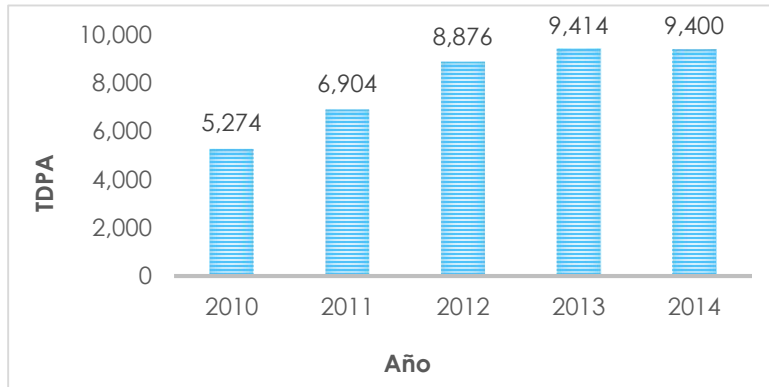


Fuente: Elaboración propia con información de Datos Viales 2015 de la DGST.

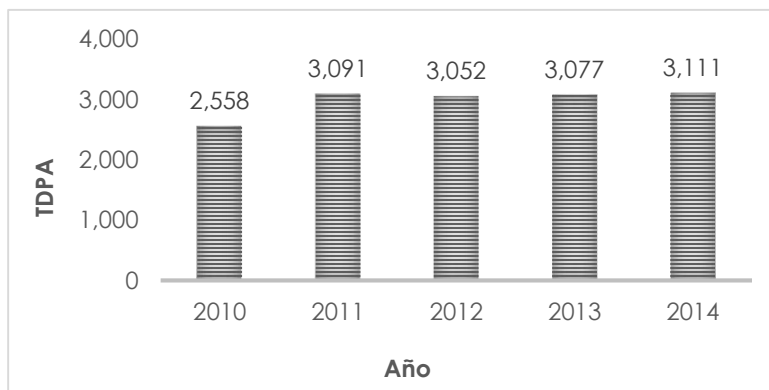
Gráfica 18. TDPA ponderado de la carretera Teotitlán-Tuxtepec, Ruta 182.



Gráfica 19. TDPA ponderado de la carretera Coatzacoalcos-Salina Cruz, Ruta 185.



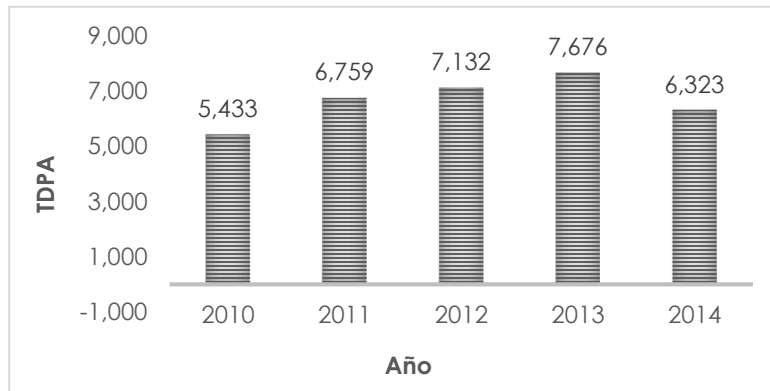
Gráfica 20. TDPA ponderado de la carretera Puebla-Huajuapán de León, Ruta 190.



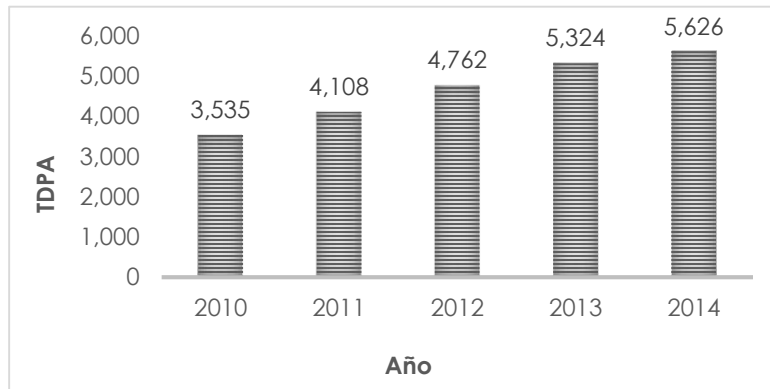
Fuente: Elaboración propia con información de Datos Viales 2015 de la DGST.



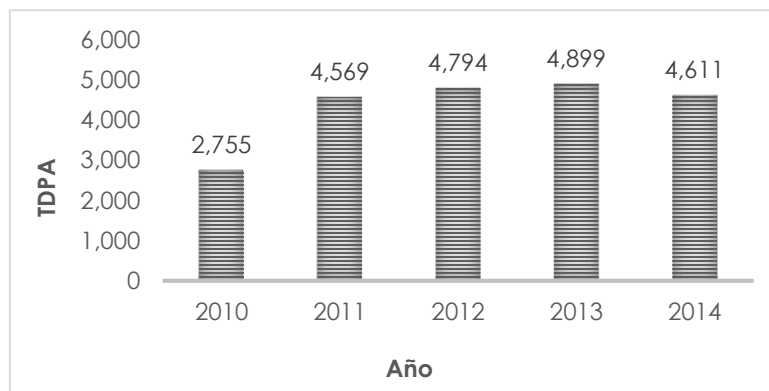
Gráfica 21. TDPA ponderado de la carretera Huajuapán de León-Oaxaca, Ruta 190.



Gráfica 22. TDPA ponderado de la carretera Oaxaca-Tehuantepec, Ruta 190.

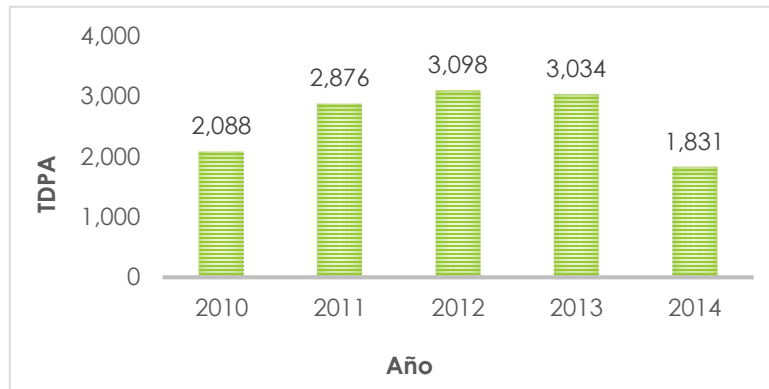


Gráfica 23. TDPA ponderado de la carretera La Ventosa-Tapanatepec, Ruta 190.

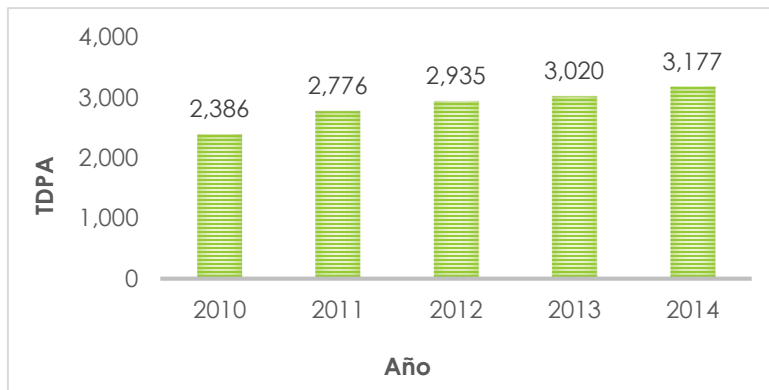


Fuente: Elaboración propia con información de Datos Viales 2015 de la DGST.

Gráfica 24. TDPA ponderado de la carretera Tapanatepec–Tuxtla Gutiérrez, Ruta 190.



Gráfica 25. TDPA ponderado de la carretera Acapulco–Pinotepa Nacional, Ruta 200.

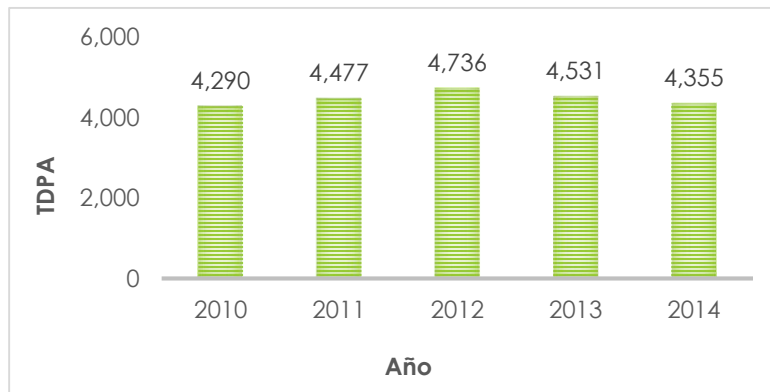


Gráfica 26. TDPA ponderado de la carretera Pinotepa Nacional–Salina Cruz, Ruta 200.



Fuente: Elaboración propia con información de Datos Viales 2015 de la DGST.

Gráfica 27. TDPA ponderado de la carretera Tapanatepec–Talismán, Ruta 200.



Fuente: Elaboración propia con información de Datos Viales 2015 de la DGST.

#### TASA DE CRECIMIENTO

La tasa de crecimiento se calculó con el modelo geométrico, considerando el promedio ponderado del TDPA de cada carretera, para ello se utilizaron los datos viales que publicó la DGST, de 2010 a 2014.

$$r = \left[ \left( \frac{Y_f}{Y_p} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$$

Donde:

$r$  = tasa de crecimiento por año

$Y_f$  = TDPA final

$Y_p$  = TDPA inicial

$t$  = tiempo (años)

Por ejemplo, para la ruta 190 se tienen los siguientes datos:

Año	2010	2011	2012	2013	2014
TDPA Ponderado	3,535	4,108	4,762	5,324	5,626

La tasa de crecimiento es la siguiente:

$$r = \left[ \left( \frac{5,626}{3,535} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right] * 100$$

$$r = 12.3\%$$

## COMPOSICIÓN VEHICULAR

Para calcular la composición vehicular de cada carretera<sup>81</sup> se decidió multiplicar la composición vehicular<sup>82</sup> de cada tramo por su respectivo TDPA, después se obtuvieron los totales de cada tipo de vehículo y por último el porcentaje de participación de los mismos en toda la carretera. En el Cuadro 34 se puede apreciar que en cada estación de aforo se cuenta con un valor de TDPA y una composición vehicular diferente. Al realizar el cálculo, se obtiene que la carretera Oaxaca-Tehuantepec esta compuesta por: 90.4% vehículos ligeros, 1.1% autobuses y 8.5% de vehículos pesados.

Cuadro 34. Composición vehicular para la carretera Oaxaca-Tehuantepec.

Lugar	Km	TE	SC	TDPA 2014	Composición Vehicular (%)			Vehículos		
					A	B	C	A	B	C
Oaxaca	0.00	3	1	20,766	94.9	0.3	4.8	19,706.9	62.3	996.8
Oaxaca	0.00	3	2	20,783	94.5	0.3	5.2	19,639.9	62.3	1,080.7
T. Izq. Guelatao	8.69	3	1	18,378	94.7	0.4	4.9	17,404.0	73.5	900.5
T. Izq. Guelatao	8.69	3	2	18,974	94.4	0.4	5.2	17,911.5	75.9	986.6
Libramiento Santa María el Tule	12.00	1	1	14,705	94.3	0.4	5.3	13,866.8	58.8	779.4
Libramiento Santa María el Tule	12.00	1	2	17,006	94.2	0.4	5.4	16,019.7	68.0	918.3
Santa María El Tule	13.90	1	1	7,306	95.7	0.1	4.2	6,991.8	7.3	306.9
Santa María El Tule	13.90	1	2	7,392	95.3	0.1	4.6	7,044.6	7.4	340.0
Santa María El Tule	13.90	3	0	4,815	92.6	0.1	7.3	4,458.7	4.8	351.5
T. Izq. Teotitlán del Valle	26.50	1	0	15,519	91.4	1	7.6	14,184.4	155.2	1,179.4
T. Izq. Teotitlán del Valle	26.50	3	0	14,519	90.3	1	8.7	13,110.7	145.2	1,263.2
T. Der. Tlacolula	33.64	1	0	14,299	86.1	1.1	12.8	12,311.4	157.3	1,830.3
T. Der. Tlacolula	33.64	3	1	5,340	88.5	1.6	9.9	4,725.9	85.4	528.7
T. Der. Tlacolula	33.64	3	2	5,205	86.7	1.8	11.5	4,512.7	93.7	598.6
T. Izq. Villa de Mitla	42.66	1	0	8,331	86.7	0.9	12.4	7,223.0	75.0	1,033.0
T. Izq. Villa de Mitla	42.66	3	0	4,835	82.8	3	14.2	4,003.4	145.1	686.6

<sup>81</sup> Se consideraron los valores 2014 del libro de datos viales.

<sup>82</sup> Considerando 3 composiciones vehiculares: A es la suma de los automóviles y las motos; B son los autobuses y C es la suma de los vehículos pesados.

Lugar	Km	TE	SC	TDPA 2014	Composición Vehicular (%)			Vehículos		
					A	B	C	A	B	C
San Pedro Totolapan	81.00	1	0	2,971	72.7	6	21.3	2,159.9	178.3	632.8
T. Izq. Nejapa de Madero	127.00	1	0	2,109	74.9	5.8	19.3	1,579.6	122.3	407.0
La Reforma	184.62	1	0	1,970	69.5	7.8	22.7	1,369.2	153.7	447.2
La Reforma	184.62	3	0	1,985	71.9	7	21.1	1,427.2	139.0	418.8
T. Der. Magdalena Tequisistlán	206.66	1	0	2,850	79.5	4.8	15.7	2,265.8	136.8	447.5
T. Izq. Jalapa de Márquez	224.60	3	0	4,007	79	3.6	17.4	3,165.5	144.3	697.2
X. C. La Ventosa - Salina Cruz (Cuota)	246.18	1	0	3,124	79.1	3.9	17	2,471.1	121.8	531.1
X. C. La Ventosa - Salina Cruz (Cuota)	246.18	3	0	6,041	81.4	2.2	16.4	4,917.4	132.9	990.7
Tehuantepec	250.60	1	0	6,699	80.9	2.4	16.7	5,419.5	160.8	1,118.7
Total								207,890.5	2,567.0	19,471.5
Composición de la carretera								90.4%	1.1%	8.5%

Fuente: Elaboración propia con datos de (SCT, 2015).

## TIPOS DE MANTENIMIENTO

**Conservación de caminos:** la Asociación Mundial de Carreteras<sup>83</sup> lo define como "las actividades encaminadas a mantener el pavimento, acotamientos, taludes, drenajes y todas las demás estructuras y objetos que se encuentran dentro de los márgenes de la carretera en una condición lo más próxima posible a la de una carretera de nueva construcción o renovada". Cabe aclarar que en este trabajo se utiliza indistintamente el término conservación y mantenimiento.

**Mantenimiento rutinario:** son obras en pequeña escala que se realizan de manera regular, su objetivo es garantizar la transitabilidad y seguridad de la carretera a corto plazo y evitar su deterioro prematuro<sup>84</sup>. Las actividades de mantenimiento rutinario incluyen: limpieza de drenaje, mantenimiento de taludes laterales, bordes, dispositivos para control de tránsito, limpieza del derecho de vía, recolección de basura, etc.

**Mantenimiento periódico:** son actividades que se realizan en una sección en particular de la carretera a intervalos periódicos y relativamente largos, donde el objetivo principal es conservar la integridad estructural del tramo carretero. Estas operaciones generalmente se

<sup>83</sup> (PIARC (World Road Association), 1994).

<sup>84</sup> (PIARC (World Road Association), 1994).

realizan a gran escala por lo que requieren de equipo y personal especializado, son más costosas que las obras de mantenimiento rutinario y exigen actividades específicas de identificación, planificación y diseño para su ejecución<sup>85</sup>. Dentro de los trabajos de conservación periódica que se realizan se encuentran: carpeta, fresado, microcarpeta, bacheo, riego de sello, renivelación y reconstrucción.

---

LISTADO DE MUNICIPIOS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA RUTA 175

---

*Cuadro 35. Municipios dentro del área de influencia de la ruta 175.*

No.	Clave Geográfica	Municipio	Población Total	% Respecto al total	% Acumulado
1	20067	Oaxaca de Juárez	263,357	23.8%	23.75%
2	20184	San Juan Bautista Tuxtepec	155,766	14.0%	37.80%
3	20385	Santa Cruz Xoxocotlán	77,833	7.0%	44.82%
4	20390	Santa Lucía del Camino	47,356	4.3%	49.09%
5	20324	San Pedro Pochutla	43,860	4.0%	53.04%
6	20059	Miahuatlán de Porfirio Díaz	41,387	3.7%	56.78%
7	20565	Villa de Zaachila	34,101	3.1%	59.85%
8	20399	Santa María Atzompa	27,465	2.5%	62.33%
9	20439	Santa María Tonameca	24,318	2.2%	64.52%
10	20085	San Agustín Loxicha	22,565	2.0%	66.56%
11	20559	San Juan Bautista Valle Nacional	22,446	2.0%	68.58%
12	20107	San Antonio de la Cal	21,456	1.9%	70.51%
13	20068	Ocotlán de Morelos	21,341	1.9%	72.44%
14	20028	Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo	19,679	1.8%	74.21%
15	20023	Cuilápam de Guerrero	18,428	1.7%	75.88%
16	20350	San Sebastián Tutla	16,241	1.5%	77.34%
17	20157	San Jacinto Amilpas	13,860	1.2%	78.59%
18	20166	San José Chiltepec	11,019	1.0%	79.58%
19	20375	Santa Cruz Amilpas	10,120	0.9%	80.50%
20	20012	Candelaria Loxicha	9,860	0.9%	81.39%
21	20553	Tlaxiáctac de Cabrera	9,417	0.8%	82.24%
22	20417	Santa María Jacatepec	9,240	0.8%	83.07%
23	20115	San Bartolo Coyotepec	8,684	0.8%	83.85%
24	20409	Santa María del Tule	8,165	0.7%	84.59%
25	20083	San Agustín de las Juntas	8,089	0.7%	85.32%
26	20042	Ixtlán de Juárez	7,674	0.7%	86.01%
27	20072	San José del Progreso	6,579	0.6%	86.60%

---

<sup>85</sup> (PIARC (World Road Association), 1994).

No.	Clave Geográfica	Municipio	Población Total	% Respecto al total	% Acumulado
28	20103	San Antonino Castillo Velasco	5,651	0.5%	87.11%
29	20091	San Andrés Huayápam	4,879	0.4%	87.55%
30	20015	Coatecas Altas	4,712	0.4%	87.98%
31	20384	Santa Cruz Xitla	4,514	0.4%	88.38%
32	20452	Santiago Apóstol	4,220	0.4%	88.76%
33	20087	San Agustín Yatareni	4,075	0.4%	89.13%
34	20095	San Andrés Paxtlán	3,990	0.4%	89.49%
35	20306	San Pedro el Alto	3,903	0.4%	89.84%
36	20174	Ánimas Trujano	3,759	0.3%	90.18%
37	20347	San Sebastián Río Hondo	3,664	0.3%	90.51%
38	20393	Santa Lucía Ocotlán	3,604	0.3%	90.84%
39	20360	Santa Ana Zegache	3,592	0.3%	91.16%
40	20530	Santo Tomás Jalieza	3,385	0.3%	91.47%
41	20391	Santa Lucía Miahuatlán	3,356	0.3%	91.77%
42	20254	San Mateo Río Hondo	3,308	0.3%	92.07%
43	20017	La Compañía	3,302	0.3%	92.37%
44	20071	Pluma Hidalgo	3,060	0.3%	92.64%
45	20279	San Miguel Suchixtepec	2,911	0.3%	92.91%
46	20519	Santo Domingo Tomaltepec	2,790	0.3%	93.16%
47	20013	Ciénega de Zimatlán	2,785	0.3%	93.41%
48	20403	Santa María Coyotepec	2,772	0.2%	93.66%
49	20555	Trinidad Zaachila	2,653	0.2%	93.90%
50	20363	Santa Catarina Ixtepeji	2,633	0.2%	94.13%
51	20351	San Simón Almolongas	2,623	0.2%	94.37%
52	20007	Asunción Ocotlán	2,612	0.2%	94.61%
53	20061	Monjas	2,568	0.2%	94.84%
54	20219	San Juan Teitipac	2,565	0.2%	95.07%
55	20069	La Pe	2,446	0.2%	95.29%
56	20214	San Juan Quiotepec	2,313	0.2%	95.50%
57	20336	San Pedro Yólox	2,267	0.2%	95.70%
58	20533	Santo Tomás Tamazulapan	2,191	0.2%	95.90%
59	20167	San José del Peñasco	2,094	0.2%	96.09%
60	20342	San Raymundo Jalpan	2,079	0.2%	96.28%
61	20353	Santa Ana	1,978	0.2%	96.46%
62	20349	San Sebastián Teitipac	1,976	0.2%	96.63%
63	20369	Santa Catarina Quiané	1,847	0.2%	96.80%
64	20368	Santa Catarina Minas	1,816	0.2%	96.96%
65	20243	San Martín Tilcajete	1,742	0.2%	97.12%
66	20315	San Pedro Mártir	1,711	0.2%	97.28%
67	20504	Nuevo Zoquiápam	1,652	0.1%	97.42%
68	20301	San Pedro Apóstol	1,544	0.1%	97.56%

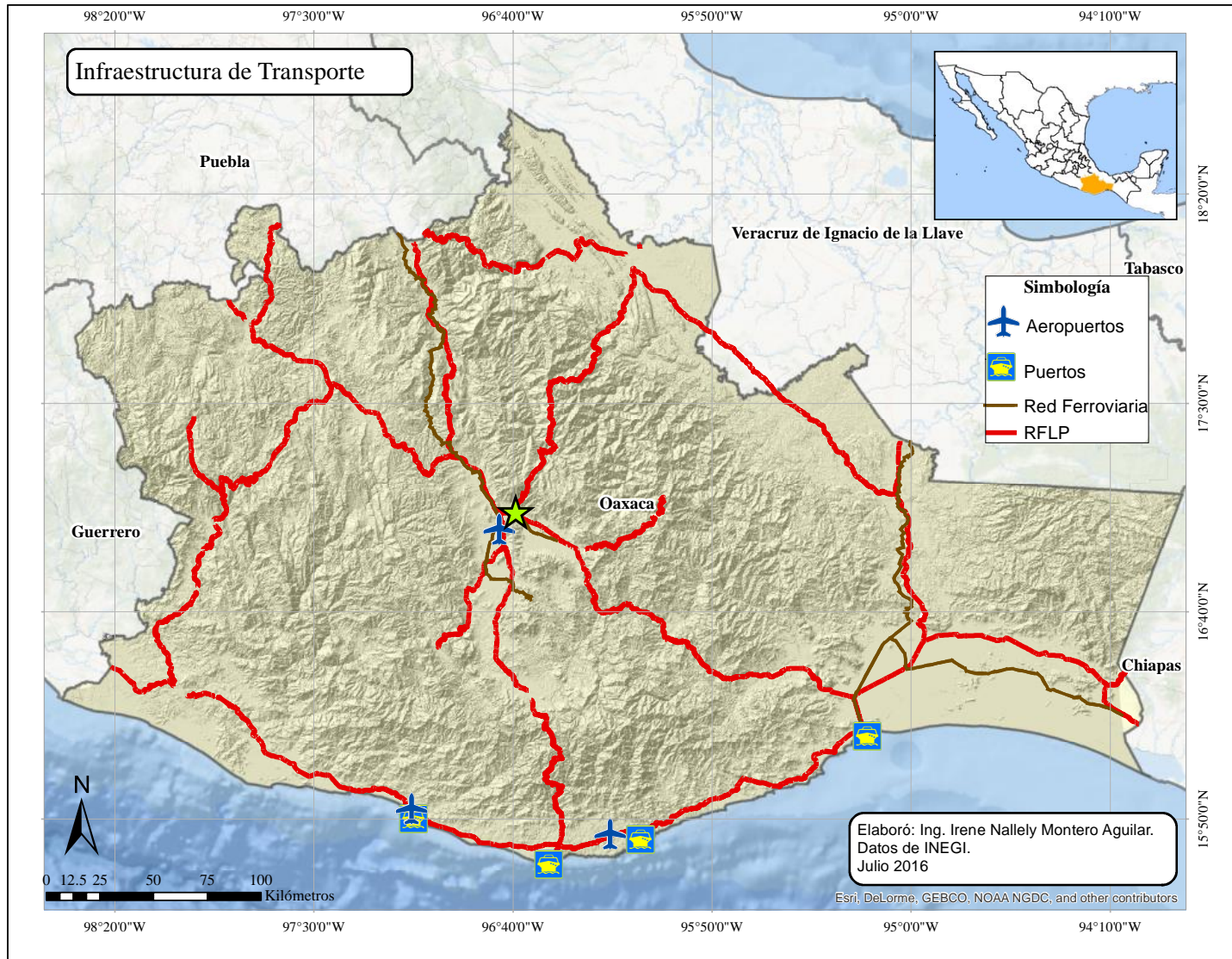
No.	Clave Geográfica	Municipio	Población Total	% Respecto al total	% Acumulado
69	20236	San Marcial Ozolotepec	1,525	0.1%	97.70%
70	20173	San Juan Atepec	1,517	0.1%	97.84%
71	20362	Santa Catarina Cuixtla	1,496	0.1%	97.97%
72	20247	Capulálpam de Méndez	1,467	0.1%	98.11%
73	20192	San Juan Chilateca	1,442	0.1%	98.24%
74	20080	San Agustín Amatengo	1,312	0.1%	98.35%
75	20563	Yogana	1,308	0.1%	98.47%
76	20365	Santa Catarina Lachatao	1,307	0.1%	98.59%
77	20132	San Dionisio Ocotlán	1,245	0.1%	98.70%
78	20289	San Nicolás	1,143	0.1%	98.80%
79	20049	Magdalena Ocotlán	1,141	0.1%	98.91%
80	20458	Santiago Comaltepec	1,115	0.1%	99.01%
81	20544	Teococuilco de Marcos Pérez	1,106	0.1%	99.11%
82	20078	Rojas de Cuauhtémoc	1,092	0.1%	99.21%
83	20262	San Miguel Amatlán	1,043	0.1%	99.30%
84	20296	San Pablo Macuiltianguis	929	0.1%	99.38%
85	20389	Santa Inés Yatzeche	921	0.1%	99.47%
86	20268	San Miguel Ejutla	916	0.1%	99.55%
87	20238	San Martín de los Cansecos	816	0.1%	99.62%
88	20542	Taniche	746	0.1%	99.69%
89	20538	Sitio de Xitlapehua	705	0.1%	99.75%
90	20062	Natividad	586	0.1%	99.81%
91	20419	Santa María Jaltianguis	575	0.1%	99.86%
92	20035	Guelatao de Juárez	544	0.0%	99.91%
93	20196	San Juan Evangelista Analco	404	0.0%	99.94%
94	20191	San Juan Chicomezúchil	320	0.0%	99.97%
95	20267	San Miguel del Río	294	0.0%	100.0%
		Total	1,108,863	100.0%	

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2010).

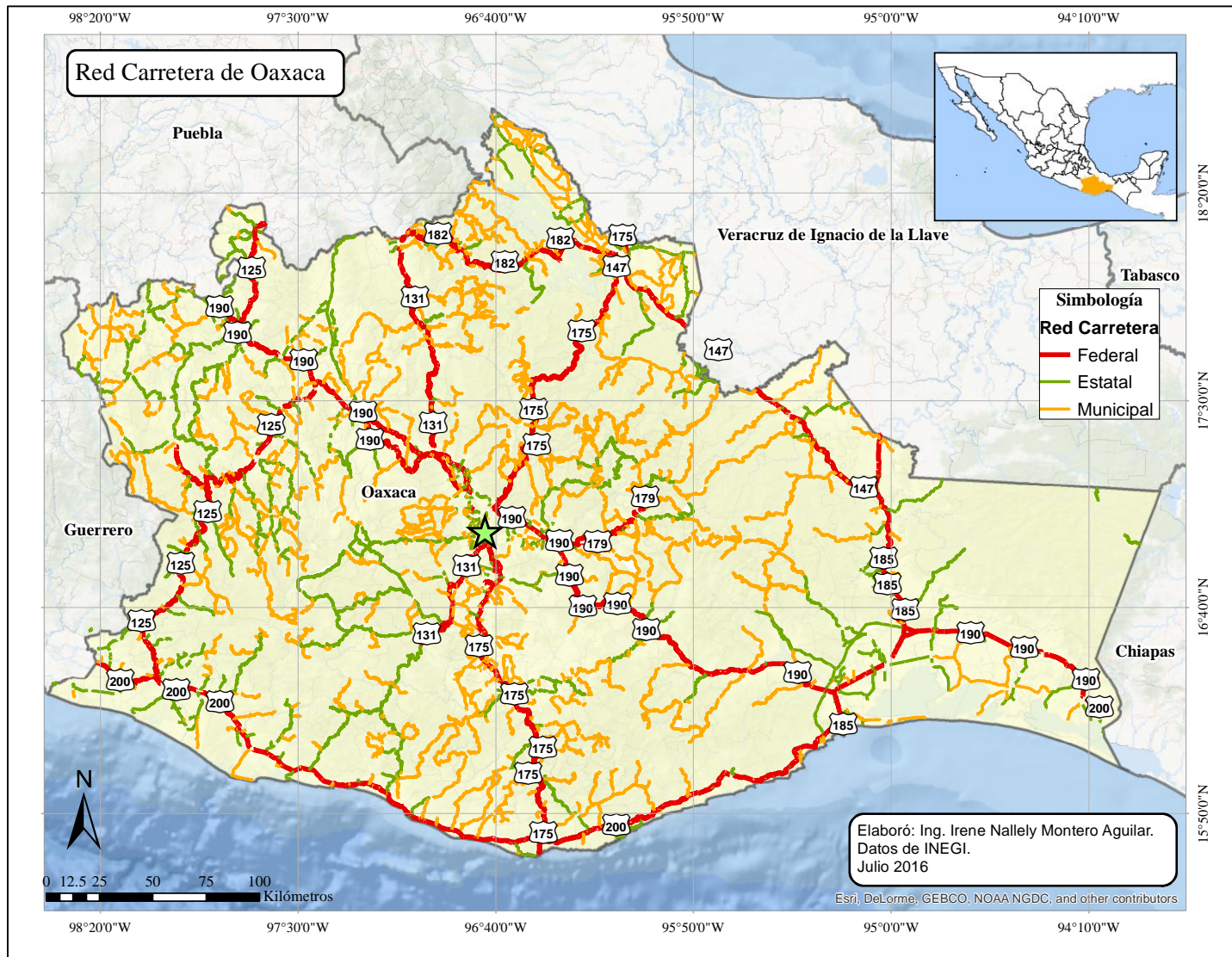


## ANEXO DE MAPAS

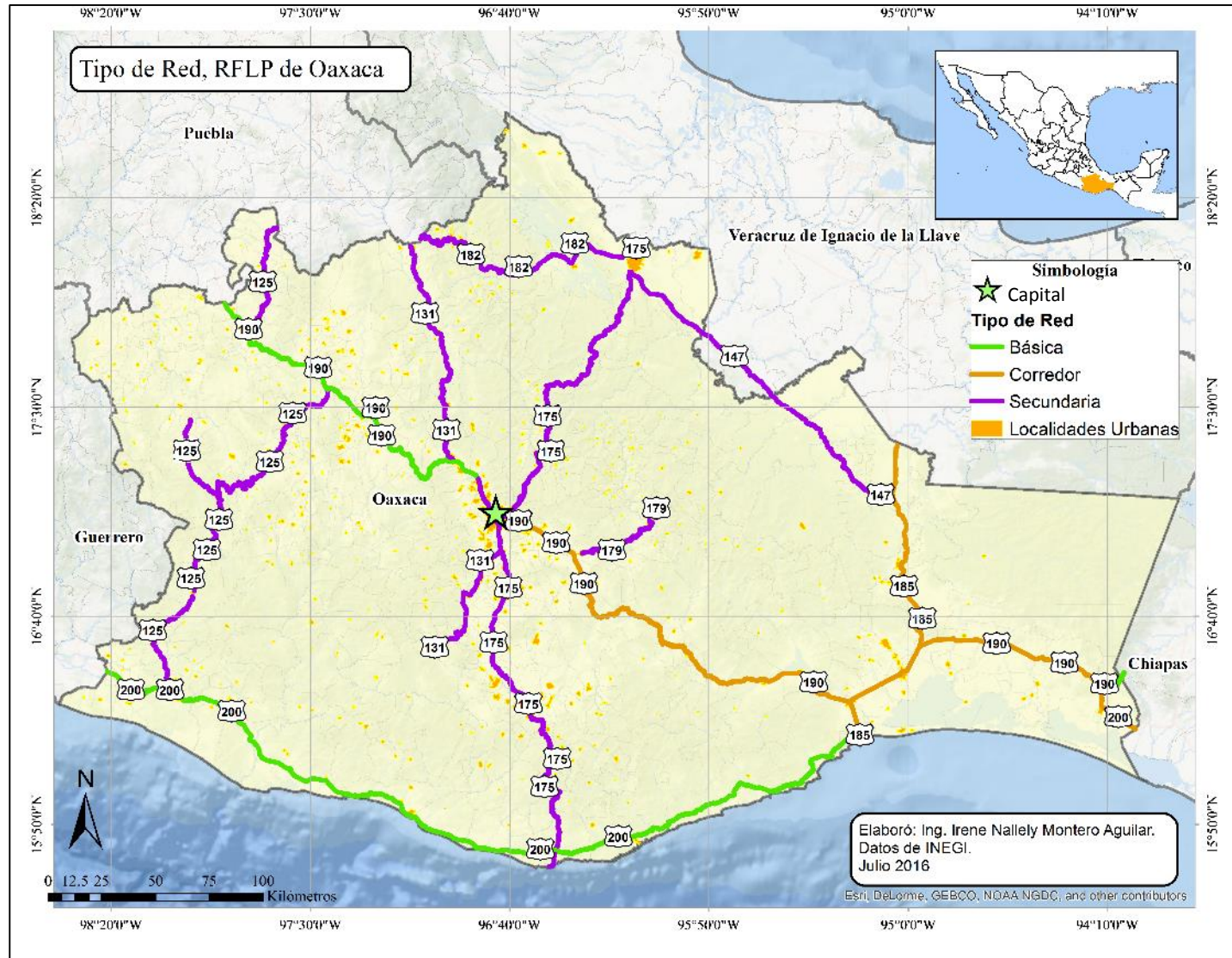
Mapa 21. Infraestructura de Transporte en el estado de Oaxaca.



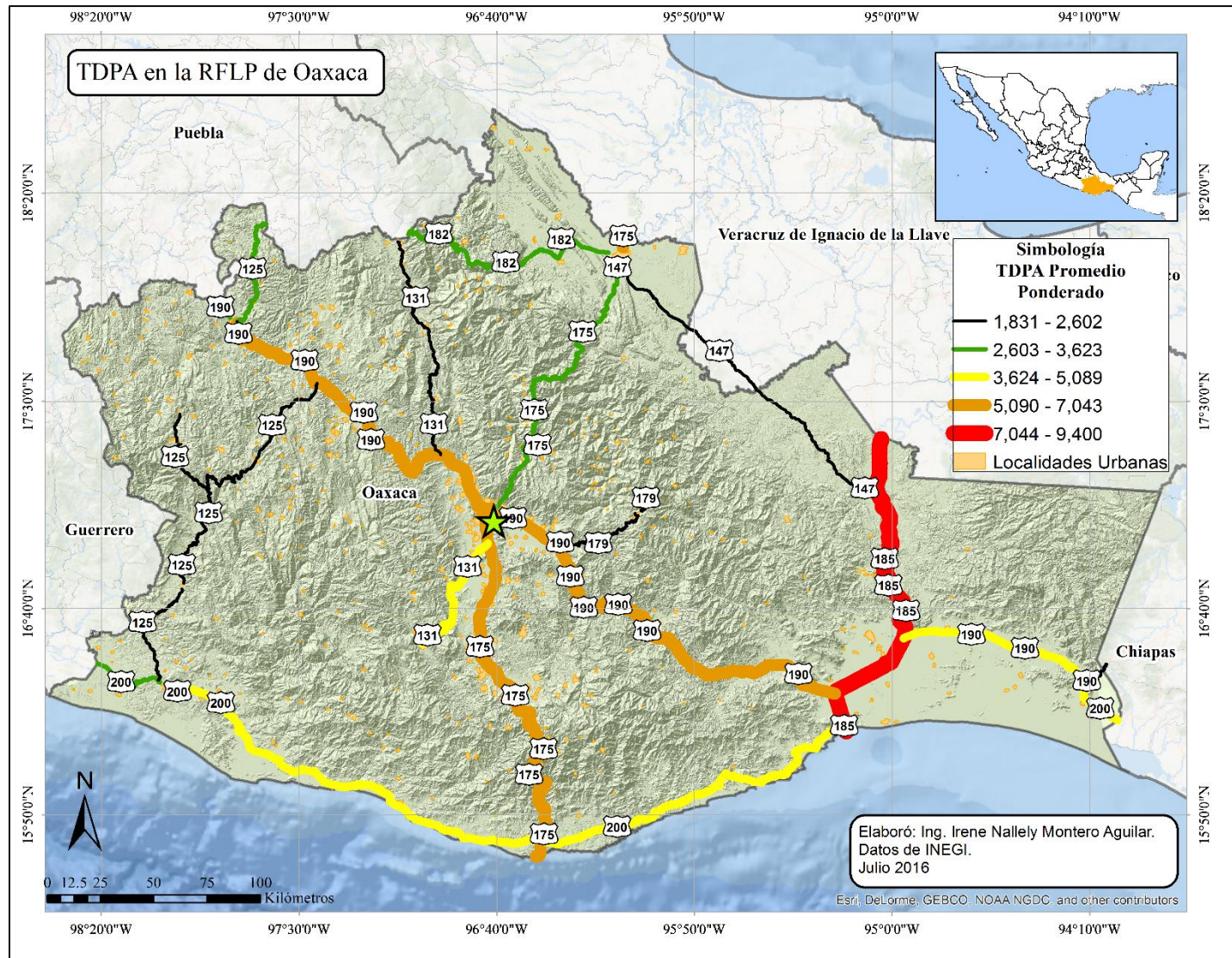
Mapa 22. Red Carretera de Oaxaca.



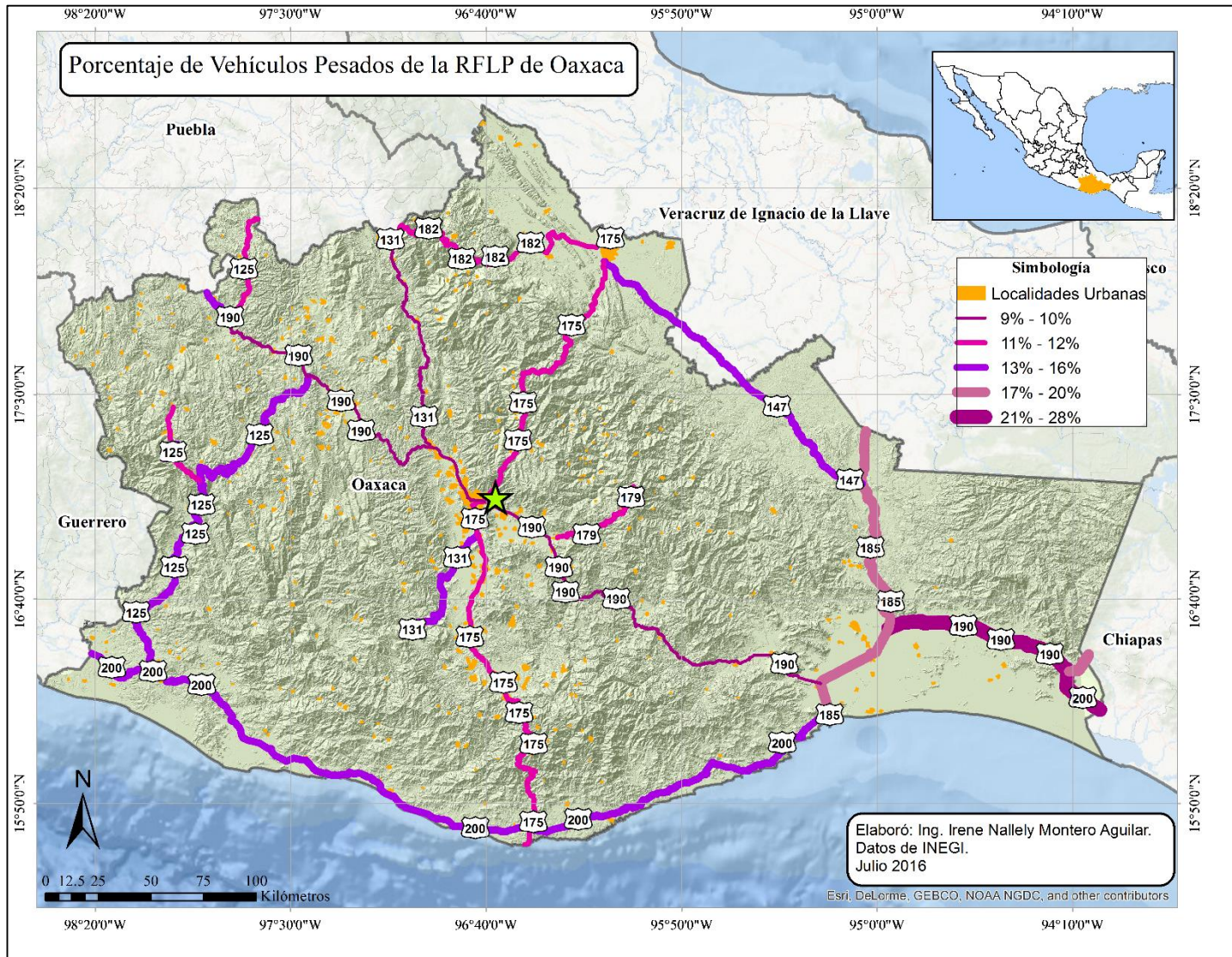
Mapa 23. Red Federal Libre de Peaje de Oaxaca.



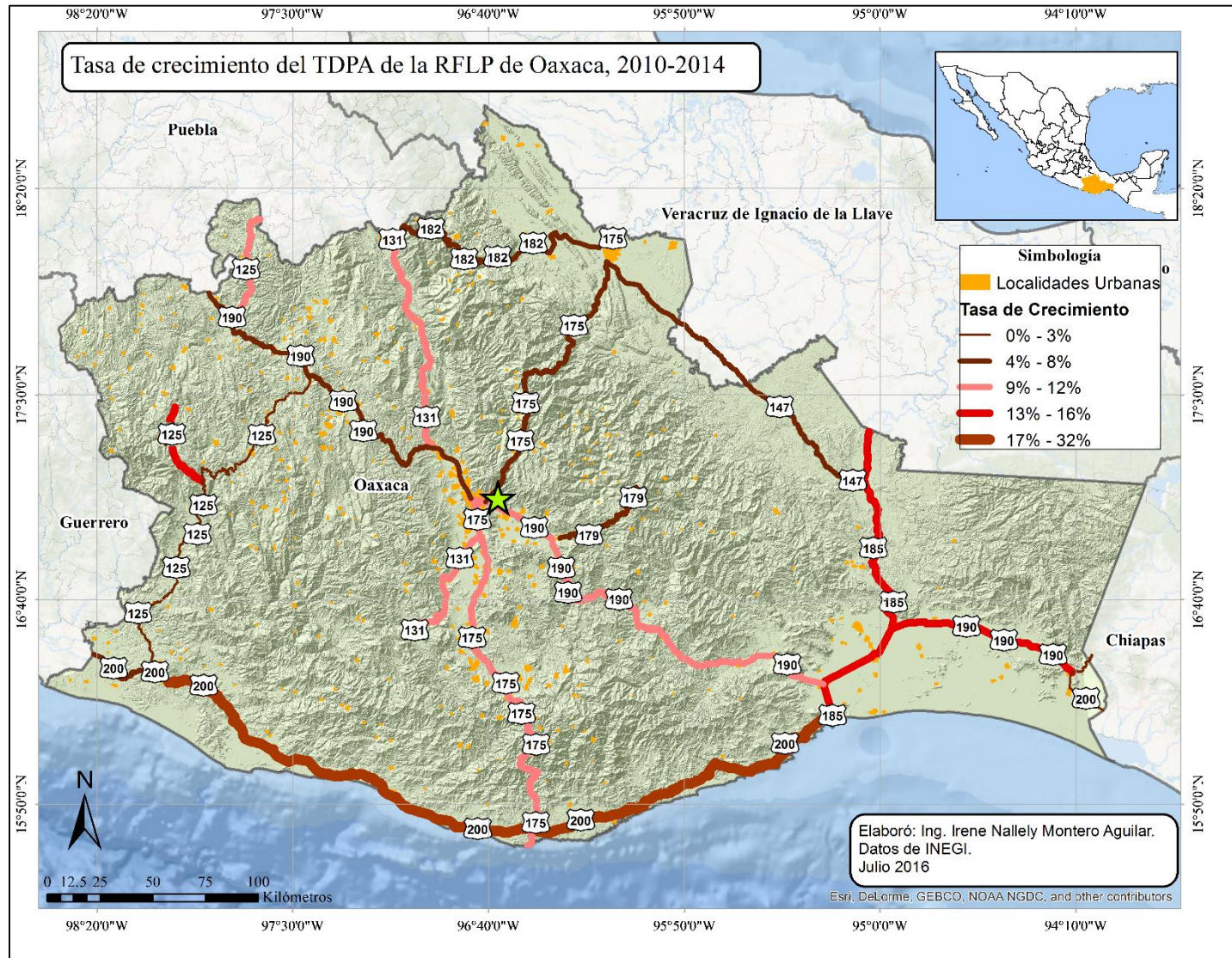
Mapa 24. TDPA en la RFLP de Oaxaca.



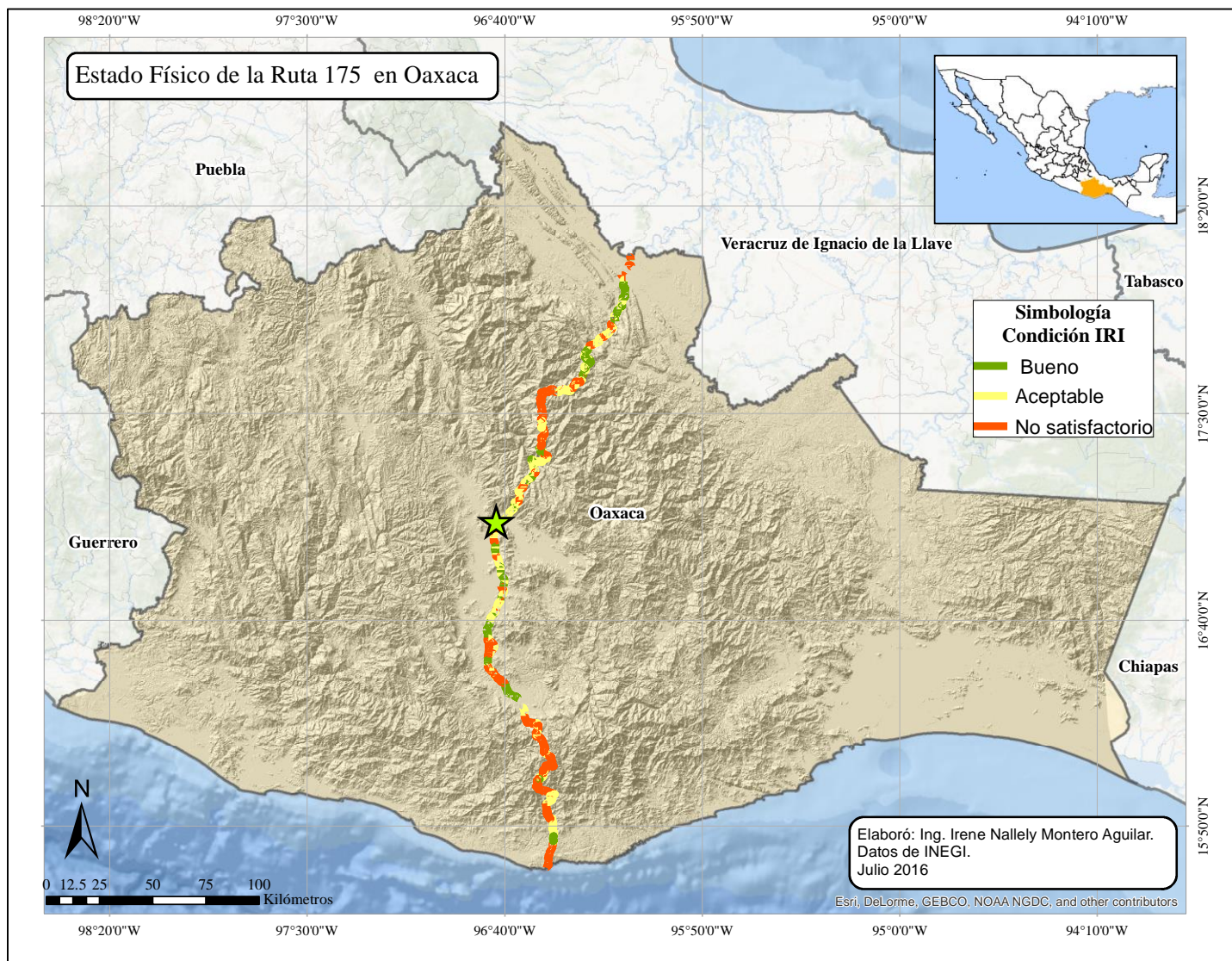
Mapa 25. Porcentaje de vehículos pesados de la RFLP de Oaxaca.



Mapa 26. Tasa de crecimiento del TDPA de la RFLP de Oaxaca, 2010-2014.

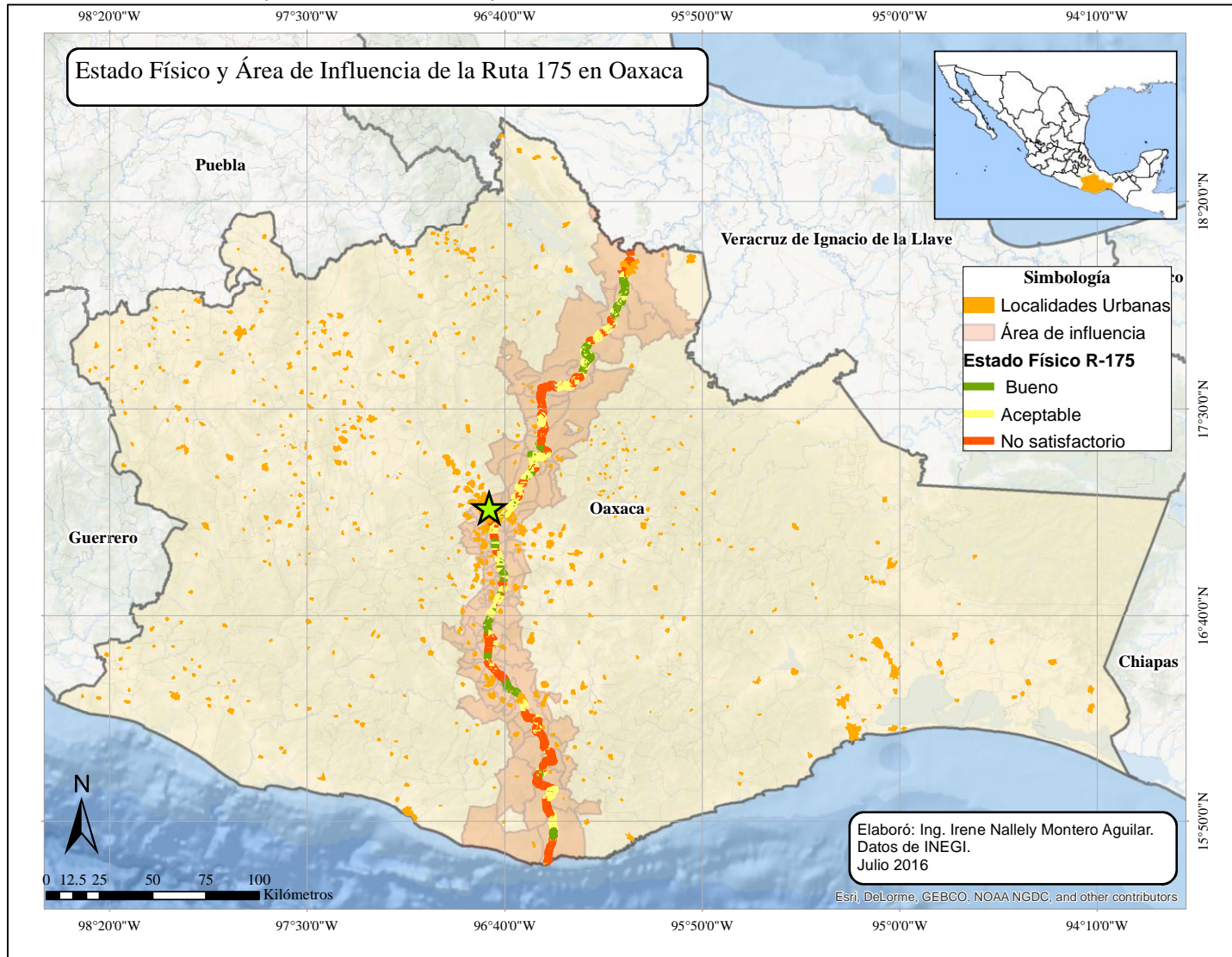


Mapa 27. Estado Físico de la Ruta 175 en Oaxaca.





Mapa 28. Estado Físico y Área de Influencia de la Ruta 175 en Oaxaca.



## GLOSARIO

APP	Asociación Público Privada
CAPUFE	Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COV	Costos de Operación Vehicular
CPCC	Contrato Plurianual de Conservación de Carreteras
CVEGEO	Clave Geográfica
DGCC	Dirección General de Conservación de Carreteras
DGPOP	Dirección General de Programación Organización y Presupuesto
DGST	Dirección General de Servicios Técnicos
DOF	Diario Oficial de la Federación
FEM	Foro Económico Mundial
FONATUR	Fondo Nacional de Fomento al Turismo
HDM-4	<i>Highway Development &amp; Management</i>
IDH	Índice de Desarrollo Humano
IGC	Índice Global de Competitividad
IMCO	Instituto Mexicano para la Competitividad
IMD	<i>International Institute for Management Development</i>
IMT	Instituto Mexicano del Transporte
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IRI	Índice de Rugosidad Internacional
OCDE/OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo
PIARC	Asociación Mundial de la Carretera
PIB	Producto Interno Bruto
PNCC	Programa Nacional de Conservación de Carreteras
PPS	Proyecto Prestación de Servicios
RCF	Red Carretera Federal
RCN	Red Carretera Nacional
RFLP	Red Federal Libre de Peaje
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMAR	Secretaría de Marina
SHyCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIG	Sistemas de Información Geográfica
TDPA	Tránsito Diario Promedio Anual
TIR	Tasa Interna de Retorno
VACB	Valor Agregado Censal Bruto
VPN	Valor Presente Neto
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social

## REFERENCIAS

- Aguerreberre Salido, R., & Cepeda Narváez, F. (1991). *Estado superficial y costos de operación en carreteras*. Querétaro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Archondo-Callao, R. (1989). *Vehicle Operating Cost Model*. Washington, D.C., EU: Banco Mundial.
- Arriaga Patiño, M., Garnica Anguas, P., & Rico Rodríguez, A. (1998). *Índice Internacional de Rugosidad en la Red Carretera de México*. Querétaro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos. (2011). *Historia de los caminos de México*. México, D.F.: Colegio de Ingenieros Civiles de México.
- Burningham, S., & Stankevich, N. (2005). *Por que el mantenimiento vial es importante, y como hacerlo realidad*. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Busch, C., Arvis, J., Saslavsky, D., Ojala, L., & Shepherd, B. (2014). *Connecting to Compete 2014, Trade Logistics in the Global Economy*. Washington, DC: The World Bank.
- Buzai, G. U. (2011). La geotecnología: ¿nuevo paradigma de la geografía o paradigma geográfico de la ciencia? *Revista Catalana de Geografía*.
- Consejo Nacional de Población. (2010). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio*. México.
- Diario Oficial de la Federación . (2006). Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal. México.
- Durand , M., & Giorno, C. (1987). Indicators of International Competitiveness: Conceptual Aspects and Evaluation. *OCDE Economic Studies*.
- Fondo Nacional de Fomento al Turismo. (2016). *Huatulco: Información General*. Obtenido de [http://www.fonatur.gob.mx/es/proyectos\\_desarrollos/huatulco/](http://www.fonatur.gob.mx/es/proyectos_desarrollos/huatulco/)
- Gracia Hernández, M. (2008). Los determinantes de la Competitividad nacional. Análisis y reflexiones a partir de un marco conceptual. *Revista de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Temas de ciencia y tecnología.*, 12(36), 12-24.
- Harral, C. (1988). *El deterioro de los caminos en los países en desarrollo*. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- IMCO. (09 de 09 de 2015). *¿Qué es competitividad?* Obtenido de [http://imco.org.mx/videos\\_es/que\\_es\\_competitividad\\_-\\_imco/](http://imco.org.mx/videos_es/que_es_competitividad_-_imco/)
- IMD. (2015). *World Competitiveness Yearbook*. Laussana, Suiza.
- INEGI. (2003). *Síntesis Metodológica de los Censos Económicos*. México.
- INEGI. (2004). *Metodología de los Censos Económicos 2004*. México.

- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. México.
- INEGI. (2014). *Censo Económico*. México.
- INEGI. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca*. México.
- INEGI. (2016). *Cuéntame*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/default.aspx?tema=me>
- INEGI. (17 de 01 de 2016). *Estadística/Economía/Sectores económicos*. Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824>
- INEGI, SCT e IMT. (2014). *Diccionario de datos de la Red Nacional de Caminos*. México.
- International Road Assessment Programme (IRAP). (2013). *Manual de codificación para la clasificación por estrellas del iRAP*. Londres.
- Obregón Biosca, S. A. (2008). *Impactos sociales y económicos de las infraestructuras de transporte viario: estudio comparativo de dos ejes, el "Eix Transversal de Catalunya" y la carretera MEX120 en México*. Barcelona: Universidad Politecnica de Cataluña.
- OECD. (2013). *Road traffic, vehicles and networks. Environment at a Glance 2013: OECD Indicators*. Paris: OECD.
- PIARC (World Road Association). (1994). *International Road Maintenance Handbook. Practical Guidelines for Rural Road Maintenance*. (Vol. I de IV. Roadside Areas and Drainage). Financiado y coordinado por ODA y TRL.
- PIARC (World Road Association). (2012). *Asignación de recursos entre clases de activos*. Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR/PIARC).
- PIARC (World Road Association). (2014). *Importancia de la Conservación de Carreteras*. Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, Asociación Mundial de la Carretera y Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo México. (2012). *El Índice de Desarrollo Humano en México: cambios metodológicos e información para las entidades federativas*. México: Naciones Unidas.
- Romero Navarrete, J. A., & Lozano Guzmán, A. (1995). *La respuesta dinámica de un cuarto de carro y el Índice Internacional de Rugosidad*. Querétaro, México: Insitituto Mexicano del Transporte.
- Romero, C. (1996). *Análisis de las Decisiones Multicriterio*. Madrid, España: Isdefe.
- Salinas Álvarez, S. (1994). *Historia de los caminos de México* (Vol. 3). México: Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos.
- SCT. (1984). Normas de Servicios Técnicos. En *Proyecto Geométrico, Parte 2.01* (pág. 7). México: Dirección General de Servicios Técnicos.
- SCT. (2014). *Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México*. México: Dirección General de Servicios Técnicos.

- SCT. (2015). *Datos Viales*. De México: Dirección General de Servicios Técnicos.
- SCT. (Junio de 2015). *Longitud Red Federal, DGCC*. Recuperado el 17 de 01 de 2016, de <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-conservacion-de-carreteras/longitud-red-federal/>
- SCT, Coordinación General de Puertos y Marina Mercante. (04 de 03 de 2014). *DOF, Norma Oficial Mexicana NOM -002-SCT4-2013*. Recuperado el 02 de 06 de 2016, de Terminología Marítima-Portuaria: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5334608&fecha=04/03/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334608&fecha=04/03/2014)
- SCT, Coordinación General de Puertos y Marina Mercante. (23 de Mayo de 2016). *Administración Portuaria Integral de Salina Cruz*. Recuperado el 23 de Mayo de 2016, de <http://www.puertosalinacruz.com.mx/esps/0000201/quienes-somos>
- SCT, DGPOP. (16 de Marzo de 2015). *Dirección General de Programación, Organización y Presupuesto*. Obtenido de [http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGPOP/reasignacion/00/Programa\\_Presupuestario\\_K032.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGPOP/reasignacion/00/Programa_Presupuestario_K032.pdf)
- SCT, Dirección General de Planeación . (2013). *Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes*. México: SCT.
- SEGOB. (2014). *Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018*. México: Diario Oficial de la Federación 29/04/2014.
- SEMAR. (2016). *Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrología y Meteorología*. Recuperado el 31 de 05 de 2016, de Datos Generales del Puerto, Puerto Angel: <http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioPtoangel.pdf>
- SEMAR, Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrología y Meteorología. (2016). *Derroteo Mexicano. Puerto Ángel, Oaxaca*. Obtenido de <http://digaohm.semar.gob.mx/derrotero/cuestionarios/cnarioPtoangel.pdf>
- SEMAR, Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrología y Meteorología. (2016). *Derrotero Mexicano. Información entre Puertos, Oaxaca*. Obtenido de <http://digaohm.semar.gob.mx/derrotero/derrotero.html>
- Torres, G., Hernández, S., & González, J. (2016). *Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México*. Querétaro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
- World Bank. (1992). *Rural Transport and the Village*. Washington, EUA: World Bank.
- World Bank. (18 de 08 de 2015). *Logistics Performance Index*. Obtenido de <http://lpi.worldbank.org/international/scorecard>
- World Economic Forum. (2014). *The Global Competitiveness Report 2014-2015*. Ginebra, Suiza.
- World Economic Forum. (20 de 09 de 2015). *The Global Competitiveness Index Historical Dataset 2005-2014*. Obtenido de [http://www3.weforum.org/docs/GCR2014-15/GCI\\_Dataset\\_2006-07-2014-15.xlsx](http://www3.weforum.org/docs/GCR2014-15/GCI_Dataset_2006-07-2014-15.xlsx)